

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

3(97) – 2018

Санкт-Петербург – Пушкин
2018

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 632

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Включен в базу данных РИНЦ

Учредитель Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)

Зарегистрирован в ГК РФ по печати № 017839 от 03 июля 1998 г.

Главный редактор В.А. Павлюшин

Зам. гл. редактора В.И. Долженко

Отв. секретарь В.Г. Иващенко

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Белоусов И. А., кбн, ВИЗР

Белякова Н. А., кбн, ВИЗР

Вилкова Н. А., дбн, ВИЗР

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

Власов Д.Ю., дбн, СПбГУ

Ганнибал Ф.Б., кбн, ВИЗР

Гончаров Н.Р., ксxn, ВИЗР

Гричанов И.Я., дбн, ВИЗР

Дзянь Синьфу, профессор, КНР

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

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

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

Иващенко В.Г., дбн, ВИЗР

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

Лаврищев А.В., дсxn, СПбГАУ

Лаптиев А.Б., дбн, ООО “ИЦЗР”

Левитин М.М., дбн, академик РАН, ВИЗР

Лунева Н.Н., кбн, ВИЗР

Лысов А.К., ктн, ВИЗР

Моисеева В.К., кбн, ООО “ИЦЗР”

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

Новикова И.И., дбн, ВИЗР

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

Патрик Гротаерт, доктор наук, Бельгия

Радченко Е.Е., дбн, ВИР

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

Санин С.С., дбн, академик РАН, ВНИИФ

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

Синев С.Ю., дбн, ЗИН

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

Сорока С.В., ксxn, Белоруссия

Сухорученко Г.И., дсxn, ВИЗР

Т. Ули-Маттила, профессор, Финляндия

Токарев Ю.С., дбн, ВИЗР

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

Фролов А.Н., дбн, ВИЗР

Хлесткина Е.К., дбн, ВИР

Шамшев И.В., кбн, ЗИН.

Шпанев А.М., дбн, АФИ

Редакция

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

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

Email: vestnik@vizr.spb.ru

<http://vizr.spb.ru/>

© Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)

СОДЕРЖАНИЕ

Методологические подходы для решения задач по дискретному внесению пестицидов А.К. Лысов.	5
О статусе вида борщевик сосновского <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. на территории РФ Н.Н. Лунева, Г.Ю. Конечная, Т.Н. Смекалова, И.Г. Чухина	10
Динамика многолетних оценок устойчивости гибридов кукурузы к кукурузному мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i> Hbn. в экологических испытаниях НПО «КОС-МАИС» В.Г. Гаркушка, И.В. Грушевая, А.Н. Фролов	15
Особенности формирования фенетической структуры популяции тлей и методы ее диагностики на примере черемухово-злаковой тли <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) (Homoptera: Aphididae) (часть 1) Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина	18
Сравнительная оценка эффективности разных популяций хищного клеща <i>Phytoseiulus persimilis</i> A.–H. в условиях производственных теплиц Е.Г. Козлова, А.И. Анисимов, В.В. Моор	23
Биологическая активность цеолитсодержащего трепела в отношении ряда вредителей сельскохозяйственных культур Г.И. Сухорученко, Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, В.М. Ходырев, С.А. Волгарев.	29
Злаковые мухи (Diptera, Chloropidae) в агроценозах Ленинградской области О.Г. Гусева, А.Г. Коваль	36
Особенности проявления инвазионной активности энтомопатогенных нематод (Nematoda: <i>Steinernematidae</i>) в зависимости от биотических и абиотических факторов окружающей среды Л.Г. Данилов.	38
Изменчивость биологических показателей развития колорадского жука при оценке устойчивости пасленовых культур к вредителю в различных экологических условиях С.Р. Фасулати, О.В. Иванова	43
Положение с резистентностью колорадского жука <i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say к инсектицидам в Северо-Западном регионе РФ Г.И. Сухорученко, Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев	49
Фенотипический мониторинг внутривидовой структуры популяций клопов <i>Eurygaster</i> spp. в различных агробиоценозах А.В. Капусткина.	55
Особенности поведения и развития паутиного клеща на огурце в ювенильный период онтогенеза растения В.А. Раздобурдин, О.С. Кириллова	62
Фитосанитарное состояние посевов озимой ржи на агроэкологическом стационаре Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института А.М. Шпанев	67
Совершенствование ассортимента инсектицидов в борьбе с вредителями сахарной свеклы Л.А. Буркова, Т.И. Васильева.	73
Оптимизация метода определения остаточных количеств флорасулама в сельскохозяйственных культурах Е.Ю. Алексеев, Т.Д. Черменская.	76
Эффективная защита всходов сои от проволочников в условиях центральной зоны Краснодарского края С.А. Семеренко, Н.А. Бушнева.	80
Ретроспективный анализ засоренности посевов однолетних кормовых трав на территории Ленинградской области Е.Н. Мыслик	84
Информация для авторов.	88

CONTENT

Methodological approaches for solving problems of discrete introduction of pesticides A.K. Lysov	5
On status of <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. on the territory of Russian Federation N.N. Luneva, G.Yu. Konechnaya, T.N. Smekalova, I.G. Chukhina	10
Trend of long-term estimates for host plant resistance to the European corn borer <i>Ostrinia nubilalis</i> Hbn. in maize hybrids during ecological trials realized at the SPA “KOS-MAIS” V.G. Garkushka, I.V. Grushevaya, A.N. Frolov	15
Formation of population structure in aphids and methods of its estimation using the example of <i>Rhopalosiphum padi</i> (Hemiptera: Aphididae) (part 1) E.S. Gandrabur, A.B. Vereshchagina	18
Comparison of efficiency of different populations of predatory mite <i>Phytoseiulus persimilis</i> in conditions of production greenhouses E.G Kozlova, A.I. Anisimov, V.V. Moor	23
Biological activity of zeolite-containing tripoli against some agricultural pests G.I. Sukhoruchenko, T.I. Vasilieva, G.I. Ivanova, V.M. Khodyrev, S.A. Volgarev	29
Grass flies (Diptera, Chloropidae) in agrocenoses of the Leningrad Region O.G. Guseva, A.G. Koval	36
Features of invasive activity of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae) depending on biotic and abiotic factors of environment L.G. Danilov	38
Variability of biological parameters of Colorado potato beetle development at evaluation of Solanaceous cultivars for resistance in different ecological conditions S.R. Fasulati, O.V. Ivanova	43
Situation with Colorado beetle <i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say resistance to insecticides in the North-Western region of Russia G.I. Sukhoruchenko, T.I. Vasilieva, G.I. Ivanova, S.A. Volgarev	49
Phenotypic monitoring of intraspecific structure of <i>Eurygaster</i> spp. populations in various agrobiocenoses A.V. Kapustkina	55
Peculiarities of behaviour and development of spider mites on cucumber in juvenile period of plant ontogenesis V. A. Razdoburdin, O.S. Kirillova	62
Phytosanitary condition of winter rye crops at agroecological stationary of Menkovo branch of Agrophysical Research Institute A.M. Shpanev	67
Improvement of insecticide range for sugar beet pest control L.A. Burkova, T.I. Vasilieva	73
Optimization of the method of determination of the residual amounts of florasulam in agricultural crops E.Yu. Alekseev, T.D. Chermenskaya	76
Effectiveness of soybean sprout protection from wireworms in the central zone of Krasnodar Territory S.A. Semerenko, N.A. Bushneva	80
Retrospective analysis of weediness of annual fodder herb crops on the territory of Leningrad Region E.N. Mysnik	84
Author instructions.	88

УДК 631:62-539

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ДИСКРЕТНОМУ ВНЕСЕНИЮ ПЕСТИЦИДОВ

А.К. Лысов

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В представленной работе рассмотрены методологические подходы при разработке дистанционных методов съема и обработки информации о мелкомасштабной неоднородности распределения вредных объектов в агроландшафтах сельскохозяйственных культур для дифференцированного внесения средств защиты растений. Приведены данные по использованию информационных технологий, оптоэлектронных датчиков, оптических систем, моделей и программного обеспечения для дистанционного зондирования поверхности Земли с помощью космических аппаратов, сверхлегких и беспилотных летательных аппаратов. Показано, что дифференцированное внесение средств защиты растений невозможно без решения задач по автоматизированной дешифрации получаемых изображений пространственного распределения вредных объектов на участках поля.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, дешифрация, дискретное внесение, средства защиты, оптоэлектронные датчики, аэрокосмическая съемка, рефлексия.

Рост объемов применения средств защиты растений и площадей защищаемых культур от комплекса вредителей, болезней и сорной растительности неразрывно связан с решением задач по повышению биологической и экономической эффективности защитных мероприятий, а с другой стороны снижению их потенциальной опасности для здоровья населения. При несоблюдении технологических регламентов, несовершенства технических средств, использование средств защиты растений представляет опасность для окружающей среды, человека и животных, так как их применение происходит на значительных территориях, граничащих с крупными экосистемами, при прямом контакте с воздушной средой, почвой и возможностью накопления их остаточных количеств в воде и растениеводческой продукции. Совершенствование технологий применения средств защиты растений, прежде всего, связано с решением задач по снижению их негативного воздействия на окружающую среду и биосферу обитания человека и животного мира, а так же повышения качества и безопасности продуктов питания. Идет постоянное совершенствование средств механизации по пути повышения качества нанесения рабочей жидкости на обрабатываемую поверхность. Создаются новые рабочие органы к опрыскивающей технике, которые снижают непродуцируемые потери средств защиты растений в окружающую среду из-за уменьшения сноса мелких капель из зоны обработки. Прогресс в развитии цифровых технологий на основе, высокопроизводительных персональных компьютеров с большими объемами памяти баз данных, широкое использование Интернета создают новые возможности для использования в сельском хозяйстве качественно новых технологических решений и подходов. Создание США глобальной системы позиционирования GPS с начала 90-тых годов, а в последние годы и российской системы ГЛОНАСС дают возможность ускорить процесс разработки и внедрения передовых технологий цифрового точного сельского хозяйства [Шпаар Д. 2009].

Одним из путей реализации данной технологической задачи в области защиты растений является создание в рамках концепции «Умное сельское хозяйство» геоинформационных технологий для дискретного внесения гербицидов и инсектицидов с учетом пространственной неоднородности распределения вредных объектов на участках поля. Переход на данные технологии дает реальные возможности уменьшить пестицидную нагрузку на агроценозы, повысить ка-

чество растениеводческой продукции, снизить затраты на мероприятия по защите растений.

Следует отметить, что создание новых средств механизации и технологий для дискретного внесения пестицидов неразрывно связано с решением задач по геокодированному сбору и обработке информации о фитосанитарном состоянии сельскохозяйственных угодий, а именно:

- разработки геоинформационных технологий для автоматизации процесса сбора, накопления данных фитосанитарного мониторинга с целью оперативного принятия решения по предотвращению ущерба от вредоносности вредных объектов на конкретных участках поля;

- разработки оперативных и достоверных методов съема и дешифрации информации о гетерогенности распределения вредных объектов и засоренности полей возделываемых сельскохозяйственных культур с учетом экономических порогов вредоносности;

- формирование больших баз данных (Big Data) эталонных образцов сорных растений, повреждений вредителями вегетирующих сельскохозяйственных культур, спектральных излучений здоровых и больных растений с учетом влияния уровня минерального питания и метеорологических параметров;

- формирование баз данных по экономическим порогам вредоносности и оценки фитосанитарных рисков от вредителей, болезней и сорной растительности на основных сельскохозяйственных культурах.

- разработка программного обеспечения для дешифрации и цифрового анализа фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур.

Одним из способов получения информации о фитосанитарном состоянии сельскохозяйственных культур, картирование местности по степени распространения вредных объектов является дистанционное зондирование поверхности Земли, в основу которого положена многоспектральная аэрокосмическая съемка. Для ее проведения используются геоэлитические отечественные и зарубежные спутники, которые позволяют производить съемки с разным пространственным разрешением. Стоимость космической мультиспектральной съемки зависит от пространственного разрешения, сроков получения снимков интересующих участков поверхности Земли, площади съемки, количества каналов съемки. Для большинства спутников минимальная коммерческая площадь съемки составляет 25 кв. км. При

пространственном разрешении от 0.3 до 1 метра, архивной информации более 90 дней и мультиспектральной съемки с использованием 4 или 8 каналов средняя стоимость получаемой информации с 1 кв. км составляет от 1000–1200 рублей, а новая съемка меньше 90 дней 1600–1800 рублей за кв. км. Для практической службы защиты растений дистанционное зондирование поверхности с использованием аэрокосмической съемки не подходит по следующим причинам: невозможность оперативного получения информации о фитосанитарной обстановке на конкретных агроландшафтах сельхозугодий, зависимость качества и возможности проведения съемки от метеорологических условий в момент пролета космического аппарата над заданной поверхностью, высокая стоимость аэрокосмической мультиспектральной съемки. Дистанционное зондирование поверхности Земли с помощью аэрокосмической съемки в области защиты растений представляет интерес для составления карт ареала распространения вредоносных видов сорной растительности, особо опасных вредителей (мышевидные грызуны, саранчовые) [Лысов А.К., Яковлев А.А., 2017]. Так ЦКУ «КосмоИнформ- Центр» ГУАП проведены исследования зависимости спектральной плотности энергетической яркости и коэффициентов спектральной яркости 17 элементов борщевика Сосновского в различных фазовых состояниях растения. На основании полученных данных был разработан вегетационный индекс борщевика Сосновского, позволяющий определить территорию произрастания данного вида в районах Ленинградской области по результатам аэрокосмической съемки [Рыжиков Д.М., 2017]. С помощью ГИС технологий специалистами ВИЗР разработаны векторные карты на более 720 вредоносных объектов на территории РФ и сопредельных государств, которые широко используются в практике при проведении фитосанитарного мониторинга.

Для практической службы защиты растений, при переходе на современные технологии дистанционного мониторинга, дающие возможность определять пространственную неоднородность распределения вредных объектов в агроландшафтах сельскохозяйственных угодий, а так же для оперативного принятия решений о необходимости проведения защитных мероприятий в сжатые агросроки, лучше всего использовать сверхлегкие и беспилотные летательные аппараты, оснащенные цифровой аппаратурой для аэрофотосъемки. Использование сверхлегких или беспилотных летательных аппаратов имеет целый ряд преимуществ по сравнению с применением самолетов и вертолетов, а именно:

- высокая мобильность и возможность их использования без наличия аэродромов, быстрая подготовка к полетному заданию по маршруту;
- более экономичны из-за малого расхода топлива и других энергетических ресурсов в сравнении с самолетами;
- по своим летно-техническим характеристикам обеспечивают возможность установки спутниковой системы навигации и цифровых фотокамер с высокой разрешающей способностью.

Для технологий дистанционного мониторинга фитосанитарного состояния сельскохозяйственных угодий ведутся разработки программного обеспечения для автоматизированных систем обработки получаемых изображений. Использование специальных программ дает возмож-

ность заменить визуальную дешифрацию изображений на автоматизированную.

Автоматизированная система дешифрации мультиспектральной аэрокосмической съемки содержит несколько блоков. Блок для предварительной автоматизированной обработки полученной информации с переводом ее в карт проекцию. Блок для тематической обработки аэрокосмической съемки интересующей поверхности, включающего дешифрацию изображений на основе введенных баз данных классификаций объектов. Блок хранения и обмена данными, в который вводится база данных для конкретно решаемых задач мультиспектральной аэрокосмической съемки. Данный блок также содержит архив данных и обеспечивает обмен данными с выходом на блок визуализации полученных результатов. Для обработки получаемых изображений аэрокосмической съемки дистанционного зондирования Земли разработано программное обеспечение, включающие следующие базовые программы: ПО ERDAS IMAGINE Professional и Scanex Image Processor – программное обеспечение обработки данных дистанционного зондирования Земли и интеграции полученных результатов в геоинформационную систему (ГИС); ПО Scan Magic – программное обеспечение предварительной обработки и каталогизации данных; ПО ArcGIS – программные продукты для создания, управления, анализа и визуального представления пространственных данных; ПО Geo Mixer и Geo Server- Web-GIS публикации данных для удаленной работы [Орешкина Л.В., 2005; Пятницкий М.А., 2011]

В отличие от визуальной, автоматическая дешифрация аэрофотоснимков дает возможность ускорить и облегчить обработку информации, получаемой при использовании дистанционных методов фитосанитарного мониторинга геокодированных участков поверхности сельскохозяйственных угодий. Автоматическая дешифрация имеет целый ряд преимуществ перед визуальной обработкой снимков:

- высокая точность и оперативность получения информации;
- возможность обработки большого объема снимаемой информации;
- создание и использование баз данных анализируемых объектов;
- возможность сопоставления полученных результатов и их анализа;
- использование для дешифрации алгоритма цифровой квалификации;
- возможность разложения зеленого цвета на 100 оттенков, что не может выполнить человеческий глаз.

Алгоритм автоматизированной дешифрации аэрофотоснимков основан на выделении площадных структур или обнаружение изменений от эталонных образцов объекта с помощью анализа характеристик пространственного распределения пикселей на изображении. Данный метод анализа базируется на использовании классификации, в которой имеется множество структурных объектов, разделенных по определенным критериям на классы. Имея в базе данных конечное множество объектов, для которых известно к каким классам они относятся, то есть иметь основу для выборки, можно автоматически вычлени с изображения обнаруженный объект.

В настоящее время для автоматической дешифрации получаемых снимков создан классификатор сельскохозяйственных земель и культур (рис.1). В нем в рубрикаторе

Виды ЗСП/классовые признаки		Пашня (коллекция)								
		зерновые и хлебные злаки	бобовые	крахмалоносные	сахароносные	масличные	бахчевые	технические	волокнистые	лекарственные
мелiorационные признаки	заболоченность									
	подтопленность									
	деградирование и эрозия почв									
	опустынивание									
фитосанитарные признаки	засорённость									
	качество всходов									
	болезни									
	повреждение вредителями									
	засоренность (сорная и др. растительность)									
	оценка состояния в период роста									
зрелость										
Условные обозначения: В-выборка										

Рисунок 1. Классификатор состояния сельскохозяйственных земель и культур

фитосанитарных признаков указаны классы, болезни поражения, вредители, засоренность (сорная и другая растительность) В каждом классе содержится коллекция эталонных фотоснимков вредоносных объектов по следующим культурам: зерновые и хлебные злаки, бобовые, крахмалоносные, сахароносные, бахчевые, технические, волокнистые, лекарственные. Представленные в данном классификаторе базы данных являются недостаточно полными и, самое главное, при анализе не учитывают экономические пороги вредности для принятия решения об экономической целесообразности проведения мероприятий по защите растений.

В настоящее время наиболее технологически проработана для практического применения технология борьбы с сорной растительностью, когда съем данных о фитосанитарном состоянии посевов, их обработка и управление опрыскивателем проводится в одном технологическом проходе. При данном технологическом решении нет необходимости использовать глобальную систему позиционирования. Специальные датчики (сенсоры), установленные на опрыскивателе или энергетическом средстве, снимают информацию о количестве сорняков или плотности засоренности и передают ее на бортовой компьютер опрыскивателя. Полученные данные обработки снимаемой информации поступают в систему управления рабочими органами опрыскивателя для дискретного внесения гербицидов. Следует отметить, что для реализации данного технологического решения необходимо учитывать скорость обработки получаемой информации, расстояние между сенсором и исполнительным механизмом рабочих органов опрыскивателя для поступления сигнала на внесение средств защиты растений в нужном месте. Для съема информации используются оптические или оптоэлектронные датчики.

Для достоверности получаемой информации и обоснованности принимаемого решения надо учитывать, что система датчиков должна обследовать определенный размер

площади, чтобы с достаточной точностью можно оценивать плотность сорных растений и экономические пороги вредности. Из всех испытанных наземных систем сенсоров для определения плотности засоренности сорными растениями следует выделить две системы, которые могут иметь практическое значение:

- системы на основе оптических или оптоэлектронных датчиков;
- системы на основе цифровой дешифровки снимков.

Системы с использованием оптических или оптоэлектронных датчиков распознают наличие сорняков в посевах культурных растений, а системы на основе цифровой дешифровки снимков дают возможность их классифицировать по видовому составу на основе геометрических признаков, цветовой окраске и текстуре. При использовании первой системы после принятия решения применяются общеистребительные гербициды, а при определении видового состава сорной растительности для отдельных групп вредоносных сорняков может подбираться гербицид избирательного действия и необходимая норма расхода рабочей жидкости. **Оптические** или **оптоэлектронные датчики** работают по принципу рефлексии. Их работа основана на том, что свет почвой по другому рефлектируется, чем растениями. Красный свет (600 ... 700 нм) сильно поглощается хлорофиллом, а близко-инфракрасный свет (750 ... 1000 нм) сильно рефлектируется. Рефлексия почвой или мертвыми растительными частями возрастает постепенно по всему спектру (рис. 2).

Испытания данных систем выявила целый ряд их недостатков:

- наблюдается искажение сигналов датчиков или сенсоров в зависимости от освещенности или затенения обследуемых участков поля, особенно в весенний и осенний период работы в утренние и вечерние часы, когда не хватает освещенности для эффективной работы датчиков;

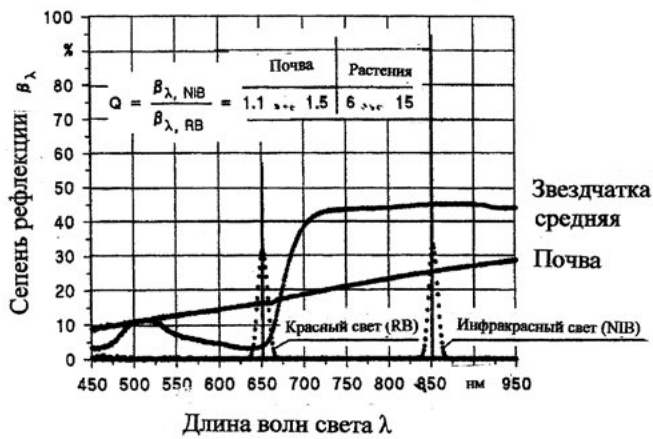


Рисунок 2. Соотношение Q составляет для почвы – 1.1 ... 1.5, а для зеленых растений – 6 ... 15

– снижается эффективность распознавания сорняков, когда имеются перекрытия, сорняками разных видов друг друга или сорняка культурным растением.

Вместе с тем, ряд отечественных и зарубежных исследователей считают, что наиболее перспективным направлением работ по ранней дистанционной диагностики болезней растений на начальных этапах их развития является использование оптико-электронных датчиков, работающих в видимой и инфракрасной областях спектра. В настоящее время получены первые положительные результаты по созданию технологий способных улучшить диагностику заболеваний, на основе применения оптико-электронных приборов, работающих в видимой и инфракрасной областях спектра, и позволяющих проводить раннюю дистанционную диагностику болезней растений на начальных этапах их развития. Если в оптическом диапазоне длин волн объекты и среды видны в отраженных лучах при освещении солнцем, то в инфракрасном диапазоне возможна регистрация собственного теплового излучения объектов. Поэтому тепловые изображения могут быть чрезвычайно ценными для выявления массивов сельскохозяйственных растений или лесов, пораженных вредителями и болезнями. Например, инфракрасная термография предложена для ранней диагностики корневой гнили бразильской гевеи (*Hevea brasiliensis*), вызываемой грибом *Rigidoporus microporus*, и используемой в качестве сырья для натурального каучука. С ее использованием показано, что температурные показатели зараженных деревьев выше, чем у здоровых деревьев, в связи с чем, можно продиагностировать большую площадь плантаций на предмет раннего выявления больных деревьев (2014, Bridgestone). Специалистами ВИЗР, совместно с ЗАО «Агроботехнология» апробирован дистанционный метод определения развития кагатной гнили в буртах с помощью тепловизора. Данный метод показал высокую эффективность по раннему выявлению очагов развития кагатной гнили при хранении сахарной свеклы.

С большой вероятностью, можно предположить, что данная дистанционная диагностика будет работать и на других сельскохозяйственных культурах, зараженных фитопатогенами. Методологические подходы по оценке спектральных коэффициентов излучения базируются на том, что здоровые образцы растений будут иметь характерные отличия от зараженных растений либо в одном из узких спектральных диапазонов видимой и ближней инфракрасной областях спектра по спектральному коэффициенту от-

ражения, либо в одном из сравнительно узких спектральных диапазонов в дальней инфракрасной области спектра по спектральному коэффициенту излучения, либо одновременно и там, и там.

При совместной работе специалистов ВИЗР и ГУАП по разработке дистанционных методов съема информации о гетерогенности распределения сорной растительности на участках поля был предложен новый метод обработки получаемых изображений при геокодированной съемки участков поля с использованием сверхлегких летательных аппаратов. Поскольку форма и цвет сорной растительности разнообразны, автоматизированное ее выделение на исходном изображении представляет собой весьма нетривиальную задачу. Проще решить обратную задачу. Как правило, посевы имеют однородно-периодическую структуру и сильно контрастируют с окружающими объектами, следовательно, необходимо удалить с исходного изображения именно основную культуру, а затем определять степень поражения поля.

Для преобразования исходного изображения в частотную область используется прямое дискретные преобразование Фурье.

Главное достоинство дискретного преобразования Фурье заключается в простоте его реализации на компьютерах. Существуют специальные алгоритмы быстрого Фурье преобразования, позволяющие резко уменьшить время проведения дискретного Фурье преобразования, т.к. в них отсутствуют операции суммирования с бесконечными пределами и вычисления интегралов. Кроме того, дискретное преобразование Фурье идеально подходит для изображений растровой графики.

При анализе исходных изображений и их представлений в спектральной области можно видеть, что объекты с периодической структурой в Фурье-образе дают ярко выраженные светлые пятна на некотором удалении от начала координат, тогда как у не периодических объектов такие пятна отсутствуют. Это свойство преобразования Фурье и используется для анализа сельскохозяйственных полей с посевами периодической структуры.

На Фурье-образах реальных фотографий сельскохозяйственных полей, также как и в случае с изображением чередующихся светлых и темных вертикальных полос, можно наблюдать ярко выраженные светлые пятна, появление которых связано с тем, что яркость основной массы растений меняется в небольшом диапазоне частот. Расстояние от начала координат Фурье-образа до центра этого пятна определяет среднюю частоту, с которой изменяется яркость основной культуры на исходном изображении. При фильтрации (удалении) это пятна в Фурье-образе фильтруется и основная культура на исходном изображении. При этом другие объекты исходного изображения, яркость которых меняется с другой частотой, остаются нетронутыми. Таким образом, задача отделения основной культуры от других объектов на изображении сводится к нахождению оптимального фильтра для подавления периодического шума, вносимого основной культурой (в данном случае именно основная культура является нежелательным шумом, от которого следует избавиться).

После фильтрации Фурье-образа оптимальным режекторным фильтром на исходном изображении остаются только пораженные области, по площади которых легко определить степень зараженности поля и принять решение

о необходимости поведения дифференцированного внесения средств защиты растений. Кроме того, по координатам местоположения участков засоренности можно составить карту и определится оптимальный маршрут движения летательного аппарата или опрыскивателя с бортовым компьютером, что дает возможность избирательного внесения средств защиты растений и, как следствие, уменьшение загрязнения окружающей среды [Лысов А.К., Федченко В.Г. 2015, Манылов И.В., 2009, Манылов И.Ф., Федченко В.Г., 2011].

Работа выполнена в рамках гос. задания №0665-2018-0009.

Библиографический список (References)

- Лысов А.К. Новые технологии по дистанционному съему диагностической информации. Защита и карантин растений. 2016, N 12. С. 31–33. <https://elibrary.ru/item.asp?id=28360443>
- Лысов А.К., Федченко В.Г. XVIII International Plant Protection Congress 24–27 August 2015/ Berlin (Germany). «New approaches for remote reading the information on the heterogeneity of the distribution of weeds in the areas of the field for a application of plant protection products»;
- Лысов А.К., Яковлев А.А., Бабич Н.В., Дудко В.Г., Воробьев Ю.Д. «Геоинформационные технологии в защите растений» Международный Агропромышленный Конгресс «Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. СПб.: 2017. С. 59–61
- Манылов И.В. Сравнение алгоритмов дешифрации аэрофотоснимков земель сельскохозяйственного назначения // Информационно-управляющие системы. – 2011. N 3. С. 24–29.

Из проведенного анализа следует, что в настоящее время активно ведутся исследования по совершенствованию дистанционных методов получения и обработки информации о пространственной неоднородности распределения вредных объектов в агроценозах сельскохозяйственных культур. Данные исследования направлены на создание интеллектуальных систем для принятия решения с точки зрения экономической целесообразности и экологической безопасности проведения защитных мероприятий в системах точного сельского хозяйства.

- Манылов И.В., Федченко В.Г. Множественность подходов к определению дистанционного зондирования // Научная сессия ГУАП. – Часть 1. 2009. С. 26–27.
- Орешкина Л.В. Обнаружение и распознавание класса объектов на многозональных изображениях дистанционного зондирования // Информатика. N 2. 2005. С. 79–85.
- Пятницкий М.А. Распознавание образов и биоинформатика [Электронный ресурс]. URL: http://bioinformatics.ru/Data-Analysis/patrecog_bioinf.html (дата обращения: 21.01.2011).
- Рыжиков Д.М. Метод обработки мультиспектральных спутниковых данных для решения задач контроля зон произрастания борщевики Соновского. ж-л Информационно-управляющие системы 2017, N 6. С. 43–51)
- Шпаар Д., Захаренко А., Якушев В., Арефьев В., Ауерхаммер Х., Брунс Р., Вагнер П., Вартенберг Г. и др. Точное сельское хозяйство (PRECISION AGRICULTURE) под редакцией Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева, Санкт-Петербург – Пушкин, 2009, 397 с.

Translation of Russian References

- Lysov A.K. New technologies for distant-indicating of diagnostic information // Zashchita i karantin rastenii. 2016, N 12. P. 31–33. (In Russian).
- Lysov A.K., Yakovlev A.A., Babich N.V., Dudko V.G., Vorobyov Yu.D. Geographic Information technologies in plant protection. In: Mezhdunarodnyi Agropromyshlennyi Kongress Povyshenie konkurentosposobnosti rossijskoj selskohozyajstvennoj produkcii na vnutrennih i vneshnih rynkah. St. Petersburg. 2017. P. 59–61. (In Russian).
- Manylov I.V. Comparison of algorithms of decoding of aerial photographs of agricultural lands // Informatsionno-upravlyayushie sistemy. 2011. N 3. P. 24–29. (In Russian).

- Manylov I.V., Fedchenko V.G. Multiplicity of approaches to the definition of remote sensing // Nauchnaya sessiya GUAP. Part 1. 2009. P. 26–27. (In Russian).
- Oreshkina L.V. Detection and identification of class of objects in multispectral images, remote sensing // Informatika. N 2. 2005. P. 79–85.
- Ryzhikov D.M. Method of processing multispectral satellite data for solution of tasks of control of zones of growth of Hogweed // Informatsionno-upravlyayushie sistemy. 2017, N 6. P. 43–51. (In Russian).
- Shpaar D., Zakharenko A., Yakushev V., Arefiev V., Auernhammer H., Bruns R., Wagner P., et al. Precision agriculture. Edited by D. Spaar, A.V. Zakharenko, V.P. Yakushev. St. Petersburg-Pushkin. 2009. 397 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 5–9

METHODOLOGICAL APPROACHES FOR SOLVING PROBLEMS OF DISCRETE INTRODUCTION OF PESTICIDES

A.K. Lysov

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

The methodological approaches in the development of remote methods of pickup and processing of information on small-scale heterogeneity of the distribution of harmful objects in agricultural landscapes are considered for differentiated application of plant protection products. The data on the use of information technologies, optoelectronic sensors, optical systems, models and software for remote sensing of the Earth surface using spacecraft, ultralight and unmanned aerial vehicles are reviewed. It is shown that the differentiated introduction of plant protection products is impossible without solving the problems of automated decoding of the resulting images of the spatial distribution of harmful objects in the field.

Keywords: remote sensing, decoding, discrete introduction, plant protection means, optoelectronic sensor, aerospace survey, reflection.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Лысов Анатолий Константинович. Руководитель лаборатории, кандидат технических наук, e-mail: lysov4949@mail.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@mail.ru

УДК:581.527. (470+571)

О СТАТУСЕ ВИДА БОРЩЕВИК СОСНОВСКОГО *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. НА ТЕРРИТОРИИ РФ

Н.Н. Лунева¹, Г.Ю. Конечная², Т.Н. Смекалова³, И.Г. Чухина³

¹Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

³Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург

Вторичный ареал инвазионного вида борщевик Сосновского *Heracleum sosnowskyi* Manden не достиг в настоящее время своего экологического предела. Фактором, сдерживающим дальнейшее распространение этого адвентивного для подавляющего большинства региональных флор РФ вида, могло бы стать придание ему статуса карантинного объекта. Предварительная оценка потенциальной опасности этого вида дает все основания относить борщевик Сосновского к категории карантинных сорных растений на территориях многих областей, где он распространен пока не столь широко, как в Средней полосе Европейской части России.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, прогностический ареал, карантинный объект.

В соответствии с официальным бюллетенем ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» от 24.05.2012 г. № 176, окончен допуск борщевика Сосновского к использованию по причине утраты хозяйственной полезности [Лунева, 2013]. В декабре 2014 года коды продукции борщевика Сосновского (зеленая масса и семена) исключены из Общероссийского классификатора продукции, с января 2015 года борщевик утратил статус сельскохозяйственной культуры, с декабря 2015 года борщевик Сосновского внесен в отраслевой классификатор сорных растений Российской Федерации [Борщевик Сосновского..., 2015; Борщевик теперь..., 2018]. То есть, в соответствии с ГОСТ 16265-89 по земледелию [Государственный стандарт..., 1990] этот вид является «дикорастущим растением, обитающим на сельскохозяйственных угодьях и снижающим величину и качество продукции», что базируется на понятии сорного растения в узком смысле, которое ограничивается только видами, произрастающими в посевах. Поскольку в настоящее время борщевик Сосновского не столь часто внедряется в агрофитоценозы, к его основным отрицательным характеристикам нельзя отнести «снижение величины и качества продукции». Понятие сорного растения по определению из ГОСТ 21507-2013 по защите растений, введенного в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2015 г. трактуется более широко. В пункте 69 ГОСТа сказано: «Сорное растение: нежелательное для человека растение, обитающее на землях, используемых в качестве сельскохозяйственных угодий, для лесоразведения или отдыха». Земли, указанные в этом документе, как места обитания сорных растений (следовательно, и борщевика Сосновского), включают не только поля, но и все другие местообитания сельскохозяйственных угодий, которые охотно заселяет борщевик: пустыри, залежи, брошенные земли, придомовые территории, выгоны и пастбища, мусорные места и т.п. Земли, предназначенные для лесоразведения или отдыха, также представляют собой вторичные местообитания с нарушенным естественным растительным покровом, пригодные для произрастания сорных растений, в том числе и борщевика Сосновского: повсеместно регистрируется сильное зарастание этим видом рекреационных территорий – берегов водоемов и мелких рек. К сожалению, основные места обильного произ-

растания борщевика – обочины автомобильных трасс, полевых дорог, а также насыпи железных дорог – не приводятся в вышеуказанных документах как места произрастания сорных растений, хотя известна роль транспортных путей в процессе их расселения [Мыслик, Лунева, 2014]. Но если подходить к сорным растениям как к видам, свойственным необрабатываемым территориям с нарушенным естественным растительным покровом [Никитин, 1983; Ульянова, 2005; Лунева, 2018], то растения борщевика Сосновского, заполонившие обочины дорог, также имеют статус сорных.

За рубежом в странах, подверженных экспансии борщевика Сосновского (Польше, Германии, Эстонии, Латвии), согласно Международной конвенции по карантину и защите растений этот вид причислен к карантинным объектам, следовательно, является сорняком, подлежащим уничтожению [Борщевик Сосновского..., 2010; Лунева, 2013]. В нашей стране, несмотря на то, что уже долгое время борщевик Сосновского является чрезвычайно проблемным видом, а в публикациях его часто называют карантинным [Борщевик Сосновского – новый..., 2017; Борщевик Сосновского. 2017; Ситникова, 2013], он не имеет статуса карантинного объекта.

Согласно Федеральному закону о карантине растений карантинными объектами могут быть животные, растения и микроорганизмы, которые потенциально способны нанести вред продукции растительного происхождения или живым растениям [Федеральный закон..., 2017]. На IX международной конференции по карантину растений в 1958 г. в Москве было принято решение о едином содержании понятия карантинного объекта, характеризующегося четырьмя основными признаками: объект отсутствует или имеет ограниченное распространение в стране; объект может быть завезен с растительной продукцией и акклиматизироваться; объект приносит ущерб насаждениям; требует особых мер борьбы. В «Международном стандарте по фитосанитарным мерам № 5» карантинным вредным организмом называется «вредный организм, имеющий потенциальное экономическое значение для зоны, в которой он пока отсутствует или присутствует, но ограниченно распространен и служит объектом официальной борьбы» [Маслов и др., 2008].

В соответствии с Международной Конвенцией по защите растений и нормативными документами Евро-

пейской Организации по защите растений, вредные организмы, отсутствующие или имеющие ограниченное распространение на территории страны, способные попасть в страну с ввозимой продукцией, грузами и транспортными средствами, легко акклиматизирующиеся на территории страны, а также регулируемые карантинными фитосанитарными мероприятиями, являются карантинными [Международная..., 2018]. В соответствии с ГОСТ 20562-75 по защите растений: карантинный объект (или карантинный организм, карантинный вид) – вид вредного организма растений, который отсутствует или ограниченно распространен на территории страны, но может быть занесен или может проникнуть самостоятельно извне и вызвать значительные повреждения растений и растительной продукции [Государственный стандарт 20562-75..., 1982].

Список карантинных объектов периодически пересматривается: отдельные виды могут быть выведены из списка карантинных видов, другие – признаны карантинными [Масляков, Ижевский, 2009]. Как видно из вышеприведенных определений, основным камнем преткновения на пути признания борщевика Сосновского карантинным объектом служит то, что в настоящее время этот вид не имеет «ограниченного распространения на территории страны», а, наоборот, имеет довольно большой вторичный ареал, который быстро увеличивается.

История появления в 1947 г. и распространения борщевика Сосновского на территории РФ исключала возможность признания его карантинным видом вплоть до придания ему статуса сорного растения в 2015 г., но за это время он так широко распространился, что перестал соответствовать одному из основных критериев карантинного вида – ограниченности распространения по стране. Вместе с тем, несмотря на довольно обширный вторичный ареал, вид еще не достиг своего экологического предела, поэтому дальнейшее распространение борщевика Сосновского по территории РФ можно задержать присвоением ему статуса карантинного сорного растения в тех областях, где он пока только появился. В целях недопущения на определенную территорию опасных вредных организмов и их распространения разработан алгоритм анализа фитосанитарного риска (АФР).

Анализ фитосанитарного риска осуществляется Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору только для некоторой определенной территории, которая, как считают, находится под угрозой (страна или область в пределах страны). Не претендуя на высказывание «истины в последней инстанции», мы предприняли попытку определить способность или неспособность вида быть карантинным объектом путем анализа научных данных.

На подготовительном этапе АФР объект всесторонне изучается по следующим направлениям: наличие или отсутствие объекта в ареале АФР; происхождение и географическое распространение; биологические особенности и морфологическое строение; выявление и идентификация; возможные пути распространения; вредоносность и экономическое значение. В этом отношении борщевик Сосновского изучен достаточно глубоко и широко. Как известно, данный вид был сознательно занесен в отдельные области РФ, где выращивался в качестве кормовой культуры [Лулева, 2013]. В восьмидесятые годы прошлого сто-

летия в качестве «беглеца из культуры» вид сформировал в этих областях очаги распространения, из которых стал широко расселяться.

Оценка потенциала конкурентоспособности и возможности проникновения на новые территории автотрофного сорного растения [Методика ..., 2018] включает 16 пунктов, 8-ми из которых борщевик Сосновского соответствует: быстрое достижение репродуктивной зрелости, регулярное и обильное плодоношение, быстрое наращивание большой вегетативной массы, устойчивость к агротехническим мероприятиям (например, скашиванию), распространение плодов и семян ветром, водой и животными, а также частое обнаружение вида на новых территориях.

Оценка потенциальной возможности акклиматизации и расширения ареала адвентивного сорного растения включает определение границ потенциального ареала сорняка, которое проводится на основе принципа лимитирующего фактора, путем сравнения индексов агроклиматических зон существующего и потенциального ареалов. В настоящее время изучено распространение борщевика Сосновского на европейской территории России южнее 60° северной широты и оценена его встречаемость [Афонин и др., 2017]. Эколого-географический анализ с использованием геоинформационных технологий показал, что встречаемость борщевика в южной части ареала хорошо коррелирует с влагообеспеченностью территории. Это позволило рассчитать и построить карту потенциальной встречаемости борщевика Сосновского исходя из оценки влагообеспеченности территорий (рис.).

Таким образом, для очень многих областей, где борщевик Сосновского еще не распространен, он набирает по этому показателю 5 баллов из 6 возможных. Это: наличие климатических условий в ареале АФР, совпадающих с климатическими условиями ареала рассматриваемого растения; частый занос рассматриваемого сорного растения за предел его первичного ареала; может произрастать в агроклиматических зонах РФ, расположенных южнее 50° с.ш.; между 50° и 55° с.ш.; между 55° и 60° с.ш.

Оценка потенциальной экономической вредоносности от заноса сорного растения включает 9 пунктов, из которых борщевик Сосновского соответствует 6: ухудшение технологических качеств урожая при засорении (посевы кормовых многолетних трав); снижение продуктивности пастбищ и лугов, садов (вытесняет аборигенные луговые виды растений); отрицательное влияние на здоровье животных (проблемы с выкармливанием молодняка у коров, питающихся силосом из борщевика); отрицательное влияние на здоровье людей (травмы или ожоги у людей при контакте с растениями); возможность быть растением-хозяином для вредителей культурных растений [Кривошеина, 2011]; изменение состава естественного биоценоза (способствует изменению видового состава естественных растительных сообществ с замещением аборигенных видов борщевиком Сосновского), обесценивание земель.

Заключительная оценка потенциальной опасности анализируемого сорного растения проводится с учетом всех вышеприведенных оценок по сумме баллов: потенциал конкурентоспособности вида и возможности проникновения его на новые территории (8 баллов); потенциальная возможность акклиматизации и расширения ареала (5 баллов); потенциальная экономическая вредоносность

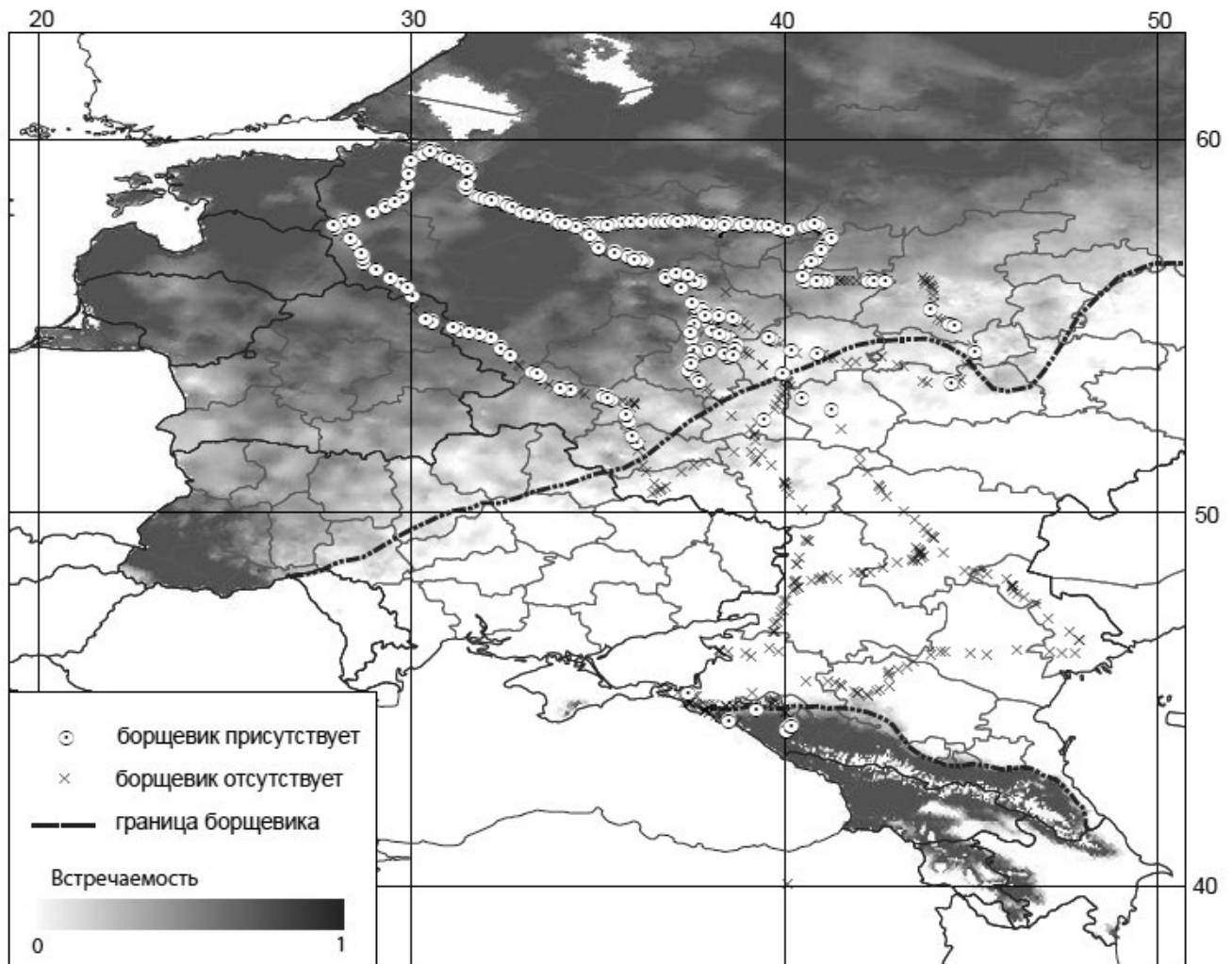


Рисунок. Экологическая пригодность территорий Европейской России и сопредельных стран для произрастания борщевика Сосновского, выраженная показателем потенциальной встречаемости (рост интенсивности окраски пропорционален росту частоты встречаемости). [По: Афонин и др., 2017]

(6 баллов). Таким образом, борщевик Сосновского набирает 19 баллов. В соответствии с Методикой осуществления анализа фитосанитарного риска сумма баллов 15.5 и выше соответствует высоким показателям потенциальной конкурентоспособности, расселению и экономической вредоносности вида, в тоже время потенциальный ареал вида охватывает основные зоны возделывания сельскохозяйственных культур. Следовательно, есть все основания относить борщевик Сосновского к категории карантинных сорных и социально **опасных для здоровья людей и животных, высокоагрессивных в распространении, но чрезвычайно трудных в искоренении видов** растений на территориях многих областей, где он распространен пока не столь широко, как в Средней полосе Европейской части России.

Еще одним препятствием (помимо его широкого распространения) для придания борщевика Сосновского статуса карантинного вида может служить тот факт, что этот вид произрастает в естественных местообитаниях горных районов некоторых республик российского Кавказа, то есть, формально может считаться аборигенным для РФ видом. Однако есть несколько моментов, которые не позволяют подходить к этому факту однозначно. Во-первых, аборигенным видом борщевик Сосновского является

для флоры горных лесов и субальпийских лугов Кабардино-Балкарии и Ингушетии. Не случись искусственного заноса в 1947 г. на территорию РСФСР, этот вид самостоятельно не преодолел бы жаркие и малообеспеченные влагой территории южных областей. Кроме того, аборигенность или адвентивность вида растения относится не к территории, а к флоре территории. По отношению к флорам тех регионов, где борщевик Сосновского уже распространился и куда он еще может попасть и акклиматизироваться, этот вид является адвентивным, не свойственным каждой региональной флоре, и занос этого вида на данную территорию не связан с естественным ходом флорогенеза, а является результатом прямой или косвенной деятельности человека. Причем для флоры Средней России он является не просто адвентивным, а инвазивным – агрессивным чужеродным видом, вытесняющим местные аборигенные растения. Условия, которые позволяют относить борщевик Сосновского, произрастающий в Средней России, к категории инвазивных видов, таковы: вид является заносным (адвентивным) для большинства регионов Средней России; вид отмечен не менее чем в 70% всех регионов, составляющих Среднюю Россию; в регионах, где вид присутствует, он находится на стадии агрофита (растение, внедрившееся в естественные ценозы) хотя бы на

части территории; по результатам многолетних наблюдений с момента первой находки вид проявляет тенденцию к активному расселению; вид служит источником экономического ущерба [Понятие..., 2018]. Кроме того, нельзя не учитывать тот факт, что распространяться по территории РФ стали культивируемые в течение сорока лет растения выведенных сортов борщевика Сосновского, таких, как

«Успех» и «Северянин», с более низким содержанием ку-маринов в биомассе. То есть, не те аборигенные для флоры Северного Кавказа формы, привезенные в 1947 году, а формы, представляющие собой результат искусственной гибридизации и селекции по определенным хозяйственным признакам.

Заключение

Несмотря на то, что окончательный вывод о включении анализируемого инвазивного вида в перечень карантинных объектов является прерогативой Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, позволим сделать предварительный вывод. Есть все основания считать целесообразным присвоение борщевика Сосновского статуса карантинного объекта для тех областей, в которых он не имеет в настоящее время широкого распространения, и применять по отношению к нему меры как для любого карантинного растения – контролировать его появление и полностью уничтожать очаги заноса. При этом фитосанитарные меры будут минимальными, применяемыми на незначительных территориях для обеспечения лишь необходимой эффективной защиты зоны заноса. Безусловно, существует еще ряд видов, в отношении которых также целесообразно проведение АФР, но также бесспорно, что борщевик Сосновского является в этой «очереди» приоритетным видом, благодаря своей особой и многосторонней опасности. Можно, пока не поздно, остановить его дальнейшее распространение по территории РФ и избежать катастрофических последствий.

В областях, где вид широко распространен, никакие мероприятия по уничтожению зарослей борщевика Сосновского на занятой им территории до сих пор не принесли положительных результатов. Принцип, применяемый в борьбе с другими видами сорных растений – не полное уничтожение, а снижение численности – в отношении борщевика Сосновского не пригоден [Лулева, 2013]. Применение только механических мер для уничтожения этого растения не приносит желаемых результатов: борщевик прекрасно отрастает после скашивания из почек возобновления, а также прорастает из семян, в огромном количестве продуцируемых каждым растением борщевика. Для подавления борщевика и предотвращения его возобновления из почвенного запаса семян эффективно применение баковых смесей гербицидов (раундап и анкор-85, раундап и магнум) до фазы цветения, но только на землях

несельскохозяйственного назначения [Егоров и др., 2010]. Организационный уровень работ, направленных на борьбу с борщевиком Сосновского, в настоящее время низок, действия плохо скоординированы. Для борьбы с борщевиком Сосновского на землях различного назначения понадобится разработка и неукоснительное исполнение четкой системы мероприятий по борьбе с этим растением, причем, на самом деле, до полного уничтожения.

Лучшим выходом из создавшегося положения будет признание борщевика Сосновского объектом внутреннего карантина, несмотря на наличие формального препятствия к этому признанию, которым является широкое распространение этого вида по территории части регионов РФ. При этом широкое распространение его следует рассматривать в связи с недостаточной предварительной изученностью конкурентных преимуществ этого адаптивного вида в подавлении растений естественных ценозов, а также потенциальных рисков введения борщевика Сосновского в культуру без предварительной научной экспертизы возможности его вывoda. Этой точки зрения придерживаются многие российские ученые, изучающие разные аспекты этого вида [Самсонова, Кондрашкина, 2017; Конечная, Крупкина, 2017; Афонин и др. 2017].

Введение внутреннего карантина, как и организация совокупности фитосанитарных и организационных мероприятий, безусловно, потребуют серьезных финансовых затрат, расчет которых будет реализован Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору при проведении АФР. Но уже на предварительном этапе анализа, представленном выше, можно с уверенностью сказать, что экономический ущерб, наносимый борщевиком Сосновского здоровью населения, обуславливающий снижение продуктивности пастбищ и лугов, обесценивание земель и изменение видового состава естественных биоценозов – несоизмеримо выше, особенно в перспективе экспансии этого инвазивного вида на большую часть территории РФ.

Библиографический список (References)

Афонин А.Н., Лулева Н.Н., Ли Ю.С., Коцарева Н.В. Эколого-географический анализ распространения и встречаемости борщевика Сосновского (*Heraclenum sosnowskyi* Manden.) в связи со степенью аридности территорий и его картирование для европейской территории России. Экология. 2017. N 1. С. 66–69.

Борщевик Сосновского. Сорняки. Зерно. [Электронный ресурс] 2010. URL: <http://www.zerno-ua.com/journals/2012/dekabr-2012-god/sornyaki-borshchevik-sosnovskogo> (дата обращения 10.08.2018).

Борщевик Сосновского. Сад и огород. [Электронный ресурс] 2017. URL: <https://sadiogorod24.ru/borshhevik-sosnovskogo> (дата обращения 10.08.2018).

Борщевик Сосновского – новый и опасный вид карантинного сорняка в условиях РСО Алания. Отдел защиты растений филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по РСО-Алания. [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://rosselhoccenter.com/index.php/stati-73/10335-borshchevik-sosnovskogo-novyy-i-opasnyj-vid-karantinного-sornyaka-v-usloviyakh-rso-alaniya> (дата обращения 10.08.2018).

Борщевик Сосновского официально признан сорным растением. Сетевое издание «Онлайн47.ру». [Электронный ресурс] 18 декабря 2015. URL: <https://online47.ru/2015/12/18/Borshevik-Sosnovskogo-oficialno-priznan-sornym-rasteniem-23771> (дата обращения 10.08.2018).

Борщевик теперь вне закона. Петербургская независимая газета «Общество и экология». [Электронный ресурс]. 2018. URL: <http://www.ecogazeta.ru/archives/9557> (дата обращения 10.08.2018).

Государственный стандарт 20562-75. Карантин растений. Термины и определения. Официальное издание. М.: Издательство стандартов/ [Электронный ресурс] 1982 URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200023013>. (дата обращения 10.08.2018).

Государственный стандарт Союза СССР. Земледелие. Термины и определения. ГОСТ 16265-89. Издание официальное. М.: Издательство стандартов. 1990. 23 с.

Егоров А.Б., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н. Гербициды для борьбы с борщевиком Сосновского [Электронный ресурс] URL: <http://>

- proborshevik.ru/wp-content/uploads/2017/09/Egorov_et_al_2010.pdf (дата обращения 10.08.2018).
- Конечная Г.Ю., Крупкина Л.И. Инвазивные виды растений в Себежском национальном парке (Псковская обл.). Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции. Тезисы докладов, Всероссийская научная конференция с международным участием. СПб: ВИР, 2017. С. 48–49.
- Кривошеина М.Г. Насекомые – вредители борщевика Сосновского в Московском регионе и перспективы их использования в биологической борьбе. Российский Журнал Биологических Инвазий. N 1. 2011. С. 44–50.
- Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в России: современный статус и актуальность его скорейшего подавления. Вестник защиты растений. 2013. N 1. С. 29–43.
- Лунева Н.Н. Сорные растения: происхождение и состав. Вестник защиты растений. 2018. N 1 (95). С. 26–32.
- Маслов М. И., Магомедов У. Ш., Мордкивич Я. Б. Словарь-справочник по обеззараживанию растительной продукции, транспортных средств, складских и производственных помещений [Текст]: монография / Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору, Федеральное государственное учреждение «Всероссийский центр карантина растений» (ФГУ «ВНИИКР»). Воронеж: Научная книга, 2008. 176 с.
- Масляков В.Ю., Ижевский С.С. Формирование перечней карантинных вредителей в России: традиции и новации. Защита и карантин растений, N 5. 2009. С. 30–34.
- Международная конвенция по защите растений. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. АО «Кодекс», [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901893419> (дата обращения 10.08.2018).
- Методика осуществления анализа фитосанитарного риска. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. АО «Кодекс», [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542618212> (дата обращения 10.08.2018).
- Мыслик Е.Н., Лунева Н.Н. Занос сорных растений через дороги. Сельскохозяйственные вести. 2014. N 1. С. 18–19.
- Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Л.: Наука, 1983. 454 с.
- Понятие «инвазивный вид» и история его формирования. Чёрная книга флоры Средней России. Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://www.bookblack.ru/content/2.htm> (дата обращения 10.08.2018).
- Самсонова В.П., Кондрашкина М.И. Индикация присутствия борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) с помощью дистанционного зондирования. Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции. Тезисы докладов, Всероссийская научная конференция с международным участием. СПб: 2017. С. 63–64.
- Ситникова Н.В. Карантинные сорные растения. Учебное пособие. Казань: Казанский Федеральный Университет. 2013. 141 с.
- Ульянова Т.Н. Сорные растения во флоре России и других стран СНГ. СПб: ВИР. 1998. 233 с.
- Федеральный закон «О карантине растений (с изменениями на 28 декабря 2017 года)». Электронный фонд правовой и научно-нормативной документации [сайт]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420208822>. Дата обращения 20.08.2018).

Translation of Russian References

- Afonin A.N., Luneva N.N., Lie Yu. S., Kotsareva N.V. Ecologo-geographical analysis of distribution and occurrence of *Heracleum sosnowskyi* Manden. in connection with degree of aridity of territories and its mapping on the European territory of Russia. *Ekologiya*. 2017. N 1. P. 66–69. (In Russian).
- Heracleum sosnowskyi*. Weeds. Grain. [Electronic resource] 2010. URL: <http://www.zerno-ua.com/journals/2012/dekabr-2012-god/sornyaki-borshchevik-sosnovskogo> (In Russian) (accessed 10.08.2018).
- Heracleum sosnowskyi*. Garden and orchard. [Electronic resource] 2017. URL: <https://sadiogorod24.ru/borshhevik-sosnovskogo>. (In Russian) (accessed 10.08.2018).
- Heracleum sosnowskyi* – a new and dangerous species of quarantine weed in conditions of North Ossetia-Alania. Department of Plant Protection Branch of FGBI «Rosselkhostsentr» for RSO-Alania. [Electronic resource] 2017. URL: <http://rosselkhostcenter.com/index.php/stati-73/10335-borshchevik-sosnovskogo-novyj-i-opasnyj-vid-karantinogo-sornyaka-v-usloviyakh-rso-alaniya> (In Russian) (accessed 10.08.2018).
- Heracleum sosnowskyi* officially recognized as a weed. Network edition «Online47.ru [Electronic resource] December 18, 2015. URL: <https://online47.ru/2015/12/18/Borshchevik-Sosnovskogo-officialno-priznan-sornym-rasteniem-23771>. (In Russian) (accessed 10.08.2018).
- Heracleum sosnowskyi* is now outlawed. Petersburg independent newspaper «Obshchestvo i Ekologiya». [Electronic resource] 2018. URL: <http://www.ecogazeta.ru/archives/9557>. (In Russian) (accessed 10.08.2018).
- Concept «Invasive species» and history of its formation. Black book of flora of Central Russia. Stranger species of plants in ecosystems of Central Russia. [Electronic resource] 2018. <http://www.bookblack.ru/content/2.htm>. (In Russian) (accessed 10.08.2018).
- Egorov A.B., Bubnov A.A., Pavlyuchenkova L.N. Herbicides to control *Heracleum sosnowskyi* [Electronic resource]. URL: http://proborshevik.ru/wp-content/uploads/2017/09/Egorov_et_al_2010.pdf (accessed 10.08.2018). (In Russian).
- Federal law «On plant quarantine (as amended on December 28, 2017)» Electronic Fund of legal, scientific and regulatory documentation [website]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420208822>. (accessed 20.08.2018). (In Russian).
- International convention on protection of plants. Electronic fund legal and specifications and technical documentation. AO Kodeks. [Electronic resource] 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901893419> (In Russian) (accessed 10.08.2018).
- Konechnaya G.Yu., Krupkina L.I. Invasive species of plants in Sebez National Park (Pskov Region). In: Weed plants in the changing world: topical issues of studying of diversity, origin, evolution. Tezisy dokladov, Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem. St. Petersburg: VIR, 2017, P. 48–49. (In Russian).
- Krivosheina M.G. Insects – pests of *Heracleum sosnowskyi* in Mscow Region and prospects of their use in biological control. Rossiiskii Zhurnal Biologicheskikh Invazii. N 1. 2011. P. 44–50.
- Luneva N.N. Weed plants: origin and structure. Vestnik zashchity rastenij. 2018. N. 1 (95). P. 26–32. (In Russian).
- Maslov M.I., Magomedov U.Sh., Mordkovich Ya.B. Dictionary reference on disinfecting of vegetable production, vehicles, warehouse and production rooms: monograph / Federal'naya sluzhba po veterinarnomu i fitosanitarnomu nadzoru, Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie «Vserossiiskii tsentr karantina rastenii» (FGU «VNIKR»). Voronezh: Nauchnaja kniga, 2008. 176 p.. (In Russian).
- Maslyakov V.Yu., Izhevskii S.S. Formation of lists of quarantine pests in Russia: traditions and innovations. Zashchita i karantin rastenij, N 5, 2009. P. 30–34. (In Russian).
- Mysnik E.N., Luneva N.N. Zanos of weed plants through roads. Selskochozjaistvennye vesti. 2014. N 1. P. 18–19. (In Russian).
- Nikitin V.V. Weed plants of flora of the USSR. Leningrad: Nauka, 1983. 454 p. (In Russian).
- Samsonova V.P., Kondrashkina M.I. Indication of presence of *Heracleum sosnowskyi* by means of remote sensing. In: Weed plants in the changing world: topical issues of studying of diversity, origin, evolution. Tezisy dokladov, Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem. St. Petersburg: VIR, 2017. P. 63–64. (In Russian).
- Sitnikova N.V. Quarantine weed plants. Manual. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyi universitet. 2013. 141 p. (In Russian).
- State standard 20562-75. [Electronic resource] Quarantine of plants. Terms and definitions. Official publication. Moscow: Izdatelstvo standartov, 1982 <http://docs.cntd.ru/document/1200023013>. (In Russian). (accessed 10.08.2018).
- State standard of the Union of the USSR. Agriculture. Terms and definitions. GOST 16265-89. Official publication. Moscow: Izdatelstvo standartov. 1990. 23 p. (In Russian).
- Technique of exercise of the analysis of phytosanitary risk. Electronic fund legal and specifications and technical documentation. AO Kodeks. [Electronic resource] 2018. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/84186374> (In Russian) (accessed 10.08.2018).
- Ulyanova T.N. Weed plants in flora of Russia and other CIS countries. St. Petersburg: VIR. 1998. 233 p. (In Russian).

ON STATUS OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.
ON THE TERRITORY OF RUSSIAN FEDERATION

N.N. Luneva¹, G.Yu. Konechnaya², T.N. Smekalova³, I.G. Chukhina³

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

²V.L. Komarov Botanical Institute of Russian Academy of Sciences, Russia

³N.I. Vavilov All-Russian Institute of Genetic Resources of Plants, Russia

The secondary area of an invasive *Heracleum sosnowskyi* Manden did not reach the ecological limit now. A factor constraining further distribution of this species, which is adventive for overwhelming majority of regional floras in the Russian Federation, could become raising its status as a quarantine object. Preliminary estimation of potential danger of this species gives all grounds to refer *Heracleum sosnowskyi* to the category of quarantine weed plants on territory of many regions, where it is not so widespread yet, as in the Middle band of the European part of Russia.

Keywords: *Heracleum sosnowskyi*, prognostic area, quarantine object.

Сведения об авторах

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

*Лунева Наталья Николаевна. Ведущий научный сотрудник, зав. сектором, канд. биол. наук, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, ул. Проф. Попова, 2П. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

Конечная Галина Юрьевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биол. наук, e-mail: galina_konechna@mail.ru
Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, ул. Б. Морская, 42. Санкт-Петербург, Российская Федерация
Смекалова Тамара Николаевна. Ведущий научный сотрудник, зав. отделом, кандидат биол. наук, e-mail: tsmekalova@yandex.ru
Чухина Ирена Георгиевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биол. наук, e-mail: irena_wir@mail.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

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
V.L. Komarov Botanical Institute of RAS, Prof. Popov St., 2P. St. Petersburg, Russian Federation.

Konechnaja Galina Yurevna. Leading researcher, PhD in Biology, e-mail: galina_konechna@mail.ru
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Genetic Resources of Plants, B. Morskaya St., 42. St. Petersburg, Russian Federation
Smekalova Tamara Nikolaevna. Leading Researcher, Head of Department, PhD in Biology, e-mail: tsmekalova@yandex.ru
Chukhina Irena Georgiyevna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: irena_wir@mail.ru

* Corresponding author

УДК 632.78

**ДИНАМИКА МНОГОЛЕТНИХ ОЦЕНОК УСТОЙЧИВОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ
К КУКУРУЗНОМУ МОТЫЛЬКУ *OSTRINIA NUBILALIS* HBN.
В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ НПО «КОС-МАИС»**

В.Г. Гаркушка¹, И.В. Грушевая², А.Н. Фролов^{1,2}

¹НПО «КОС-МАИС», Ботаника Краснодарского края

²Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Анализ оценок гибридов кукурузы экологических испытаний НПО «КОС-МАИС», выполненных сотрудниками ВИЗР в 2000–2017 гг., свидетельствует о неуклонном снижении средних значений поврежденности листьев растений гусеницами кукурузного мотылька первого поколения, что подтверждает результативность многолетних совместных программ селекционеров по кукурузе и иммунологов растений ВИЗР. Уравнение линейной регрессии позволяет оценить средний прирост уровня устойчивости кукурузы к вредителю в 2.3% за год.

Ключевые слова: кукуруза, кукурузный мотылек, *Ostrinia nubilalis*, поврежденность листьев, устойчивость.

Динамика численности насекомых — важнейшая и одновременно сложнейшая проблема энтомологии [Barbosa, Schultz, 1987]. Хотя колебания численности растительноядных членистоногих обуславливаются самыми разными эффектами экологических факторов [Фролов, 2017], в агроценозах с их упрощенной структурой размножение вредителей в первую очередь детерминируется уровнем устойчивости растений-хозяев [Шапино и др., 1986]. В то же время фактов, характеризующих роль устойчивости растений-хозяев в многолетней динамике численности вредителей, пока еще накоплено немного [Panda, Khush, 1995; Schowalter, 2006]. Хотя кукуруза по историческим меркам распространилась в Евразии сравнительно недавно [Rebourg et al., 2003], а

кукурузный мотылек, *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera: Crambidae), сформировался как вид лишь после перехода на питание этим растением [Bourguet et al., 2014], система «кукуруза — кукурузный мотылек» весьма удобна для оценки вклада устойчивости хозяина на многолетнюю динамику численности фитофага [Hutchison et al., 2010], ибо с одной стороны эта культура отличается высокой эффективностью как природной [Duvick, 2005], так и полученной трансгенным путем [Siegfried, Hellmich, 2012] устойчивости, а с другой — накоплен богатый фактический материал по динамике численности вредителя как в Европе [Ваца et al., 2007; Фролов и др., 2013], так и Северной Америке [Chiang, Hodson, 1972; Hudon, LeRoux, 1986]. Мировой

опыт показывает, что с наибольшей частотой устойчивость к кукурузному мотыльку проявляется у растений кукурузы в период до цветения, т.е. во время питания особей первой генерации вредителя в зонах с бивольтинным циклом развития [Guthrie, Dicke, 1972; Hudon, Chiang, 1985], тогда как позднее она обнаруживается гораздо реже [Mihm, 1985; Guthrie et al., 1989]. В условиях Краснодарского края ежегодно развиваются два полных поколения кукурузного мотылька в году, причем анализ многолетних данных свидетельствует, что вспышки размножения вредителя формируются во время развития первых поколений насекомого в сезоне, в то время как размножение вторых генераций обычно не сопровождается какими-либо значительными изменениями численности [Фролов, 2006; Грушевая, 2018]. При этом в годы массовых размножений поврежденность растений насекомым оказывает определяющее воздействие на вариацию урожайности зерна гибридов в экологических испытаниях [Гаркушка и др., 2014].

Полевые работы проводили на опытных посевах кукурузы НПО «КОС-МАИС» в окр. пос. Ботаника Гулькевичского р-на Краснодарского края, расположенного в равнинной восточной степной зоне Краснодарского края между городами Армавир и Кропоткин в 250 км к юго-востоку от гор. Ростова-на-Дону у границ Ставропольского края с координатами 45° 18' с.ш. и 40° 52' в.д. Экологические испытания гибридов кукурузы осуществляли поочередно на делянках площадью 10 м² в 3–4 кратной повторности (посев — в конце апреля, уборка — в конце августа – сентябре, сформированная густота — 40–60 тыс. растений/га в зависимости от группы ФАО в блоке). Степень повреждения листьев (в баллах) оценивали по шкале Guthrie et al. [1960] в модификации Williams, Davis [1984]. Известно, что степень поврежденности листьев гусеницами кукурузного мотылька характеризует уровень выживаемости насекомого, т.е. иными словами уровень устойчивости растений того или иного генотипа к вредителю [Guthrie et al., 1960]. Поскольку оценки проводили на естественном фоне заселения, каждой делянке присваивали максимально наблюдавшуюся оценку поврежденности листьев в пределах делянки [Фролов, 2008].

На рисунке 1 представлена динамика средних и дисперсий оценок поврежденности гусеницами кукурузного мотылька первого поколения листьев 250–600 гибридных комбинаций отечественной и зарубежной селекции в блоках экологических испытаний ФАО 250–350. Полученные данные хорошо укладываются в пределы доверительного ($p < 0.05$) интервала линейной регрессии, свидетельствующей о монотонном снижении средних значений поврежденности листьев за период с 2000 по 2017 г. на 46%, что позволяет оценить ежегодный прирост устойчивости в 2.3%.

Библиографический список (References)

Гаркушка В.Г. Генетическое разнообразие кукурузы и устойчивости к кукурузному мотыльку / В.Г. Гаркушка, А.Н. Фролов, И.В. Грушевая // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2014. Т. 175, N 4. С. 75–81.
 Грушевая И.В. Факторы динамики численности кукурузного мотылька в Краснодарском крае в связи с разработкой мониторинга и прогноза размножения вредителя / И.В. Грушевая // Автореф. дисс... канд. биол. наук. СПб.: ВИЗР, 2018. 24 с.
 Фролов А.Н. Динамика численности и прогноз массовых размножений вредных насекомых: исторический экскурс и пути развития. Аналитический обзор. / А.Н. Фролов // Вест. заш. раст. 2017. N 4 (94). С. 5–21.
 Фролов А.Н. Динамика численности кукурузного мотылька и ее прогноз / А.Н. Фролов // Бюлл. МОИП, отд. биол. 2006. Т. 111, Вып. 1. С. 10–14.
 Фролов А.Н. Кукурузный мотылек / А.Н. Фролов // В кн.: Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам.

Представленный на рис. материал хорошо согласуется с данными, свидетельствующими о росте природной устойчивости коммерческих гибридов кукурузы к вредителю, наблюдавшемся в США в 30–70 гг. прошлого века [Chiang, 1968]. Повышение устойчивости к насекомому могло являться результатом как целенаправленной, так и опосредованной селекции [Duvick, 2005]. Известно, что несмотря на широкое использование в США генетически модифицированной кукурузы [Troyer, 2009], интерес к природной устойчивости здесь не угас [Abel et al., 2000; Bohn et al., 2003 и др.]. Для России селекционная работа с кукурузой, направленная на усиление ее природной устойчивости к кукурузному мотыльку, в связи с запретом на выращивание ГМО, еще более актуальна. В частности, в ООО НПО «КОС-МАИС» работа по генетическому улучшению кукурузы, в т.ч. по повышению устойчивости растений к кукурузному мотыльку ведётся в течение многих десятилетий [Гаркушка и др., 2014]. Логично предположить, что растущий уровень устойчивости растения-хозяина оказывает на колебания численности вредителя стабилизирующее воздействие.

Совместные работы специалистов ВИЗР с селекционерами по кукурузе, направленные на создания устойчивых генотипов к вредителям, начатые под руководством акад. ВАСХНИЛ Г.С. Галева (ВИР) и проф. И.Д. Шапиро (ВИЗР) в 70-х годов прошлого века, активно ведутся вплоть до настоящего времени. В результате, сейчас в Краснодарском крае уже не встретишь товарных посевов кукурузы, поврежденных вредителем в такой сильной степени, как это нередко наблюдалось в 70–80-х годах прошлого века [Чумаков, Фролов, 1985].

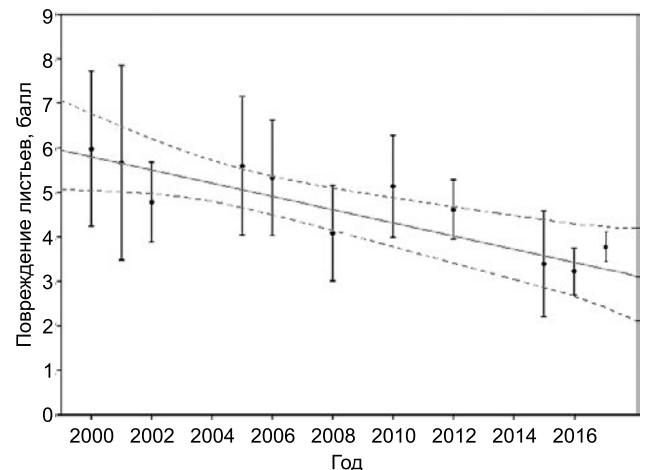


Рисунок. Динамика средних значений и выборочных дисперсий ($\bar{x} \pm D$) оценок поврежденности кукурузным мотыльком гибридов кукурузы в экологических испытаниях, проводившихся в НПО «КОС-МАИС» в 2000–2017 гг.

Методическое пособие. под ред. Е.Е. Радченко. М: Россельхозакадемия, 2008. С. 282–305.
 Фролов А.Н. Цикличность многолетней динамики численности вредных насекомых: кукурузный мотылек как пример / А.Н. Фролов, Г.Е. Сергеев, Ю.М. Малыш, А.Г. Конончук, И.В. Грушевая // В кн: Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. III Всерос. съезд по заш. раст. С.-Петербург, 16–20 декабря 2013 г. СПб.: ВИЗР, 2013. Т. 1. С. 89–93.
 Чумаков М.А. Вредоносность кукурузного мотылька на кукурузе в Краснодарском крае / М.А. Чумаков, А.Н. Фролов // Матер. 4 Всес. научно-технич. конф. молодых ученых по пробл. кукурузы. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы, 1985, Ч.2. Днепропетровск, 1985. С. 105, 108.
 Шапиро И.Д. Иммунитет растений к вредителям и болезням / И.Д. Шапиро, Н.А. Вилкова, Э.И. Слепян // Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд., 1986. 192 с.

- Abel C.A. Evaluation of conventional resistance to European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) and western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in experimental maize lines developed from a backcross breeding program / C.A. Abel, M.A. Berhow, R.L. Wilson, B.F. Binder, B.E. Hibbard // J. Econ. Entomol. 2000. V. 93, N 6. P. 1814–1821.
- Bača F. European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn) population fluctuation at Zemun Polje between 1986 and 2005 / F. Bača, S. Gošić-Dondo, Ž. Kaitović, D. Hadžistević // Maydica. 2007. V. 52, N 3. P. 325–328.
- Barbosa P. Insect outbreaks / P. Barbosa, J.C. Schultz (eds.) // San Diego: Acad. Press Inc., 1987. 578 p.
- Bohn M. Breeding early maturing European dent maize (*Zea mays* L.) for improved agronomic performance and resistance against the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hb.) / M. Bohn, T. Magg, D. Klein, A.E. Melchinger // Maydica. 2003. V. 48, N 3. P. 239–247.
- Bourguet D. 'Becoming a species by becoming a pest' or how two maize pests of the genus *Ostrinia* possibly evolved through parallel ecological speciation events / D. Bourguet, S. Ponsard, R. Streiff, S. Meusnier, P. Audiot, J. Li, Z.Y. Wang // Molecular ecol. 2014. V. 23, N 2. P. 325–342.
- Chiang H.C. Host variety as an ecological factor in the population dynamics of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* / H.C. Chiang // Ann. Entomol. Soc. Amer. 1968. V. 61, N 6. P. 1521–1523.
- Chiang H.C. Population fluctuations of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, at Waseca, Minnesota, 1948–70. / H.C. Chiang, A.C. Hodson // Environ. Entomol. 1972. V. 1, N 1. P. 7–16.
- Troyer A.F. Development of hybrid corn and the seed corn industry. / A.F. Troyer // Maize Handbook. V. II: Genetics and genomics. USA, 2009. P. 87–114.
- Duvick D.N. Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.) / D.N. Duvick // Maydica. 2005. V. 50, N 3/4. P. 193–202.
- Guthrie W.D. Leaf and sheath feeding resistance to the European corn borer in eight inbred lines of dent corn / W.D. Guthrie, F.F. Dicke, C.R. Neiswander // Ohio Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 1960. N 860. 38 p.
- Guthrie W.D. Performance of maize inbred line DE 811 in hybrid combinations: resistance to first- and second-generation European corn borers (Lepidoptera: Pyralidae) / W.D. Guthrie, J.A. Hawk, J.L. Jarvis // J. Econ. Entomol. 1989. V. 82, N 6. P. 1804–1806.
- Guthrie W.D. Resistance of inbred lines of dent corn to leaf feeding by 1st-brood European corn borers / W.D. Guthrie, F.F. Dicke // Iowa State J. Sci. 1972. V. 46. P. 339–357.
- Hudon M. Biology and population dynamics of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) with special reference to sweet corn in Quebec. III. Population dynamics and spatial distribution / M. Hudon, E.J. LeRoux // Phytoprotection. 1986. V. 67, N 2. P. 93–115.
- Hudon M. Resistance and tolerance of maize germplasm to the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hübner) and its maturity in Quebec / M. Hudon, M.S. Chiang // Maydica. 1985. V. 30, N 3. P. 329–337.
- Hutchison W.D. Area-wide suppression of European corn borer with Bt maize reaps savings to non-Bt maize growers / W.D. Hutchinson, E.C. Burkness, P.D. Mitchell, R.D. Moon, T.W. Leslie, S.J. Fleischer, M. Abrahamson, K.L. Hamilton, K.L. Steffey, M.E. Gray, R.L. Hellmich, L.V. Kaster, T.E. Hunt, R.J. Wright, K. Pecinovsky, T.L. Rabaey, B.R. Flood, E.S. Raun // Science. 2010. V. 330, N 6001. P. 222–225.
- Mihm J.A. Breeding for host plant resistance to maize stem-borers / J.A. Mihm // Int. J. Tropical Insect Sci., 1985. V. 6, N 3. P. 369–377.
- Panda N. Host plant resistance to insects / N. Panda, G. Khush // CAB International, 1995. 431 p.
- Rebourg C. Maize introduction into Europe: the history reviewed in the light of molecular data / C. Rebourg, M. Chastanet, B. Gouesnard, C. Welcker, P. Dubreuil, A. Charcosset // Theor. Appl. Genetics. 2003. V. 106, N 5. P. 895–903.
- Schwalter T.D. Insect ecology: an ecosystem approach / T.D. Schwalter // Academic Press, 2006. 572 p.
- Siegfried B.D. Understanding successful resistance management: the European corn borer and Bt corn in the United States / B.D. Siegfried, R.L. Hellmich // GM Crops & Food. 2012. V. 3, N 3. P. 184–193.
- Williams W.P. Reaction of a resistant and a susceptible corn hybrid to various southwestern corn borer infestation levels / W.P. Williams, P.M. Davis // Agron. J. 1984. V. 76, N 5. P. 855–856.

Translation of Russian References

- Chumakov M. A. Harmfulness of corn moth on corn in Krasnodar Krai / M. A. Chumakov, A. N. Frolov // Mater. 4 Vses. nauchno-tekhnich. konf. molodykh uchenykh po probl. kukuruzy. Dnepropetrovsk: VNII kukuruzy, 1985, P. 2. Dnepropetrovsk, 1985. P. 105, 108. (In Russian).
- Frolov A.N. Population dynamics and forecast of insect pest outbreaks: historical journey and tracks of progress. Analytical survey. / A.N. Frolov // Plant Protection News. 2017. N 4 (94). P. 5–21. (In Russian).
- Frolov A.N. Population dynamics of the European corn borer and its forecast / A.N. Frolov // Bull. MOIP, Otd. Biol. 2006. V. 111, N 1. P. 10–14. (In Russian).
- Frolov A.N. Recurrence of long-term population dynamics of harmful insects: the European corn borer as an example / A.N. Frolov, G.E. Sergeev, Yu.M. Malyshev, A.G. Kononchuk, I.V. Grushevaya // In: Phytosanitarnaya Optimizatsiya Agroekosistem. III Vseros. Kongress po Zashchite Rastenii. St.-Petersburg, December 16–20, 2013. St. Petersburg: VIZR, 2013. V. 1. P. 89–93. (In Russian).
- Frolov A.N. The European corn borer / A.N. Frolov // In: Izucheniye Geneticheskikh Resursov Zernovykh Kultur po Ustoichivosti k Vrednym Organizmam. Metodicheskoe Posobie. E. E. Radchenko, ed. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2008. P. 282–305. (In Russian).
- Garkushka V.G. Genetic diversity in maize and host plant resistance to the European corn borer / V.G. Garkushka, A.N. Frolov, I.V. Grushevaya // Tr. po prikl. bot., gen. i sel. 2014. V. 175, N 4. P. 75–81. (In Russian).
- Grushevaya I.V. Factors of population dynamics of the European corn borer in Krasnodar Area in relation to development of monitoring and forecast of the pest / I.V. Grushevaya // Abstr. Diss. ... Cand. Biol. Sci. St. Petersburg: VIZR, 2018. 24 p.. (In Russian).
- Shapiro I. D. Plant immunity to pests and diseases / I.D. Shapiro, N.A. Vilkovala, E.I. Slepian / Leningrad: Agropromizdat: Leningr. Otd., 1986. 192 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 15–17

TREND OF LONG-TERM ESTIMATES FOR HOST PLANT RESISTANCE TO THE EUROPEAN CORN BORER *OSTRINIA NUBILALIS* HBN. IN MAIZE HYBRIDS DURING ECOLOGICAL TRIALS REALIZED AT THE SPA “KOS-MAIS”

V.G. Garkushka¹, I.V. Grushevaya², A.N. Frolov^{1,2}

¹SPA “KOS-MAIS”, Botanika, Krasnodar Territory, Russia

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

Ecological trials of maize hybrids realized during 2000–2017 testify steady trend of decline in average scores for the 1st brood European corn borer leaf damage. Linear regression allows us to estimate average increase of host plant resistance to the pest in 2.3% per year.

Keywords: maize, European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, leaf feeding, host plant resistance.

Сведения об авторах

НП Объединение «КОС-МАИС», ул. Вавилова, 16, 352183 пос. Ботаника, Гулькевичский р-н, Краснодарский край, Российская Федерация
Гаркушка Виталий Григорьевич. Генеральный директор, к.б.н., e-mail: kos-mais@rambler.ru
Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Грушевая Инна Валентиновна. Младший научный сотрудник, e-mail: grushevaya_12@mail.ru
*Фролов Андрей Николаевич. Главный научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор, e-mail: vizrspb@email.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

Scientific Production Association “KOS-MAIS”, Vavilova street, 16, 352183 vil. Botanika, Gulkevichi Distr., Krasnodar Area, Russian Federation
Garkushka Vitalii Grigorievich, Cand. Biol. Sci., Director general, e-mail: kos-mais@rambler.ru
All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Grushevaya Inna Valentonovna. Junior Researcher, e-mail: grushevaya_12@mail.ru
*Frolov Andrei Nikolaevich. Principal Researcher, Professor, DSc in Biology, e-mail: vizrspb@email.ru

* Corresponding author

УДК 595.762.2

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ ТЛЕЙ И МЕТОДЫ ЕЕ ДИАГНОСТИКИ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРЕМУХОВО-ЗЛАКОВОЙ ТЛИ *RHOPALOSIPHUM PADI* (L.) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) (ЧАСТЬ 1)

Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Текст статьи представлен в 2-х частях. В первой части приводится краткий обзор материалов, связанных с клональным разнообразием, репродуктивным и крыловым полиморфизмом и полифенизмом, механизмами детерминации морф, специфики их развития и роли в успешности размножения клонов тлей. Указываются цель работы, характеристика основного объекта – черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) и методика исследований.

Ключевые слова: жизненные циклы, клоны, полиморфизм, полифенизм, партеногенез, поведение, полёт.

Всероссийский НИИ защиты растений проводит многолетние исследования, направленные на построение защитных мероприятий на основе биоценотического подхода, позволяющего разработать приемы управления не только динамикой численности вредящих и полезных видов, но и их ответными реакциями на экзогенные воздействия [Павлюшин и др., 2013]. Ведущее значение при этом имеют трофические взаимоотношения в системе “растение – фитофаг”. В условиях усиливающегося антропогенного воздействия реакции фитофагов, возникающие при обитании в агроэкосистемах, выражаются в усилении адаптаций в виде модификационной и генотипической изменчивости в первую очередь у экологически пластичных видов вредных организмов [Павлюшин и др., 2013], к которым относятся и представители сем. Aphididae.

Решение проблемы защиты сельскохозяйственных культур от тлей сталкивается с рядом трудностей, связанных с особенностями жизненных циклов и эпигенеза этих насекомых, сформированных в процессе длительных адаптаций к питанию транспортными формами ассимилятов в местах их наиболее высокого содержания в растениях. В настоящее время описано около 5000 видов тлей, для которых характерен, как партеногенез, так и эволюционно первый обоеполый тип репродукции [Davis, 2012]. Возникновение партеногенеза сопровождалось появлением чередования половых и партеногенетических живородящих поколений, полиморфизмом и телескопическим наложением генераций. Партеногенетические особи, имеющие высокую скорость развития, формировали колонии с высокой численностью потомков, что привело к клональной структуре популяций с всплывающей динамикой численности. Возникла гетереция, связанная с сопряженностью развития тлей с определенными этапами органогенеза растений и сменой зимних (древесных) хозяев на летние (травянистые), что привело к полифагии [Dixon, 1998]. Гетереция и полиморфизм позволяют тлям за один вегетационный период проходить один или даже два полных цикла динамики численности популяций (фазы депрессии, расселения, массового размножения, пика численности и ее спада) [Поляков и др., 1995]. Исследование вопросов реактивности насекомых в популяциях вредящих видов имеет особо важное значение для решения проблем защиты растений, в частности, для разработки методов отбора и селекции устойчивых генотипов растений, не вызывающих формообразовательных процессов у насекомых или использования химических препаратов [Павлюшин и др., 2005].

Решение этих задач для тлей осложняется из-за сложности их развития и трудностей морфогенетической диагностики у внутривидовых форм, не выраженной у многих видов данных вредителей. В большинстве случаев изменения в состоянии популяции тлей оценивают по их численности, которая формируется в соответствии со сложной структурой их популяций. Ее анализ представляется недостаточным без понимания механизмов формирования клонального состава, появления и соотношения морф и смены генераций, объединенных в жизненном цикле этих насекомых.

Жизненные циклы тлей могут быть гетероцидными, моноцидными или неполными [Dixon, 1998]. Гетероцидность у тлей определяется генетической программой смены зимних и летних хозяев [Glinwood, Petterson, 2000]. Первичные связи тлей с древесными растениями, реже с многолетними травами, вторичны – с травами [Shaposhnikov, 1987]. В отличие от других, морф только основательницы никогда не выживают на вторичных хозяевах [Dixon, 1998]. Моноцидные виды откладывают зимующие яйца на тех же хозяевах, на которых питаются все партеногенетические поколения [Williams, Dixon, 2007]. У неполноциклических (анолоциклических) популяций зимуют партеногенетические особи, а весенняя миграция определяется экзогенными факторами, в основном качеством растения-хозяина и плотностью особей в колониях [Dixon, 1998].

Основной составной единицей в популяциях тлей с тем или иным жизненным циклом служат клоны, которые могут быть с полным циклом развития – голоциклическими, неполным – анологическими, продуцирующими только бескрылых и крылатых виргинопар, андрогическими, продуцирующими виргинопар и самцов, и гиноциклическими, продуцирующими виргинопар, среди которых осенью появляются гинопары – ремигранты, отрождающие половых самок (овипар), или у некоторых видов – ремигранты (сексупары), отрождающие овипар и самцов. Бывают “промежуточные” клоны, продуцирующие виргинопар, самцов и крылатых самок, имеющих в потомстве, как овипар, так и виргинопар, продолжающих партеногенетическое развитие клона [Шапошников, 1974; Williams, Dixon, 2007]. В голоциклических популяциях генотипический (клональный) состав ежегодно обновляется в результате полового скрещивания, что существенно снижает способность тлей к микроэволюционным процессам. Этологические механизмы, обеспечивающие спаривание тлей, – одновременность появления особей того или иного пола, как внутри клонов, так и между ними, направлены на увеличение генотипического разнообразия в популяциях

путем предупреждения встреч полов из одного и того же клона. При сезонной смене стадий необходимость перелетов и поиска первичного хозяина еще больше снижает вероятность таких встреч. Однако выявлено, что в результате весенних и осенних миграций значительная часть генофонда теряется, т.к. лишь 0.2–1.0% мигрантов успешно достигают хозяина [Ward et al., 1998].

Анелоциклия возникла вторично в результате утраты полового размножения и имеет огромное значение для сельского хозяйства, поскольку тесно связана с формообразовательными процессами у тлей. Некоторые виды и клоны не способны к продуцированию половых морф и размножаются исключительно партеногенетически. В случае анелоциклии клонов в ареалах с “мягкой” зимой, где отсутствует первичный хозяин, селективное действие на них среды сохраняется в результате репродуктивной изоляции, поэтому клональный состав анелоциклических популяций более однородный и лучше адаптированный к выживанию в более узком диапазоне климатических и трофических условий [Dixon, 1985; Loxdale, Lushai, 2007]. В некоторых случаях состав популяции тлей включает комплекс клонов с различной стратегией размножения [Шапошников, 1974; Верещагина, Гандрабур, 2016 (а, б)]. Андроциклические и гиоциклические клоны могут быть, как генетически изолированными, так и скрещиваться с голоциклическими или между собой, особенно при совместном обитании [Шапошников, 1987]. Гибридное происхождение клонов еще более усложняется в связи с перемещениями тлей на большие расстояния в виде аэропланктона и ассимиляции генофонда иммигрантов.

Генетические механизмы высокой клональной изменчивости у тлей еще недостаточно изучены. Представляется, что характерные для них аберрантные формы мейоза (андрогенез, гиогенез, партеногенез), возникновение генных и хромосомных мутаций и рекомбинаций более вероятны вследствие голоцентричности их хромосом, не имеющих локализованной центральной активности, вследствие чего их центрометрическая активность диффузно распространена по длине хромосомы [Blackman, 1987; https://allbest.ru/otherreferats/biology/00355847_4.html]. Открытие у тлей эндомейоза предполагает возможность рекомбинации генов при партеногенезе, но большинством исследователей это не подтверждается [Dixon, 1998]. Существует вероятность, что в основе быстрой клональной изменчивости у тлей лежат эпигенетические механизмы, связанные с экспрессией генов без нарушения нуклеотидной последовательности в ДНК (транспозицией мобильных генетических элементов, эффекты метилирования ДНК) [Васильев, 2009].

Морфотипический состав наиболее полно выражен у гетероциклических голоциклических клонов и включает, как правило, 8 морф (фенов) [Верещагина, Гандрабур, 2016 (а); Dixon, 1985; 1998]. Из них 6 партеногенетических: бескрылые основательницы и их потомки – бескрылые самки фундатригенных поколений, крылатые эмигранты, бескрылые и крылатые (расселительницы) летние вивипары, крылатые гиоипары (осенние ремигранты) и 2 половые – бескрылые овипары (половые самки – потомки гиоипар) и крылатые самцы. При этом у тлей различают полиморфизм, не сопровождающийся полифенизмом (основательницы, овипары, самцы) и сопровождающийся полифенизмом (бескрылые и крылатые живородящие виргинопары).

Полифенизм представляет собой такой пример фенотипической изменчивости, при котором чередование фенотипов происходит у одного и того же генотипа в ответ на воздействие внешних факторов [Заславский, Кац, 1986; Nijhout, 2003; Brisson, 2010]. У тлей различают репродуктивный и крыловой полиморфизм и полифенизм [Dixon, 1998; Brisson, 2010; Ogawa, Miura, 2014]. Репродуктивный полиморфизм заключается в том, что обоеполое и партеногенетическое размножение осуществляют различные морфы. При крыловом полиморфизме некоторые морфы детерминированы только как бескрылые (основательницы и овипары) или крылатые (самцы). У некоторых видов самцы бескрылые. При репродуктивном полифенизме половые особи у тлей появляются осенью партеногенетически при коротком дне в потомстве виргинопар. При крыловом полифенизме в потомстве партеногенетических морф образуются крылатые и бескрылые особи в зависимости от влияния окружающей среды (плотности поселения, фотопериода, температуры, наличия энтомофагов и т.д.) и питания [Ogawa, Miura, 2014; Vereschagina, Gandrabur, 2014]. Однако даже при оптимальных внешних условиях, питания и отсутствии скученности в потомстве, как крылатых, так и бескрылых летних виргинопар, имеются обе морфы [Vereschagina, Shaposhnikov, 1998], что свидетельствует о наличии у них эндогенных ритмов появления этих фенов (полиморфизм). Для тлей характерен также цветовой и кастовый полиморфизм [Stern, Foster, 1996], который большинством авторов признается как полифенизм.

В виду того, что в течение вегетационного периода наиболее важными для выживания клона и популяции в целом оказывались те или иные функции, между морфами возникло “разделение труда”, и они стали различаться не только морфологически (наличие крыльев и крыловых мышц, склеротизации груди и головы, длине трубочек и хвостика) и по типу размножения, но и по ряду эволюционных и физиологических характеристик [Ogawa, Miura, 2014]. Крылатые особи преимущественно обеспечивают расселение, выбор хозяина (эмигранты, расселительницы, гиоипары) и спаривание (самцы), бескрылые – увеличение численности (виргинопары) и откладку зимующих яиц (овипары).

Для выполнения своих функций крылатые особи имеют более развитые органы чувств, чем бескрылые самки. Они более устойчивы к голоданию за счет утилизации мелких недоразвитых эмбрионов [Ward, Dixon, 1982]. Самцы отличаются от других крылатых морф более мелкими размерами, стройным телом и высокой подвижностью. Гиоипары морфологически слабо отличаются от крылатых партеногенетических морф у Aphididae, в основном ограниченным количеством ринарий на антеннах [Dixon, 1998]. Известно, что крылатые фенотипы отличаются от бескрылых также по демографическим показателям [Ogawa et al., 2012]. Например, низкая плодовитость осенних ремигрантов связана с краткостью возможности питания их потомков на первичном хозяине, теряющем листья [Dixon, 1985].

По поведению бескрылые морфы в основном оседлые, хотя их перемещения по растениям имеют важное значение при выборе оптимального места питания и переносе вирусной инфекции. Поведение крылатых тлей при полете сложное и определяется биологическими мотивациями, как и у других фитофагов [Вилкова, 1979]. Крылатые морфы тлей отличаются по облигатности и дальности полета. Весенние эмигранты и осенние ремигранты – это облигатные

мигранты, имеющие “программу” дальнего, в основном пассивного, полета. Крылатые расселительницы летних поколений – это факультативные мигранты, для которых характерен ближний (тривиальный) полет [Robert, 1987]. Поведение мигрантов на дальние расстояния при поиске хозяина включает 4 этапа: взлет, “парящий” полет, “атакующий” полет, поиск места питания на растении [Düring, 2014]. Тривиальный полет чаще происходит в безветренную погоду поблизости от кормовых растений и состоит из тех же этапов, исключая “парящий” полет. Потомство эмигрантов, как правило, не может выжить на материнском растении, поэтому им необходимо переселиться в новую трофическую зону обитания. После длительного полета эмигранты часто попадают на растения без выбора. Готовый к отрождению запас эмбрионов позволяет им оставлять партии личинок для освоения хозяев различной пищевой пригодности, увеличивая вероятность выживания.

Расселительницы, наоборот, мигрируют с кормового растения, где их потомство способно выжить, поэтому они улетают после репродукции на материнском растении [Kidd, Cleaver, 1984]. При полете тли используют ольфакторную и зрительную ориентацию. При контакте с растением – тактильную, в том числе вибрацию тканей и вкусовую. При этом реактивность летящих тлей на растение может не соответствовать ответам тех же тлей при контакте с растением [Webster, 2012]. Самцы и гинопары отличаются по предпочтению кормовых растений от эмигрантов и расселительниц и ориентированы в отличие от них на поиск первичного растения-хозяина [Dixon, 1998]. Особенности летного поведения морф имеют важное значение для их использования в тестах на избирательность хозяев.

Бескрылые и крылатые морфы тлей имеют различия не только в морфологии, поведении, репродуктивных тактиках, но также в составе пади, митохондриальных симбионтах, активности пищеварительных ферментов [Верещагина, 2002; Hertel, Kunkel, 1977; Douglas, Dixon, 1987].

Регуляция формирования крылового аппарата у морф различается [Ogawa, Miura, 2014] и зависит от наличия примордиев крыльев и крыловых мышц при эмбриональном развитии. У основательниц и овипар их нет, поэтому эти морфы всегда бескрылы, несмотря на весенние и осенние изменения температуры и фотопериода. У крылатых самцов и расселительниц, а также бескрылых летних виргинопар, которые произошли вторично от крылатых генотипов, они есть и могут развиваться или нет в ответ на условия окружающей среды.

Последовательность появления и численность морф или их фенотипов у тлей происходит в зависимости от генерации. Поскольку судьба развития различных морф часто определяется пренатально, в особенности, что касается репродуктивного и крылового полифенизма, приобретение живорождения в родословных Aphididae, вероятно, представляет преадаптивную основу для его межгенерационной регуляции [Davis, 2012]. При партеногенезе потомство

нескольких поколений у вивипар всегда развивается внутри эмбрионов матери (псевдоплацентарное живорождение). Питание эмбрионов происходит через материнскую гемолимфу путем ее проникновения через оболочки клеток овариол. Считается, что эти связи определяют передачу информации об окружающих условиях от матери к потомкам до их рождения [Bermingham, Wilkinson, 2009; Ogawa, Miura, 2014]. В результате мониторинга окружающей среды материнского поколения в потомстве основательниц не бывает половых морф, первое потомство крылатых самок редко бывает крылатым, а потомство бескрылых живородящих виргинопар быстро реагирует на условия среды путем рождения крылатых особей [Dixon, 1998].

Молекулярные механизмы, лежащие в основе полифенизма у тлей еще недостаточно изучены, хотя его физиологической основой считаются эндокринные факторы, в частности изменения во времени или уровне секреции ювенильного гормона [Nijhout, 2003].

Смена генераций обеспечивает тлям более полное приспособление популяции в целом к сезонным изменениям условий среды, чем это возможно у видов с большей продолжительностью жизни. У некоторых видов тлей особи (морфы) в генерациях на первичных и вторичных хозяевах настолько сильно стали отличаться в результате филогенетических адаптаций, что их описывали как различные виды и даже относили к различным родам [Blackman, Eastop, 2007].

Первая генерация голоциклических видов представляет собой основательниц. Они более крупные и малоподвижные, отличаются большим количеством овариол в гонадах. Их уровень репродукции может быть в 20 раз выше, чем у других морф [Hille Ris Lambers, 1966], что существенно для выживания первых генераций популяции при усилении пресса энтомофагов. Во втором – третьем поколениях появляются эмигранты, которые перелетают на вторичные хозяева с уже готовыми к отрождению эмбрионами, программа постнатального развития которых была заложена на первичном хозяине [Bermingham, Wilkinson, 2009]. Летние генерации тлей имеют свою специфику морфотипического состава, включающего крылатых и бескрылых виргинопар. Осенние генерации голоциклических видов тлей детерминированы для обополого размножения [Dixon, 1998]. Таким образом, различные генерации тлей, как и входящие в их состав морфы, в течение сезона подвергаются воздействию различных экологических факторов и отличаются разнообразием своего отклика на это воздействие.

Цель работы – на основе обзора исследований других авторов и собственных материалов, полученных примере черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.), охарактеризовать особенности развития клонов, морф и генераций тлей как основы их экологической пластичности и индикации адаптивных процессов в популяциях.

Материалы и методы работы

Объектом исследований служила *Rh. padi* – гетероциклический вид. Ее первичные хозяева – черемуха обыкновенная *Padus avium* Mill. в Европе, черемуха виргинская *P. virginiana* L. и черемуха пенсильванская *P. pensylvanica* Loisel. в Северной Америке. В качестве вторичных хозяев указываются растения 110 видов из 7 семейств. В наибольшем количестве

представлены виды сем. Poaceae, в том числе основные злаковые культуры [Finlay, Luck, 2011].

В течение 2000-2017 гг. нами проводился мониторинг клонального состава *Rh. padi* в районе Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. Для этого использовали эмигрантов различных клонов от 30 одиночных основательниц, изолированных на черемухе до начала репродукции. Сроки выхода личинок из яиц

могут быть растянуты до 2-х недель [Верещагина, Гандрабур, 2016 (6)], поэтому необходимо проверять отсутствие других основательниц в садке. В различные годы репродукция у основательниц начинается 18.04–6.05, редко позже. В опытах развитие тлей в вегетационных условиях происходило при температуре 20–26 °С и естественном фотопериоде.

Кормовые растения опытных тлей произрастали в удаленных друг от друга местах: на территории Павловска, Пушкина, Ботанического сада в Санкт-Петербурге, на территории Карельского перешейка, в Вырице, в Поселке (Гатчинский район). Самки-эмигранты *Rh. padi* обычно появляются в середине мая. К середине июня они, как правило, все мигрируют на вторичные хозяева [Верещагина, Гандрабур, 2016 (6)]. В связи с поздней и холодной весной их лёт может продолжаться до конца июня, как это наблюдалось в 2017 г.

В своих экспериментах до 2012 г. в качестве кормового растения мы использовали яровую мягкую пшеницу [*Triticum aestivum* L. var. *lutescens* (Alef.) Mansf.] с. Ленинградка, далее – с. Ленинградская 6. Клоны размножали в сосудах с 10-ю растениями в каждом. Сосуды накрывали садками из мельничного газа сразу после посева растений. На всходы растения (2 листа) в каждый из 3-х сосудов подсаживали по 1 эмигранту из клона. Сосуды вновь плотно закрывали изоляторами. Заселяли по 30 сосудов (10 клонов) ежедневно с интервалом в 1 день. В течение последующих за заселением 5 дней отмечали расположение тлей в садке и время начала репродукции тлей. Через 14 суток после начала репродукции подсчитывали численность тлей (П₁₄), количество бескрылых и крылатых виргинопар, бескрылых личинок и нимф (личинок будущих крылатых особей). Эти же характеристики использовали во всех опытах. Данные показатели позволяют оценить этологический (число оседлых и мигрантов), онтогенетический (количество личинок и имаго) и морфотипический (количество бескрылых и крылатых) состав потомства.

Период до начала репродукции у летних бескрылых виргинопар по нашим наблюдениям составляет, как правило, не менее 6 дней при температуре 20–25 °С [Верещагина, Гандрабур, 2016 (6)]. Таким образом, через 14 суток начинают репродукцию самки 2-го поколения, достигшие половозрелости в потомстве клона при питании на вторичном хозяине. После окончания этого срока численность колоний может взрывоподобно увеличиться в связи с появлением третьего после исходного поколения тли, и проводить учеты будет сложно. В более ранние сроки первые самки в потомстве эмигрантов еще не успевают в достаточной степени проявить свои способности к репродукции, в том числе и крылатых потомков.

Результаты и обсуждение

В природных условиях или при проведении опытов в помещениях эмигранты *Rh. padi*, не начинают питаться без дальнего (мигрирующего) полета, что затрудняет их использование в опытах по выбору хозяина. В условиях ограниченного пространства садка и при отборе эмигрантов, питающихся на первичном хозяине (до начала полета) нами было выявлено 4 типа поведения эмигрантов, пересаженных на вторичного хозяина. Первый тип: самки в течение суток начинают питаться и не мигрируют (вероятно, мотивация миграции еще не сформировалась). Если мотивация миграции уже возникла, то самки показывают 3 типа поведения: 2) быстро начинают питаться, отрождают 1–8 личинок, мигрируют в верхнюю часть садка и погибают; 3) летят вверх и сидят на садке и погибают; 4) летят вверх, но через некоторое время, не более 4-х суток, совершая повторные полеты, приземляются на всходы, питаются и отрождают личинок. Таким образом, в «нестандартных» условиях эмигранты проявили типы поведения, свойствен-

ные и другим морфам: оседлость, необходимость длительных или кратких миграций. Изучение численности и состава колоний 3-х морф из 10 клонов *Rh. padi* было приурочено к срокам их доминирования на посевах яровых зерновых культур. Для эмигрантов это третья декада мая – начало июня (1–2 генерации на злаках), для бескрылых виргинопар – июнь (3–4 генерации на злаках), для крылатых виргинопар (5–6 генерации на злаках) – конец июня – июль. Всходы пшеницы с. Ленинградская 6 ежедневно заселяли тлями из 3–4 опытных клонов (n=10) аналогично для всех морф. Отбор эмигрантов с черемухи и характеристику их потомства проводили, как указывалось выше. Для дальнейших опытов были созданы резервные сосуды с клонами. В начале июня из них отбирали по 4 бескрылых самки тли каждого клона и пересаживали их в отдельные изолированные сосуды. Через сутки самок удаляли. Спустя 5 дней, в другие сосуды с растениями пересаживали по 1 особи (n=10) из потомства самок в каждом клоне. Определение численности и состава потомства крылатых виргинопар проводили, как указывалось выше. В последнем варианте заселение растений производили нимфами одного возраста. Было проведено сравнительное изучение численности и состава потомства у одной и той же морфы (эмигрантов) различных генераций и клонов *Rh. padi* по той же схеме. Эмигрантов (5 клонов) для опыта отбирали из изолированных колоний в начальный и конечный периоды появления этой морфы: из 2-й и 4-й генераций тлей на черемухе.

При изучении развития 3-х морф (эмигрантов, бескрылых и крылатых виргинопар) из 2-х клонов *Rh. padi* при питании на всходах яровой мягкой пшеницы с. Ленинградская 6 (благоприятный для развития тли хозяин) и с. Дельфи 400 [var. *delfi* (Koern.) Mansf.] (неблагоприятный хозяин) из различных генераций в течение вегетационного периода пшеницы использовали вышеизложенные приемы. В опытах оценивали продолжительность периода от рождения до начала репродукции у крылатых и бескрылых виргинопар (n=20). Варианты опытов при воспитании обоих клонов на обоих образцах пшеницы проводили синхронно при сходных условиях выращивания.

На протяжении всех опытов необходимо следить, чтобы листья растений не касались садка, так как представители сем. *Sirphidae* и сем. *Cecidomyiidae* и др., привлеченные падью тлей на садке, могут отложить яйца, проникая яйцекладом, через ячейки ткани садка. Другую опасность представляют роющие осы, которые проникают в сосуд с растениями через отверстия в дне, откладывают яйца в землю, молодые имаго попадают в садок и поедают тлей. Результаты опытов были обработаны по программе Statistica. Метеорологические данные предоставлены АГМО ВИР.

ные и другим морфам: оседлость, необходимость длительных или кратких миграций.

Нами было отмечено 54.0–74.5% эмигрантов первого типа, 3.0–4.6% – второго типа, 5.0–8.2% третьего типа и 12.0–35.0% четвертого типа [Верещагина, Верещагин, 2013]. На протяжении всех лет исследований мы наблюдали такие типы поведения эмигрантов. В связи с этим для получения сравнимых данных по численности потомства эмигрантов необходим контроль начала питания и репродукции самок.

Во второй части работы будут представлены некоторые методические подходы и дальнейшие результаты исследований, полученные авторами при работе с тлями в модельных опытах в вегетационных условиях, где можно ограничить или контролировать воздействие экзогенных факторов и детализировать реакции отклика различных клонов, морф и генераций.

Библиографический список (References)

- Афонин А.А. Основы цитологии. Учебное пособие. [Электронный ресурс] URL: https://allbest.ru/otherreferats/biology/00355847_4.html (дата обращения 7.04.18)
- Васильев А.Г. Быстрые эпигенетические перестройки популяций как один из вероятных механизмов глобального биоэкологического кризиса / А.Г. Васильев // Биосфера, 2009. Т. 1. N 2. С. 166–177.
- Верещагина А.Б. Эколого-физиологические особенности цикловых форм северной популяции черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) / А.Б. Верещагина // XII Съезд РЭО.- Санкт-Петербург, 19–24 августа 2002 г. Тезисы докладов, Санкт-Петербург: РЭО, ЗИН, 2002. С. 59.
- Верещагина А.Б. Изменчивость параметров развития клонов черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) в течение жизненного цикла как генотипическая адаптация данного вида / А.Б. Верещагина, Е.С. Гандрабур // Энтомологическое обозрение, 2016 а. XCV(4). С. 729–747.
- Верещагина А.Б. Развитие черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphidoidea) при питании на образцах черемухи с различными сроками вегетации и морфо-физиологическими характеристиками на Северо-Западе РФ / А.Б. Верещагина, Е.С. Гандрабур // Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы. Материалы Международной конф., посвященной 70-летию Центрального сибирского ботанического сада (Новосибирск, 1–8 августа 2016). Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 2016 (6). 354 с. С. 50–53.
- Вилкова Н.А. Иммунитет растений к вредителям и его связь с пищевой специализацией насекомых-фитофагов / Н.А. Вилкова // Чтения памяти Н.А. Холодковского, 11 апреля 1978 г. Ленинград: Наука, 1979. Т. 31. С. 68–103.
- Заславский В.А. Кинетика фотопериодических реакций, контролирующей пол и морфу самки у тли *Megoura viciae* Buckt. (Homoptera, Aphididae) / В.А. Заславский, Т.С. Кац // Доклады АН СССР, 1986. Т. 291, N 3. С. 751–753.
- Павлюшин В.А. Методические рекомендации по индикации и мониторингу процессов адаптации колорадского жука к генетически модифицированным сортам картофеля / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, С.Р. Фасулати, В.Д. Надыкта, В.Я. Исмаилов, И.Н. Яковлева // Санкт-Петербург: ВИЗР, ВНИИБЗР, ВНИИФ, 2005. 48 с.
- Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И., Фасулати С.Р. // Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем. СПб: НППЛ «Родные просторы», 2013. 184 с.
- Поляков И.Я. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений / И.Я. Поляков, М.М. Левитин, В.И. Танский // Москва: Колос, 1995. 208 с.
- Шапошников Г.Х. Популяция, вид, род, как живые системы и их структура у тлей / Г.Х. Шапошников // В кн.: Теоретические вопросы систематики и филогении у животных. Л.: Наука, 1974. С. 106–173.
- Шапошников Г.Х. Образование комплексов близких форм и их изучение у тлей (Homoptera: Aphididae) / Г.Х. Шапошников // Зоол. Журн., 1987. Т. 66. Вып. 8. С. 1196–1208.
- Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции / С.С. Шварц // М.: Наука, 1980. 279 с.
- Bermingham J. Embryo nutrition in parthenogenetic viviparous aphids / J. Bermingham, T.L. Wilkinson // Physiological Entomology, 2009. V. 34. P. 103–109.
- Blackman R.L. Reproduction, Cytogenetics and Development / R.L. Blackman, A.K. Minks, P. Harrewijn (Eds.) // Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control. Amsterdam: Elsevier, 1987. Vol. A. P. 163–195.
- Blackman R.L. Taxonomic Issues. In: «Aphids as Crop Pests» / R.L. Blackman, V.F. Estop; Ed. H.F. van Emden and R. Harrington // CABI, 2007. 717 p. P. 1–30.
- Brisson J.A. Aphid wing dimorphisms: linking environmental and genetic control of trait variation / J.A. Brisson // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biol. Sci., 2010. B 365. P. 605–616.
- Davis G.K. Cyclical parthenogenesis and viviparity in aphids as evolutionary novelties / G. K. Davis // J. Exp. Zool. B Mol. Dev. Evol., 2012. N 318. P. 448–459.
- Dixon A.F.G. Structure of Aphid Populations / A.F.G. Dixon // Ann. Rev. Entomol., 1985. V. 30. P. 155–174.
- Dixon A.F.G. Aphid Ecology / A.F.G. Dixon // 2nd edn. Chapman and Hall, London, 1998. 300 p.
- Douglas A.E. The mycetocyte symbiosis in aphids: variation with age and morph in virginoparae of *Megoura viciae* and *Acyrtosiphon pisum* / A.E. Douglas, A.F.G. Dixon // J. Insect Physiol., 1987. V. 33. P. 109–113.
- Düring T.F. Now aphids find their host plants, and how they don't / T.F. Düring // Ann. Appl. Biol., 2014. N 165. P. 3–26.
- Finlay K.J. Response of the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) to climate change in relation to its pest status, vectoring potential and function in crop-vector-virus pathosystem / K.J. Finlay, J.E. Luck // Agriculture, Ecosystems and Environment, 2011. V. 144. P. 405–421.
- Glinwood R.T. Host choice and host leaving in *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae) emigrants and repellency of aphid colonies on the winter host / R.T. Glinwood, J. Petterson // Bulletin of Entomological Research, 2000. V. 90. P. 57–61.
- Hertel R. Einige Faktoren, welche die Honigtauzusammensetzung natürlich wie auch holidisch ernährter Aphidenlarven beeinflussen / R. Hertel, H. Kunkel // Apidologie, 1977. 8 (4). P. 427–436.
- Hille Ris Lambers D. Polymorphism in Aphididae / D. Hille Ris Lambers // Annual Review of Entomology, 1966. V. 11. P. 47–78.
- Ishikawa A. Morphological differences between wing morphs of two *Macrosiphini* aphid species, *Acyrtosiphon pisum* and *Megoura crassicauda* (Hemiptera, Aphididae) / Ishikawa A., Miura T. // Sociobiology, 2007. V. 50. P. 881–893.
- Kidd N.A.C. The relationship between pre-flight reproduction and migratory urge in alatae of *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) / N.A.C. Kidd, A.M. Cleaver // Bull. Entomol. Res., 1984. Vol. 74. N 3. P. 517–527.
- Loxdale H.D. Population Genetic Issues: The Unfolding Story Using Molecular Markers / H.D. Loxdale, G. Lushai. In: «Aphids as Crop Pests». Ed. H.F. van Emden and R. Harrington // CABI, 2007. 717 p. P. 31–67.
- Nijhout H.F. Development and evolution of adaptive polyphenisms / H. F. Nijhout // Evol. Dev., 2003. N 5. P. 9–18.
- Ogawa K. Aphid polyphenisms: trans-generational developmental regulation through viviparity / K. Ogawa, T. Miura // Front. Physiol., 2014. V. 5. N 1. Published online 2014 Jan 24. Prepublished online 2013 Dec 10.
- Ogawa K. Male-specific flight apparatus development in *Acyrtosiphon pisum* (Aphididae, Hemiptera, Insecta): comparison with female wing polyphenism / K. Ogawa, A. Ishikawa, T. Kanbe, S. Akimoto, T. Miura // Zoomorphology, 2012. N 131. P. 197–207.
- Robert Y. Aphids and Their Environment. Dispersion and Migration / Y. Robert // Aphids Biol. Natur. Enemies and Contr. Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1987. Vol. A. P. 299–313.
- Shaposhnikov G.Ch. Evolution of Aphids in Relation to Evolution of Plants / G.Ch. Shaposhnikov // In book: Aphids, Their Biol. Natur. Enemies and Contr., 1987. V.A. P. 409–414.
- Smith C.M. Plant resistance to aphid feeding: behavioral, genetic and molecular cues regulate aphid host selection and feeding / C.M. Smith, Wen-Po. Chuang // Pest management science, 2014. V. 70. N 4. P. 528–540.
- Stern D.L. The evolution of soldiers in aphids / D.L. Stern, W.A. Foster // Biol. Rev. Camb. Philos. Soc., 1996. V. 71. P. 27–79.
- Vereschagina Alla Polymorphism and Damage of Aphids / Alla Vereschagina, Elena Gandrabur // International journal of Biology, 2014. Vol. 6. N 4. P. 124–138.
- Vereschagina A.B. Influences of crowding and host-plant on development of winged and apterous aphids / A.B. Vereschagina, G.Ch. Shaposhnikov // Aphids in natural and managed ecosystems: Proc V Int. Symp. on Aphids (Nafria J.M.N., Dixon A.F.G. ed.) Sept. 15–19. 1997. Leon: Universidad de Leon, 1998. P. 642–645.
- Ward S.A. Selective resorption of Aphid embryos and habitat changes relative to life-span / S.A. Ward, A.F.G. Dixon // J. Anim. Ecol., 1982. Vol. 51. P. 859–864.
- Ward S.A. Mortality during dispersal and the costs of host-specificity in parasites: how many aphids find hosts? / S.A. Ward, S.R. Leather, J. Pickup and R. Harrington // Journal of Animal Ecology, 1998. V. 67P. 763–773.
- Webster B. The role of olfaction in aphid host location / B. Webster // Physiol. Ent., 2012. V. 37. P. 10–18.
- Williams J.S. Life Cycles and Polymorphism / J.S. Williams, A.F.G. Dixon // In: «Aphids as Crop Pests». Ed. H.F. van Emden and R. Harrington. CABI, 2007. 717 p. P. 69–85.

Translation of Russian References

- Afonin A.A. Grounds of cytology. Handbook. [Elektronnyy resurs] URL: https://allbest.ru/otherreferats/biology/00355847_4.html (accessed 7.04.18)
- Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R., Nadykta V.D., Ismailov V.Ya., Yakovleva I.N. Methodical recommendations on the indication and monitoring of the adaptation processes of the Colorado

- potato beetle to genetically modified potato varieties. St. Petersburg: VIZR, VNIIBZR, VNIIF, 2005. 48 p. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I., Fasulati S.R. Phytosanitary destabilization of agroecosystems. St. Peterburg: NPPL «Rodnyye prostory», 2013. 184 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya., Levitin M.M., Tanskiy V.I. Phytosanitary diagnostics in integrated plant protection. Moscow: Kolos, 1995. 208 p. (In Russian).
- Schwartz S.S. Ecological patterns of evolution. Moscow: Nauka, 1980. 279 p. (In Russian).
- Shaposhnikov G.Ch. Formation of complexes of similar forms and their study in aphids (Homoptera: Aphididae). Zoologicheskii zhurnal, 1987. V. 66. N 8. P. 1196–1208. (In Russian).
- Shaposhnikov G.Ch. Population, species, genus, as living systems and their structure in aphids. In: Teoreticheskiye voprosy sistematiki i filogenii u zhivotnykh. Leningrad: Nauka, 1974. P. 106–173. (In Russian).
- Vasiliev A.G. Rapid epigenetic rearrangements of populations as one of the likely mechanisms of the global biocenotic crisis. Biosfera, 2009. T.1. N 2. P. 166–177. (In Russian).
- Vereshchagina A.B. Ecological and physiological particulars of the life cycle morphs in north population of bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae). Mat. XII s'yezda REO. St. Petersburg. 19–24 avg. 2002. Tez. dokl. St. Petersburg, 2002. P. 59. (In Russian).
- Vereshchagina A.B., Gandrabur E. S. Variability clones development parameters of bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) during life cycle as genotypic adaptations of this species. Entomologicheskoe obozreniye, 2016 (a). V. 45. N 4. P. 729–747. (In Russian).
- Vereshchagina A.B., Gandrabur E.S. Development of the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) during feeding on the bird cherry with different periods of vegetation and morpho-physiological characteristics in the North-West of Russia. In: «Sokhraneniye raznoobraziya rastitel'nogo mira v botanicheskikh sadakh: traditsii, sovremennost', perspektivy». Mat. Mezhd. konf., posvyashchennoy 70-let. TSSBS SO RAN. Novosibirsk, 1–8 avg. 2016. Novosibirsk: TSSBS SO RAN, 2016 (b). P. 50–53. (In Russian).
- Vilkova N.A. Plant immunity to pests and its connection with the trophic specialization of phytophagous insects. Chteniya pamyati N.A. Kholodkovskogo 11 apr. 1978 g. Leningrad: Nauka, 1979. V. 31. P. 68–103. (In Russian).
- Zaslavsky V.A., Katz T.S. Kinetics of photoperiodic reactions controlling sex and morph of female in aphid *Megoura viciae* Buckt. (Homoptera, Aphididae). Dokl. AN SSSR, 1986. V. 291. N 3. P. 751–753. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 18–23

FORMATION OF POPULATION STRUCTURE IN APHIDS AND METHODS OF ITS ESTIMATION USING THE EXAMPLE OF *RHOPALOSIPHUM PADI* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) (PART 1)

E.S. Gandrabur, A.B. Vereshchagina

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

The text of the article is presented in 2 parts. In the first part the article provides a brief overview of clonal diversity, reproductive and wing polymorphisms and environmental polyphenisms, specificity of their development and role in reproduction success of aphid clones. The aim of the work, characteristics of the main object *Rhopalosiphum padi* (L.), or bird cherry-oat aphid and the research methodology are indicated.

Keywords: life cycle, clone, polymorphism, polyphenism, parthenogenesis, behavior, flight.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
*Гандрабур Елена Сергеевна. Аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: helenagandrabur@gmail.com
Верецагина Алла Борисовна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук

* Ответственный за переписку

Information about the authors

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

* Corresponding author

УДК 632.95

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ХИЩНОГО КЛЕЩА *PHYTOSEIULUS PERSIMILIS* А.–Н. В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕПЛИЦ

Е.Г. Козлова¹, А.И. Анисимов², В.В. Моор³

¹Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург

³ООО «Агролидер»

Производственные испытания, проведенные в теплицах хозяйств Ленинградской области – ООО «Круглый Год» на культуре огурца сорта «Мева» и ООО «Агролидер» на розах сорта «Red Naomi», показали высокую эффективность популяции хищного клеща фитосейулюса, используемой в тепличных хозяйствах Египта («Египетской»). Снижение численности паутинного клеща в очагах вредителя, с сильной заселенностью огурца, происходит в 1.7 раза быстрее при использовании «Египетской» популяции хищного клеща, чем при использовании фитосейулюса, другой популяции (эталон). Биологическая эффективность с поправкой на эталон на 16-й день после выпуска фитосейулюса составила 99.9%. С помощью «Египетской» популяции на розах снижение плотности паутинного клеща ниже 1 балла достигается

гораздо раньше и с меньшими затратами, чем при использовании эталона. Норма внесения акарифага при использовании «Египетской» популяции может быть на огурце в 3 раза, а на розе в 2 раза меньшая, чем при использовании фитосейулюса других испытанных популяций.

Ключевые слова: *Phytoseiulus persimilis* А.–Н., разные популяции, паутинный клещ, огурец, розы, биологическая эффективность, норма внесения.

Возделывание огурца, розы и ряда других овощных, цветочных и декоративных культур в условиях защищённого грунта практически невозможно без постоянной борьбы с паутинным клещом.

Применение биологических средств безопасно экологически, позволяет получать высококачественную продукцию и улучшать санитарно-гигиенические условия труда.

Одним из путей интенсификации биометода, имеющем большие перспективы, является селекция полезных членистоногих по признакам, повышающим эффективность энтомофагов в борьбе с вредителями растений. [Анисимов, 1986; Анисимов, Козлова, 1999; Козлова, 2000; Белякова и др., 2004]. Это справедливо, в частности, и в отношении хищных клещей [Ворошилов, 1979 а,б; Зверева, 1990; Анисимов, Максимова, 2007 б, 2010, 2012 б; Anisimov, 2016].

Успех селекционного улучшения биологических характеристик энтомофагов в значительной степени зависит от первоначальных свойств исходной популяции, ее структуры, которая сложилась исторически и в значительной степени обуславливает ее дальнейшую судьбу [Laing, 1968; Рокитский и др., 1977; Stearns, 1992]. Поэтому оценка исходных популяций как природных, так и лабораторных по интересующим селекционера признакам является первым этапом селекционного улучшения.

Для хищного клеща фитосейулюса был уже получены первые положительные результаты по выделению линий, устойчивых к повышенным температурам [Анисимов, Максимова, 2007 а,б; 2010; 2012 а,б; Шитов и др., 2013], когда исходным материалом служила популяция хищного клеща фитосейулюса из Государственной коллекции организмов - продуцентов биологических средств защиты растений ВНИИ защиты растений [Белякова, 2018], разводимой в лаборатории биологической защиты растений ВНИИ защиты растений (ВИЗР) более 30 лет. Эта популяция используется в качестве маточной культуры для тепличных

хозяйств Санкт-Петербурга, Ленинградской области и некоторых других регионов РФ (популяция «ВИЗР»).

В настоящее время тепличные хозяйства в нашей стране нередко продолжают использовать популяции этого хищного клеща, разводимые в течение 20–30 лет в биолaborаториях самих предприятий. Так же в последние годы закупаются энтомофаги, и в частности фитосейулюс у зарубежных фирм-производителей, таких как: Корперт, Biobee, Biobest, Syngenta. Кроме того, хозяйства практикуют обмен культурами акарифага, как отечественными, так и зарубежными, между собой, что приводит к гибридизации. В такой ситуации, из-за отсутствия четкого контроля условий содержания и качества хищного клеща, значительно снижается его эффективность. Поэтому вопрос о селекции акарифага, в соответствии с хозяйственными требованиями стоит достаточно остро.

В 2015 году была получена выборка из популяции фитосейулюса из тепличных хозяйствах Египта (условное название «Египетская»). Ее первичная оценка показала ряд особенностей поведения и размножения хищных клещей. В частности, клещи этой популяции активно ищут жертву на верхней стороне листа растения, в то время как фитосейулюс из популяции «ВИЗР» предпочитает в большей степени обитать на нижней стороне листа. Скорость роста «Египетской» популяции достоверно выше, чем у популяции ВИЗР, что связано с продолжительностью развития эмбрионов и временем перед откладкой яиц нового поколения [Козлова и др., 2017]. Эти характеристики делают «Египетскую» популяцию весьма перспективной для применения в борьбе с паутинным клещом в защищенном грунте. В задачи данного исследования входило проведение сравнения эффективности «Египетской» популяции с эффективностью других популяций отечественного и зарубежного происхождения, при защите культур закрытого грунта от паутинного клеща для оценки перспективности дальнейшего ее селекционного улучшения.

Материалы и методы

Объектом исследований служил хищный клещ фитосейулюс – *Phytoseiulus persimilis* А.–Н. (Acarina, Parasitiformes, Phytoseiidae) «Египетской» популяции, собранная в защищенном грунте на сладком перце в пригороде города Александрии.

Для сравнения использовали 2 популяции: одна – популяция «ВИЗР», другая была приобретена в ООО «НКЦ Флора» (популяция «Флора»).

Для выкармливания фитосейулюса использовали обыкновенного паутинного клеща – *Tetranychus urticae* Koch. Паутинного клеща разводили на растениях фасоли разных сортов.

На культуре огурца сравнительные испытания «Египетской» популяции фитосейулюса проводили в производственных условиях в теплицах ООО «Круглый Год» (сорт «Мева»).

Эффективность оценивали в нескольких очагах с высокой плотностью паутинного клеща, появившихся в теплицах ООО «Круглый Год» в начале лета. Для сравнения был использован фитосейулюс популяции «Флора». Учеты проводили на 5-ти модельных растениях, обследуя по 3 листа на каждом. Хищных клещей выпускали исходя из нормы 30 особей на лист растения.

На культуре розы (сорт Red Naomi) производственные испытания эффективности «Египетской» популяции проводили в блочных стеклянных теплицах ООО «Агролидер» площадью 45000 м² (пос. “Пушное”, Ленинградская область).

Для оценки эффективности разных популяций фитосейулюса в борьбе с паутинным клещом на розах, в теплице были выделены 2 отсека, разделенные территориально, каждый по 608 м² (по 4 спаренных ряда роз). В одном отсеке выпускали фитосейулюса «Египетской» популяции, в другом – популяции «ВИЗР». Каждый отсек был разбит на участки (площадь 8.02 м²), представленные спаренными рядами роз длиной 3.95 м. Обследования проводили раз в 10–14 дней путем визуального осмотра растений на участке и оценке их заселенности паутинным клещом. Оценивали распределение паутинного клеща по теплице, а так же его плотность на защищаемой площади по 6 – балльной системе.

0-й балл – паутинный клещ не встречается.

1-й балл – встречаются единичные особи паутинного клеща на пригубке или на листьях возле короны.

2-й балл – клещ находится выше короны, перемещается в средний и верхний ярус, но еще не доходит до бутона.

3-й балл – появление первых клещей на бутоне и появление на нем паутины.

4-й балл – паутиной оплетено более 50% листьев. Усыхание растений. Появление «шапок» из паутины на бутонах.

5-й балл – полное отмирание и опадение листьев растения. На растении тысячи клещей.

В каждом отсеке при первом выпуске фитосейулюса каждой популяции норма расхода составила 20 особей на 1 м². Выпуски проводили после проведения обследований в очаги паутинного клеща еженедельно до тех пор, пока не достигали снижения численности вредителя на участке до уровня 1 балла. При повторных возрастаниях уровня заселенности роз паутинным клещом выпуски возобновляли.

Все опыты проводили в производственных теплицах, построенных по зарубежным технологиям с применением самого со-

временного оборудования, регулирующего микроклимат, имеют системы капельного орошения, искусственного освещения и автоматического зашторивания. Растения выращивали методом малообъемной гидропоники, используя в качестве субстрата минеральную вату «Гродан».

Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента. Расчёт биологической эффективности проводили по формуле Хендерсона и Тилтона [Püntener, 1981]: $\mathcal{E} = 100 \times (1 - \text{ОпКд} / \text{ОдКп})$, где \mathcal{E} – эффективность, выраженная процентом снижения численности вредителя с поправкой на эталон, которым служил вариант с использованием хищного клеща другой популяции; Од – число живых особей вредителя в начале учетов в опыте; Оп – число живых особей вредителя по последующим датам учета в опыте; Кд – число живых особей в эталоне в предварительном учёте; Кп – число живых особей в эталоне в последующие учёты.

Результаты и обсуждение

Оценка эффективности «Египетской» популяций фитосейулюса на культуре огурца

На культуре огурца первый учет вредителя был проведен 6 июня, непосредственно перед выпуском фитосейулюса. Среднее соотношение хищника и жертвы в очагах, где выпускали фитосейулюса «Египетской» популяции составило 1:14, а при выпуске популяции «Флора» – 1:12. Эти соотношения приближены к рекомендованному для производства соотношению 1:10, но для «Египетской» популяции отклонение в минус сторону было больше.

Через 5 дней после внесения акарифагов был следующий учет. Как видно рисунка 1, в обоих вариантах наблюдался рост численности паутинного клеща, плотность которого увеличилась в 2. Численность хищных клещей также значительно увеличилась, но в варианте с «Египетской» популяцией в 6 раз, а в варианте с популяцией «Флора», всего в 1.5 раза. Плотность фитосейулюса на листе в варианте с «Египетским» фитосейулюсом стала в 3 раза выше, чем в варианте с популяцией «Флора». В связи с этим в варианте с популяцией «Флора» был проведен дополнительный выпуск акарифага в той же норме, что и в 1-й раз (30 особей на лист). Несмотря на это, в варианте с «Египетской» популяцией на 9-й день после начала эксперимента наблюдалось снижение численности паутинного клеща, в то время как в другом варианте его плотность увеличилась в 2.5 раза от первоначальной.

При этом плотность хищных клещей продолжала увеличиваться в обоих вариантах (рис. 2). В период с 5-го по 9-й день она росла примерно одинаково, а за следующие 3 дня в варианте с «Египетским» фитосейулюсом рост численности хищника проходил гораздо интенсивнее. Кроме того, на 9-й день в обоих вариантах сложилось благоприятное соотношение хищник : жертва однако в варианте с «Египетским» фитосейулюсом соотношение в 2.3 раза лучше, чем в варианте с местным.

В связи с более быстрым ростом численности хищника в варианте с «Египетской» популяцией, на 12 день наблюдалось снижение численности паутинного клеща более чем в 3 раза по сравнению с первоначальной, а на 16 день вредитель был практически уничтожен. Его плотность составляла в среднем всего 0.4 особи на лист.

При использовании фитосейулюса популяции «Флора», на 12-й день несмотря на небольшое снижение численности вредителя и рост численности хищника, плот-

ность паутинного клеща оставалось очень высокой, более чем в 2 раза выше первоначальной. В связи с этим был проведен второй дополнительный выпуск акарифага в этом варианте. Однако даже на 21 день наблюдений несмотря на очень высокое соотношение хищник: жертва

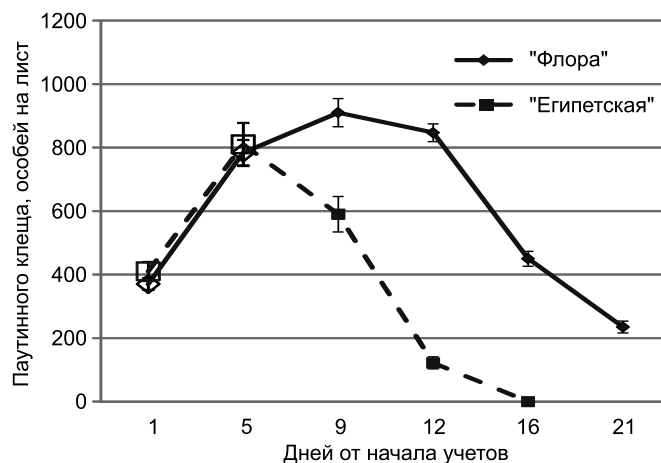


Рисунок 1. Динамика плотности паутинного клеща на листьях огурца при выпуске фитосейулюса из разных популяций (планками погрешности обозначены доверительные интервалы для вероятности 0.95; заливкой обозначены достоверно различающиеся значения на день учета, $p < 0.001$ по t-критерию Стьюдента)

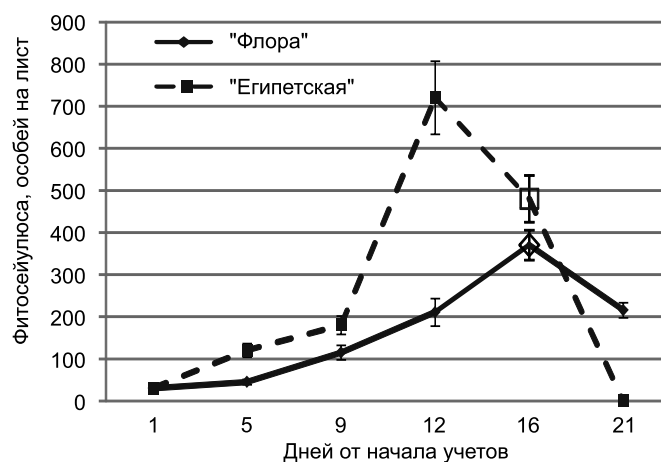


Рисунок 2. Динамика плотности фитосейулюса на листьях огурца при выпуске хищных клещей из разных популяций (обозначения как на рисунке 1)

(1:1.09) численность паутинного клеща в этом варианте снизилась всего в 1.6 раза относительно первоначальной.

Таблица 1. Соотношение хищника и жертвы и биологическая эффективность популяции из Египта относительно эталона

Дни учета	Хищник:жертва		Биологическая эффективность
	«Египетская» популяция	Популяция «Флора»	
1	–	–	
5	1: 6.72	1:17.53	6.76
9	1:3.27	1:7.93	41.49
12	1: 0.17	1:4.03	87.00
16	1: 0.00	1:1.21	99.92
21	–	1:1.09	100

В целом наблюдения показали, что снижение численности паутинного клеща и уничтожение очагов вредителя с сильной заселенностью происходит быстрее (примерно в 1.7 раза) при использовании «Египетской» популяции, при норме внесения хищника в 3 раза меньшей, чем на фоне выпуска хищника из популяции «Флора». Биологическая эффективность «Египетской» популяции относительно эталона на 12-е сутки достигает 87%, а на 16-е – 99.9% (табл. 1). Поэтому, в целом, «Египетская» популяция является перспективной для применения при интенсивных технологиях выращивания огурца в условиях современных теплиц, что подтверждается актом испытаний.

Производственные испытания «Египетской» популяций фитосейулюса на культуре розы

Эксперименты по сравнительной оценке эффективности 2-х популяций хищного клеща фитосейулюса проводили в середине декабря 2015 года до середины ноября 2016 года. Первый выпуск фитосейулюса каждой из 2-х популяций был проведен 16.12.2016 г. при норме расхода 20 особей на 1 м². Последующие выпуски проводили с частотой 1 раз в 2–3 недели (иногда реже), ориентируясь на необходимость снизить заселенность культуры розы

Таблица 2. Даты и объем выпусков хищного клеща фитосейулюса из двух разных популяций в производственных теплицах ООО «Агролидер» для борьбы с паутинным клещом на культуре розы

Даты выпусков	Выпущено фитосейулюса, особей		Соотношение «Египетские» : «ВИЗР»
	Популяция «ВИЗР» на 1 м ²	«Египетская» популяция на 1 м ²	
16.12.15	19.74	19.74	1 : 1
30.12.15	26.32	8.22	1 : 3.2
22.03.16	19.74	8.22	1 : 2.4
01.04.16	9.87	11.51	1 : 0.86
14.04.16	9.87	8.22	1 : 1.2
25.04.16	9.87	8.22	1 : 1.2
12.05.16	9.87	8.22	1 : 1.2
20.05.16	13.16	9.87	1 : 1.3
15.06.16	13.16	0	–
01.09.16	13.16	0	–
06.10.16	39.47	8.22	1 : 4.8
03.11.16	26.32	8.22	1 : 3.2
Всего	210.53	98.68	1 : 2.13

паутинным клещом до 1 балла и ниже. График проведенных выпусков фитосейулюса и их объем представлены в таблице 2, а усредненные результаты оценок заселенности роз паутинным клещом на рисунке 3.

Из представленных материалов (рис. 3) видно, что хищный клещ из «Египетской» популяции гораздо лучше проявил себя в борьбе с паутинным клещом на розах. Уже через месяц после начала эксперимента в отсеке, где выпускали «Египетскую» популяцию, поставленная задача была достигнута. Средняя заселенность роз снизилась до 0.95 балла, тогда как в другом опытном отсеке, где выпускали фитосейулюса, из популяции «ВИЗР», она оставалась высокой (2.44 балла), несмотря на то, что в этот отсек было выпущено в 1.64 раза больше фитосейулюса.

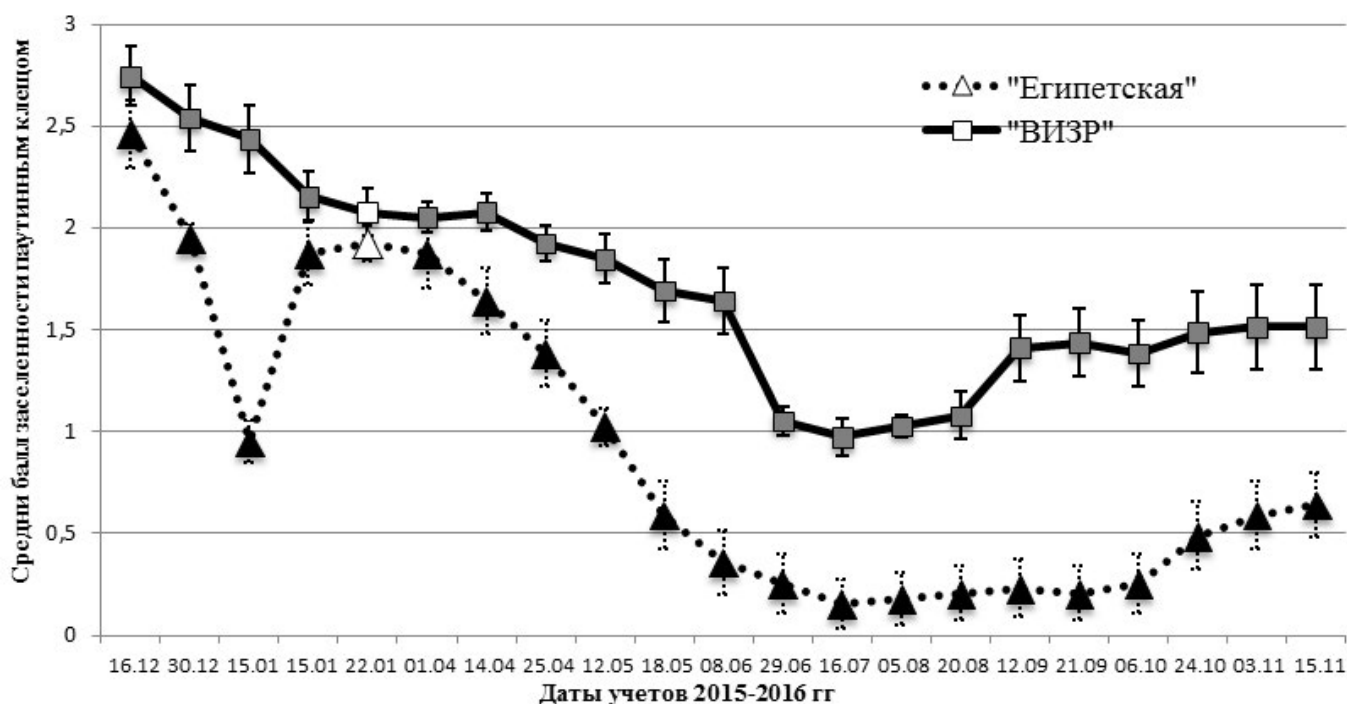


Рисунок 3. Динамика заселенности розы сорта «Red Naomi» паутинным клещом при выпусках хищного клеща фитосейулюса из двух разных популяций (теплица ООО «Агролидер», Ленинградская область; обозначения как на рисунке 1)

В период от конца декабря, до конца марта выпуски фитосейулюса не проводили (табл. 3), и заселенность роз паутинным клещом в отсеке с «Египетской» популяцией существенно возросла, почти сравнялась с таковой во втором отсеке. Возможно, это связано с большей холодоустойчивостью «Египетского» фитосейулюса (в январе – феврале температура воздуха часто понижалась до +20 °С и ниже).

Начаты в конце марта выпуски хищных клещей привели к довольно быстрому улучшению ситуации в отсеке, где применяли «Египетскую» популяцию. Уже к концу апреля средняя заселенность роз паутинным клещом снизилась до уровня менее одного балла, а к концу июня стала ниже 0.5-ти балла. Это позволило в период с конца мая до начала октября в этом отсеке хищных клещей не выпускать.

Выпуски фитосейулюса, из популяции «ВИЗР» предотвратили рост численности паутинных клещей на розах и даже привели к снижению их заселенности вредителем. Однако, в этом отсеке снижение плотности вредителя происходило гораздо медленнее, чем в отсеке, с «Египетским» фитосейулюсом.

Желательного уровня заселенности роз паутинным клещом до конца июня достичь не удалось. Лишь очередной дополнительный выпуск хищного клеща, проведенный в середине июня в норме расхода 13.2 особи фитосейулюса на 1 м², позволил снизить заселенность роз вредителем до

уровня, близкого к 1 баллу. Такой уровень заселенности роз паутинным клещом продержался в этом отсеке до 3-ей декады августа, а потом стал вновь увеличиваться (рис. 3), несмотря на дополнительные выпуски хищного клеща с очень высокой нормой расхода (табл. 2).

По результатам этого эксперимента можно заключить, что хищный клещ фитосейулюс, из «Египетской» популяции, справился с подавлением паутинного клеща на розах гораздо лучше, чем фитосейулюс из популяции «ВИЗР». Применение «Египетского» фитосейулюса дает гораздо больший биологический и экономический эффект (за 11 месяцев на приобретение «Египетского» фитосейулюса затрачено в 2.1 раза меньше средств), о чем составлен акт испытаний.

Представленные материалы наглядно демонстрируют, что фитосейулюс из «Египетской» популяции более эффективен при использовании на розе и огурце, чем фитосейулюс других популяций. При использовании этой популяции подавление паутинного клеща в очагах происходит значительно (в 1.7 раза) быстрее, а количество внесенного хищника в 2–3 раза меньше, что, очевидно, связано с биологическими особенностями этой популяции. Такие результаты можно объяснить особыми качествами «Египетской», в частности, скоростью ее развития. В целом можно заключить, что исследуемая популяция перспективна для дальнейшего изучения и селекционного улучшения по хозяйственно важным признакам

Библиографический список (References)

- Анисимов А.И. Необходимость и возможность реадaptации лабораторных популяций насекомых к естественным условиям обитания / А.И. Анисимов // Промышленное разведение насекомых – тез. докл. I-ой Всесоюз. конф., М.: МГУ, 1986. С. 7.
- Анисимов А.И. Перспективы селекции энтомофагов / А.И. Анисимов, Е.Г. Козлова // Ж. «Гавриш». 1999, N 1. С. 20–22.
- Анисимов А.И. Оценка прожорливости хищного клеща фитосейулюса, селективного на устойчивость к повышенной температуре / А.И. Анисимов, Л.Г. Максимова // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Сб. науч. труд.: СПбГАУ. 2007 а. Часть I. С. 151–157.
- Анисимов А.И. Массовая селекция хищного клеща *Phytoseiulus persimilis* на устойчивость к повышенной температуре / А.И. Анисимов, Л.Г. Максимова // Информ. бюл. ВПРС МОББ. 2007 б. N 38. С. 19–23.
- Анисимов А.И. Индивидуальная селекция хищного клеща *Phytoseiulus persimilis* Ath-Heut на устойчивость к повышенной температуре / А.И. Анисимов, Л.Г. Максимова // Защита растений в условиях закрытого грунта: перспективы XXI века: Информ. бюл. ВПРС/МОББ. Минск (Беларусь): Несвиж, 2010. С. 18–25.
- Анисимов А.И. Испытание термостойчивых линий хищного клеща фитосейулюса в производственных условиях / А.И. Анисимов, Л.Г. Максимова // Науч. обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Сб. науч. труд.: СПбГАУ. 2012 а. С. 108–111.
- Анисимов А.И. Термостойчивые линии фитосейулюса – *Phytoseiulus persimilis* A.-H. (Mesostigmata, Phytoseiidae) для борьбы с паутинным клещом – *Tetranychus urticae* Koch. (Trombidiformes, Tetranychidae) в теплицах / А.И. Анисимов, Л.Г. Максимова // XIV съезд Русск. энто-мол. о-ва. – материалы съезда. СПб. 2012 б. С. 23.
- Белякова Н.А. Лаборатория биологической защиты растений [Электронный ресурс] ВНИИ защиты растений: <http://vizr.spb.ru/struktura-institutata/research/metoda-zashchity-rastenii/> (дата обращения 7.07.2018).
- Белякова Н.А. Отбор, селекционно-генетическое улучшение, технология массового разведения и применения в практике защиты растений хищной галлицы *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Cecidomyiidae) / Н.А. Белякова, Е.Г. Козлова, А.И. Анисимов, Л.П. Красавина, К.И. Яковлев // Теоретические основы разработки биологических средств защиты растений, новые отселектированные формы полезных организмов, технологии изготовления биологических средств защиты растений и их применения. Сб. науч. труд., М.: РАСХН. 2004. С. 17–31.
- Ворошилов Н.В. Выведение термостойчивых линий фитосейулюса *Phytoseiulus persimilis* A.-H. / Н.В. Ворошилов // Генетика. 1979 а. Т. 15. N 1. С. 70–75.
- Ворошилов Н.В. Методические указания по принципам селекции энтомофагов / Н.В. Ворошилов. Л.: ВНИИ защиты растений. 1979 б. 22 с.
- Зверева Ю.Ф. Выведение новых устойчивых к пестицидам и повышенной температуре форм фитосейулюса: автореф. дис. кбнд. биол. наук / Ю.Ф. Зверева. Л.: 1990. 20 с.
- Козлова, Е.Г. Генетическая гетерогенность и возможность селекции у хищной галлицы *Aphidoletes aphidimyza* Rohd (Diptera, Cecidomyiidae) по признакам продолжительности развития и плодовитости: дис. канд. биол. наук / Е.Г. Козлова. СПб, 2000. 134 с.
- Козлова Е.Г. Сравнительная оценка показателей репродуктивного потенциала двух популяций хищного клеща *Phytoseiulus persimilis* / Е.Г. Козлова, А.И. Анисимов, Н.М. Семенов // Информ. бюл. ВПРС МОББ. 2017. N 52. С. 167–172.
- Рокитский П.Ф. Генетическая структура популяций и ее изменение при отборе / П.Ф. Рокитский, В.К. Савченко, А.И. Дюбина. Минск: Наука и техника, 1977. 200 с.
- Шитов С.В. Плодовитость хищного клеща фитосейулюса, селективного на устойчивость к повышенной температуре / С.В. Шитов, Л.Г. Максимова, А.И. Анисимов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы. Сб. науч. труд. СПб.: СПбГАУ, 2013. С. 68–71.
- Anisimov A.I. Entomophages and akariphages artificial selection is a promising way to improve their effectiveness in biological control of insect and mite pests / A.I. Anisimov // The 14th Intern. Symp. on Biocontrol and Biotechnology, St. Petersburg, Russia. 2016. Abstracts and Program. P. 10–11.
- Laing J.E. Life history and life table of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Heut / J.E. Laing // Acarologia. 1968. Vol. 11, N 4. P. 578–588.
- Stearns S.C. The Evolution of Life Histories / S. C. Stearns - Oxford: Oxford Univ. Press, 1992. 249 p.

Translation of Russian References

- Anisimov A.I. Necessity and possibility of re-adaptation of laboratory insect populations to natural habitats / Tezisy докладov I vsesoiuznoy konferencii po promishlennomu razvedeniu nasekomykh (Moscow, MGU, 4–6 fevralia. 1986 g.) Moscow, 1986. P. 7. (In Russian).
- Anisimov A.I. *Phytoseiulus persimilis* A.-H. (Mesostigmata, Phytoseiidae) heat-resistant strains for spider mite – *Tetranychus urticae* Koch. (Trombidiformes, Tetranychidae) control in greenhouses / A.I. Anisimov, L.G. Maksimova // XIV s'ezd Russkogo Entomologicheskogo obshchestva – materialy s'ezda. St. Petersburg. 2012b. P. 23. (In Russian).
- Anisimov A.I. Prospects for entomophage artificial selection / A.I. Anisimov, E.G. Kozlova / Gavriish. 1999. N 1. P. 20–22. (In Russian).
- Anisimov A.I. Testing heat-resistant strains of predatory mite *Phytoseiulus* in commercial greenhouses / A.I. Anisimov, L.G. Maksimova // Nauchnoe obespecheniye razvitiya APK v usloviakh reformirovaniya. Sbornik nauchnikh trudov: SPbGAU. 2012a. P. 108–111. (In Russian)
- Anisimov A.I., Maksimova L.G. Estimation of predatory mite *Phytoseiulus* voracity selected for resistance to high temperature / A.I. Anisimov, L.G. Maksimova // Nauchnoe obespecheniye razvitiya APK v usloviakh reformirovaniya. Sb. Nauchnikh trudov SPbGAU. 2007a. P. I. P. 151–157. (In Russian).
- Anisimov A.I., Maksimova L.G. Individual selection of predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Ath-Henr. for resistance to high temperature / A.I. Anisimov, L.G. Maksimova // Zashchita rasteniy v usloviakh zakritogo grunta: perspektivi XXI veka: Inform. Byul. VPRS MOBB. Minsk (Belarus): Nesvizh, 2010. P. 18–25. (In Russian).
- Anisimov A.I., Maksimova L.G. Mass selection of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Ath-Henr. for resistance to high temperature // Inform. Byul. VPRS MOBB. 2007b. N 38. P. 19–23. (In Russian).
- Belyakova N.A. Laboratory of Biological Plant Protection. VNII Zashchiti rasteniy: <http://vizr.spb.ru/struktura-instituta/research/biologicheskogo-metoda-zashchiti-rasteniy/> (accessed 7.07.2018). (In Russian).
- Belyakova N.A., Kozlova E.G., Anisimov A.I., Krasavina L.P., Yakovlev K.I. Aphid midge *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Cecidomyiidae) artificial selection, genetic improvement, technology of mass rearing and application in practice of plant protection // Teoreticheskie osnovy razrabotki biologicheskikh sredstv zashchiti rasteniy, novye otsektirovannye formi poleznikh organizmov, tehnologii izgotovleniya biologicheskikh sredstv zashchiti rasteniy i ikh primeneniye. Sbornik nauchnikh trudov, Moscow: RASKHN. 2004. P. 17–31. (In Russian).
- Kozlova E.G. Comparative evaluation of two populations of predatory mite *Phytoseiulus persimilis* reproductive potential / Kozlova E.G., A.I. Anisimov, N.M. Semenenko // Inform. Byul. VPRS MOBB. 2017. N 52. P. 167–172. (In Russian)
- Kozlova E.G. Genetic heterogeneity and possibility of artificial selection of aphid midge *Aphidoletes aphidimyza* Rohd (Diptera, Cecidomyiidae) by fecundity and developmental time. Dissertatsiya kandidata biologicheskikh nauk / E.G. Kozlova. St. Petersburg, 2000. 134 p. (In Russian).
- Rokitsky P.F., Savchenko V.K., Dobina A.I. Genetic structure of populations and its variation in selection// Minsk: Nauka i tihnika, 1977. 200 p. (In Russian).
- Shitov S.V., Maksimova L.G., Anisimov A.I. Fecundity of the predatory mite *Phytoseiulus* selected for resistance to elevated temperatures // Agrarnaya nauka XXI veka. Aktualniye issledovaniya i perspektivi. Sbornik nauchnikh trudov, 2013. St. Petersburg: SPbGAU. P. 68–71. (In Russian).
- Voroshilov N.V. Methodological guidelines on the principles of entomophage artificial selection / N.V. Voroshilov. Leningrad: VNII Zashchiti rasteniy, 1979b. 22 p. (In Russian).
- Voroshilov N.V. The breeding of *Phytoseiulus persimilis* A.-H. heat-resistant strains / N.V. Voroshilov // Genetika. 1979a. V. 15, N 1. P. 70–75. (In Russian).
- Zvereva Yu.F. Breeding of new *Phytoseiulus* forms resistant to pesticides and elevated temperature: Avtoreferat dissertatsii kandidata biologicheskikh nauk / Yu.F. Zvereva. Leningrad. 1990. 20 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 23–28

COMPARISON OF EFFICIENCY OF DIFFERENT POPULATIONS OF PREDATORY MITE *PHYTOSEIULUS PERSIMILIS* IN CONDITIONS OF PRODUCTION GREENHOUSES

E.G. Kozlova¹, A.I. Anisimov², V.V. Moor³

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

²St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia

³“Agrolider” Co Ltd, Russia

The experiments were carried out in the commercial greenhouses of the farms of the Leningrad region, i.e. “All the Year” Co Ltd on the “Meva” cucumber variety and “Agrolider” Co Ltd on the “Red Naomi” rose variety, and showed the high efficiency of predatory mite *Phytoseiulus persimilis* A.-H. from the population originated from greenhouses of Egypt (“Egyptian”). In the centers with high pest density, the decrease in the number of spider mites occurred 1.7 times faster, when the “Egyptian” population of predatory mites was used in comparison with the other tested populations (standard). *Ph. persimilis* biological efficiency in spider mite control in relation to the standard was 99.9% at the 16th day after release. With the help of the “Egyptian” population on roses, decrease in the spider mite density below one point was achieved much earlier and at lower cost, than at the standard. The release rate of the acariphage of the “Egyptian” population can be 3 times less on the cucumber and 2 times less on the rose in comparison with the other tested populations of *Ph. persimilis* used.

Keywords: *Phytoseiulus persimilis*, different population, spider mite, cucumber, rose, biological effectiveness, release rate.

Сведения об авторах

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

*Козлова Екатерина Геннадьевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: kategen@mail.ru

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

Анисимов Анатолий Иванович. Профессор, доктор биологических наук, e-mail: anisimov_anatoly@mail.ru

ООО «АГРОЛИДЕР»

Мoor Владимир Владимирович. Главный агроном, e-mail: vladmoor@rambler.ru

Information about the authors

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

*Kozlova Ekaterina Gennadievna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: kategen@mail.ru

St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye Shosse, 2, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

Anisimov Anatoliy Ivanovich. Professor, D.Sc. in Biology, e-mail: anisimov_anatoly@mail.ru

“Agrolider” Co Ltd Moor Vladimir Vladimirovich. Chief agronomist, e-mail: vladmoor@rambler.ru

* Ответственный за переписку

* Corresponding author

УДК 632.95.028

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕГО ТРЕПЕЛА В ОТНОШЕНИИ РЯДА ВРЕДИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Г.И. Сухорученко¹, Т.И. Васильева¹, Г.П. Иванова¹, В.М. Ходырев², С.А. Волгарев¹

¹ Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

² ООО «ЦеоТрейдРесурс», Москва

Впервые в лабораторных условиях изучена токсичность цеолитсодержащего трепела (кремнистой осадочной горной породы) Хотынецкого месторождения (Орловская область) для обыкновенной картофельной тли, колорадского жука и обыкновенного паутинного клеща. При разных способах обработки тест-объектов трепелом (опыливание или окунание заселенных ими листьев кормовых растений в суспензию и супернатант, или подсадка на обработанные листья) не было обнаружено у него овицидных свойств. Однако было выявлено наличие ларвицидной и умеренной имагоцидной активности в отношении сосущих вредителей. В зависимости от способа обработки полученные показатели смертности обыкновенной картофельной тли (резистентной и чувствительной к инсектицидам популяций) и обыкновенного паутинного клеща колебалась в пределах 70.4–83.0% и 46.6–80.4% соответственно. При оценке действия трепела на колорадского жука выявлена, убывающая с возрастом ларвицидная активность – наиболее высокая (60–100%) в отношении личинок младших возрастов вредителя и ее отсутствие – для личинок старших возрастов и имаго. Не установлено наличия у трепела фитотоксических свойств. Учитывая полученные результаты, следует продолжить изучение токсического действия этого уникального природного вещества на вредителей в полевых условиях. Для получения высокого токсического эффекта нормы применения трепела и кратность обработок им растений могут быть увеличены в 2–3 раза.

Ключевые слова: цеолитсодержащий трепел, обыкновенная картофельная тля, обыкновенный паутинный клещ, колорадский жук, разные фазы развития, контактная токсичность, фитотоксичность.

В последние десятилетия в мировой практике защиты растений большую значимость приобрела проблема замены пестицидов органического синтеза веществами природного происхождения с наличием пестицидной активности, но не представляющих опасности для человека и объектов окружающей среды. В этой связи внимание многих исследователей привлекают кремнистые осадочные горные породы, сложенные ископаемыми останками простейших морских или пресноводных организмов (микроскопические водоросли диатомеи и силикофлагелляты, низшие животные фораминиферы, радиолярии, губки и др.). Эти организмы содержат в твердых частях своего тела аморфный кремнезем (SiO₂) разной степени гидратации, благодаря которому их отложения обладают инсектицидными свойствами [Ross, 1981; Katz, 1991; Korunic, 1998; Sarwar, Salman, 2015; Galovic et al., 2017]. Наибольшее признание в мире в качестве природного инсектицида получил диатомит, представляющий собой осадочную породу, образованную, в основном, останками диатомовых водорослей и состоящую на 80–90% из аморфного кремния [Korunic et al., 2016]. В сельскохозяйственной практике ряда стран мира препараты диатомита хорошо зарекомендовали себя в качестве средств борьбы с разными видами бытовых насекомых, а также вредителей запасов и полевых культур [Athanassiou et al., 2005; Faulde et al., 2006; Akhtar, Isman, 2013; Korunic, 2013; Goddard, 2014; Shah, Khan, 2014; B. Singh, V. Singh, 2015; Galovic et al., 2017 и др.].

Основными преимуществами препаратов диатомита перед синтетическими инсектицидами являются низкая опасность для теплокровных животных и окружающей среды, стойкость в природных условиях и механизм действия, приводящий к гибели членистоногих в результате нарушения целостности их покровов. Этот физиологический механизм («эффект Цахера») заключается в адсорбировании диатомитом липидов из воскового слоя эпикуткулы членистоногих, что приводит к ее превращению в «молекулярное сито», через которое испаряется вода и на-

секомые гибнут от иссушения [Katz, 1991; Mewis, Ulrichs, 1999; Prasantha et al., 2015;]. Этот физиологический механизм действия диатомита позволяет использовать его препараты против резистентных к нейротоксическим инсектицидам популяций вредных членистоногих [Lilly et al., 2016].

Близкой по свойствам к диатомиту кремнистой осадочной горной породой является цеолитсодержащий трепел – алюмосиликатная тонкопористая по структуре порода. Цеолитсодержащий трепел содержит в доступной форме необходимые для растений и животных соединения кремния (45–65% аморфного кремнезема), кальция, магния, калия, фосфора, кобальта, бора и других элементов.

Наличие целого ряда минералов в цеолитсодержащем трепеле определяет его уникальные адсорбционные, ионообменные, тепло- и звукоизоляционные и другие свойства и, соответственно, полифункциональность использования в разных сферах человеческой деятельности (строительство, текстильная, нефтехимическая и пищевая промышленность, медицина, охрана окружающей среды). В сельском хозяйстве цеолитсодержащий трепел применяется в качестве удобрений, субстратов для защищенного грунта, минеральных добавок в корма животных [Аксененко, Хопахов, 1998; Белкин, 2003; Лобода и др., 2007; Абаев и др., 2008; Гришин, Кузина, 2008; Подольников и др., 2011].

В мире наиболее крупные месторождения трепела находятся в Южной Африке, Соединённых Штатах и в России, особенно в верхнемеловых отложениях Русской платформы, в пределах Орловской, Брянской, Воронежской и Курской областей. Среди этих месторождений самым крупным на Русской платформе считается Хотынецкое месторождение Орловской области [<http://agrohimija.ru/ceolity/2391-vostochno-evropeyskaya-ceolitonosnaya-provinciya/>].

Благодаря достаточно высокому содержанию аморфного кремния (48.4%) цеолитсодержащий трепел Хотынецкого месторождения, как и близкий ему по свойствам

минерал диатомит, представляет интерес для изучения в качестве средства борьбы с вредными членистоногими, особенно с видами, в популяциях которых развивается резистентность к применяемым пестицидам органического синтеза. Цель настоящего исследования – оценка токсичности цеолитсодержащего трепела Хотынецкого место-

Материалы и методы

Исследования проводили со следующими видами вредных членистоногих, разводимых в лаборатории агроэкотоксикологии ВИЗР в качестве модельных тест-объектов:

– обыкновенная картофельная тля *Aulacorthum solani* Kalt. – сосущий вредитель различных овощных и цветочных культур открытого и защищенного грунта. Особую опасность представляет в качестве переносчика вирусной инфекции на посадках семенного картофеля как в поле, так и в теплицах, выращивающих его микрорастения. В лаборатории разводится на растениях картофеля;

– колорадский жук *Leptinotarsa decemlineata* Say – грызущий вредитель картофеля и других пасленовых культур; в лаборатории разводится на растениях картофеля;

– обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch. – сосущий вредитель овощных, цветочных и декоративных культур открытого и защищенного грунта; разводится в лаборатории на фасоли штамбовых сортов.

Подопытных насекомых и обыкновенного паутинного клеща содержали при оптимальных для их развития условиях в садках с регулируемой длиной светового дня, температурой и влажностью воздуха.

В исследованиях был использован цеолитсодержащий трепел Хотынецкого происхождения производства ОАО «Промцеолит», представляющий собой порошок желтовато-бежеватого цвета, тонкого помола (размер частиц до 100 мкм) и хорошей сыпучести.

Изучение биологической активности трепела проводили согласно стандартным методикам оценки токсичности пестицидов для членистоногих (Мониторинг резистентности..., 2004) при разных способах обработки подопытных членистоногих с целью выбора оптимального способа его нанесения на тест-объект, при котором максимально проявится биологическая активность этого вещества:

– опыливание трепелом личинок и имаго колорадского жука, бескрылых самок и личинок обыкновенной картофельной тли вместе с частями кормовых растений в чашках Петри из расчета 4 мг/см² (40 кг/га). Качественному распределению препарата по

рождения Орловской области для ряда серьезных вредителей культур открытого и защищенного грунта.

Изучение биологической активности трепела в отношении вредителей растений представляет несомненный практический интерес, так как в случае получения положительных результатов станет возможным расширение сферы применения этого минерала в сельском хозяйстве.

поверхности растений и покрытию тест-объектов способствовали его тонкий помол и хорошая сыпучесть;

– опыливание трепелом растений фасоли в фазе 2 настоящих листьев, заселенных яйцами или самками обыкновенного паутинного клеща из расчета 4 мг/см² (40 кг/га) и содержащихся в 50 мл колбочках с водой;

– окунание листьев кормового растения в суспензии препарата разной концентрации, приготовленные с добавлением в воду ОП-10 – 10% от навески препарата, с последующей подсадкой на них тест-объектов или окунание в них частей кормового растения, заселенных тест-объектами;

– окунание листьев кормового растения в супернатант препарата (часовая водная вытяжка из порошка трепела) разной концентрации с последующей подсадкой на них колорадского жука или окунание в него частей кормового растения, заселенных тест-объектами.

Все варианты опытов закладывали в 3–5 повторностях. После обработки членистоногих содержали в термостатированных условиях в садках. Длительность наблюдений за выжившими особями зависела от тест-объекта и прекращалась после наступления высокой гибели в контроле или появления особой следующей генерации. Во всех вариантах опыта обязательно предусматривался контроль – вариант с обработкой водой.

Показателем биологической активности трепела являлось снижение численности подопытных особей относительно исходной. Для определения достоверности различий между вариантами опытов использовали t-критерий Стьюдента, рассчитываемый с помощью программы Excel.

Помимо биологической активности цеолитсодержащего трепела в отношении членистоногих оценивали также его фитотоксические свойства, путем опыливания растений препаратом в норме расхода из расчета 40 кг/га или их опрыскивания суспензиями препарата и супернатантом в концентрациях 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 и 10,0% из пульверизатора. Опыты закладывали в 3 повторностях по одному растению фасоли или картофеля в каждой. Обработанные растения содержали в теплице. Наблюдения за состоянием растений проводили на 1, 3, 7 и 14 сутки после обработки.

Результаты и обсуждение

1. Инсектицидная активность трепела. Обыкновенная картофельная тля.

Опыты проводили с чувствительной и резистентной к инсектицидам популяциями вредителя. Чувствительная (S) популяция была собрана на картофеле в семеноводческом ОАО «Октябрьское» Волосовского района Ленинградской области. Резистентная (R) популяция была получена с хризантемы, купленной в магазине по продаже цветов в Пушкинском районе г. Санкт-Петербурга. Популяция обнаружила 105х показатель резистентности к фосфорорганическому препарату актеллику и 20х – к пиретроиду талстару.

Установлено, что показатели токсичности трепела для картофельной тли S-популяции на 3 сутки после обработки находились в диапазоне 66,5–80,3% (табл. 1). Статистический анализ этих данных не выявил существенных различий в значениях смертности тли в зависимости от

способа их обработки или концентрации суспензии препарата: опытные значения t_{st} (0,28–0,68) были значительно ниже табличного его значения (2,77 при 4 степенях свободы и 0,05% уровне значимости). Однако наблюдались существенные колебания смертности картофельной тли R-популяции при разных способах ее обработки трепелом (табл. 1), что подтвердилось статистической обработкой полученных данных. Так, рассчитанные значения t_{st} для вариантов опыта окунание тлей в 0,5 и в 1,0% суспензии препарата в сравнение с их опыливанием, соответственно, равнялось 6,03 и 3,09, что значительно превышало его табличное значение (2,77). При этом не выявлено достоверных различий в действии на тлю трепела при их окунании в суспензии препарата разной концентрации (значение t_{st} равно 0,9 при табличном – 2,77).

Не обнаружено статистически достоверных различий в сравнительной токсичности трепела для картофельной тли

Таблица 1. Токсичность цеолитсодержащего трепела для обыкновенной картофельной тли при разных способах обработки (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число имаго и личинок тли на лист по суткам учетов			Снижение численности, % к исходной, по суткам учетов после обработки	
	до обработки	после обработки		1	3
		1	3*		
Резистентная популяция					
Окувание заселенных тлей листьев картофеля в 0.5% суспензию трепела	54.3±4.35	45.3±4.26	42.0±3.21	16.7±2.3	36.5±4.19
Окувание заселенных тлей листьев картофеля в 1.0% суспензию трепела	46.7±2.77	36.3±3.18	31.0±3.06	20.9±1.07	44.8±8.4
Опыливание трепелом заселенных тлей листьев картофеля	39.0±3.47	21.6±3.49	12.6±1.77	44.8±1.62	74.5±4.66
Контроль	21.0±1.73	21.0±1.73	25.7±2.85	–	–
Чувствительная популяция					
Окувание заселенных тлей листьев картофеля в 0.5% суспензию трепела,	48.0±10.8	33.6±8.54	28.3±7.8	46.0±10.5	66.5±5.64
Окувание заселенных тлей листьев картофеля в 1.0% суспензию трепела,	18.6±1.67	10.3±2.9	9.3±3.8	58.2±15.8	70.5±13.2
Опыливание трепелом заселенных тлей листьев картофеля	23.7±2.6	12.0±1.58	8.0±0.6	60.9±1.9	80.3±0.7
Контроль	19.3±0.67	25.0±2.65	33.3±4.2	–	–

* после 3 суток опыт был прекращен из-за 100% гибели тли во всех вариантах, включая контроль.

S и R популяций на 3 сутки после обработки в вариантах с их опыливанием или окуванием заселенных вредителем листьев картофеля в 1% суспензию препарата (рассчитанные значения t_{st} , соответственно, 1.23 и 1.6, что ниже его табличного значения – 2.77).

Полученные данные позволяют предположить, что, как и в случае с диатомитом, механизм действия трепела на картофельную тлю связан с таким неспецифическим физиологическим механизмом как абсорбция, входящим в его состав аморфным кремнием, липидов воскового слоя их эпикутикулы. Это позволяет получать близкий токсический эффект при воздействии трепелом как на резистентную, так и чувствительную популяции вредителя. Можно предположить, что помимо этого неспецифического механизма действия трепела на кутикулу насекомых, имеется еще какой-то механизм, определяющий достоверные различия в его токсичности для тли резистентной популяции

вредителя при разных способах обработки – окувание в суспензию в сравнении с опыливанием. Возможно, таким механизмом может являться большая толщина воскового слоя эпикутикулы у резистентных тлей в сравнении с чувствительными.

Колорадский жук. Токсичность трепела оценивали для разных фаз развития насекомого. Полученные данные свидетельствуют о наличии слабых овицидных свойств у трепела, так как наблюдалась 100% отражаемость личинок жука из яиц после их опыливания и 81.6% – после окувания кладок яиц в 1% суспензию препарата (табл. 2). Однако четко проявляется высокая токсичность трепела для личинок 1 возраста жука, поскольку через 3 суток после отрождения из яиц наблюдалась 100% их гибель в варианте с опыливанием кладок яиц препаратом и 60.3% – в варианте с окуванием кладок яиц в 1% суспензию препарата (табл. 2).

Таблица 2. Токсичность цеолитсодержащего трепела для яиц и личинок 1 возраста колорадского жука при разных способах обработки (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число яиц в кладке до обработки	Отродилось из яиц личинок		Смертность личинок через 3 суток после отрождения из яиц	
		всего	% к исходной	всего	% к исходной
Опыливание трепелом листьев картофеля с кладками яиц	20.7±4.33	20.7±4.33	100.0	20.7±4.33	100.0
Окувание листьев картофеля с кладками яиц в 1.0% суспензию трепела	24.0±4.64	20.0±5.08	81.6±1.3	14.3±2.33	60.3±2.38
Контроль	28.3±1.18	28.3±1.18	100.0	0	0

При опыливании трепелом личинок 2 возраста на заселенных ими листьев картофеля наблюдалась 80% смертность подопытных особей, что было значительно выше смертности, полученной в варианте с их подсадкой на предварительно опыленный корм (табл. 3). Была также получена статистически достоверная более высокая смертность личинок 2 возраста в варианте с их подсадкой на листья картофеля, обработанные 2.0% супернатантом трепела в сравнение с 2.0% его суспензией (рассчитанное значение t_{st} 3.04 больше табличного его значения – 2.77 при 4 степенях свободы и 0.05% уровне значимости). Сравнение полученных данных по показателям смертности личинок 2 возраста жука при разных способах обработки свидетельствует в пользу их опыливания на листьях кормового

растения (табл. 3).

Опыливание подопытных объектов трепелом на листьях кормового растения было достоверно эффективнее их подсадки на опыленные листья (фактическое значение t_{st} 5.2 больше табличного значения 2.77). Однако не было получено достоверных различий в смертности личинок между вариантами с их подсадкой на опыленные трепелом и погруженные в его суспензию или супернатант листья картофеля.

В исследованиях не было выявлено смертности личинок 4 и 5 возраста, а также имаго колорадского жука от применения трепела, независимо от способа его нанесения на подопытные объекты. Однако наблюдалось резкое снижение поедания жуками обработанного корма в сравнении

Таблица 3. Токсичность цеолитсодержащего трепела для колорадского жука при разных способах обработки личинок 2 возраста (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число личинок на лист по суткам учетов					Снижение численности, % к исходной, на 7 сутки после обработки
	до обработки	1	3	5	7	
Опыливание трепелом листьев картофеля с последующей посадкой личинок	10.0	7.3±0.67	5.3±0.88	4.3±0.33	4.0	60.0
Опыливание трепелом заселенных личинками листьев картофеля	10.0	7.3±0.28	2.7±0.67	2.3±0.58	2.0	80.0
Окувание листьев картофеля в 2.0% суспензию трепела с последующей посадкой личинок	10.0	10.0	8.3±0.66	6.7±0.71	4.3±1.2	45.70±3.6
Окувание листьев картофеля в 2.0% супернатант трепела с последующей посадкой личинок	10.0	10.0	3.7±0.58	3.7±0.58	3.3±0.58	65.7±3.44
Контроль	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	0

Таблица 4. Токсичность цеолитсодержащего трепела для колорадского жука при разных способах обработки личинок 3 возраста (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число личинок на лист по суткам учетов					Снижение численности, % к исходной, на 7 сутки после обработки
	до обработки	1	3	5	7	
Опыливание трепелом листьев картофеля с последующей посадкой личинок	9.0	9.0	9.0	8.3±0.67	7.0±0.58	22.2±6.42
Опыливание трепелом заселенных личинками листьев картофеля	9.0	9.0	9.0	6.7±0.67	4.0	55.6
Окувание листьев картофеля в 2.0% суспензию трепела с последующей посадкой личинок	9.0	9.0	9.0	9.0	6.7±0.34	25.6±3.72
Окувание листьев картофеля в 2.0% супернатант трепела с последующей посадкой личинок	9.0	9.0	9.0	5.7±0.67	4.0±1.0	55.6±11.1
Контроль	9.0	9.0	9.0	9.0	8.7±0.34	3.7±0.32

с контролем (рисунок), что может быть связано с наличием на листьях картофеля отложений кремния, затрудняющих акт их питания.

Таким образом, результаты исследования действия цеолитсодержащего трепела на колорадского жука свидетельствуют о наличии у него четко выраженных различий в его токсичности для разных фаз развития вредителя. Практи-

чески, он обладает только ларвицидной биологической активностью, ослабевающей с возрастом личинок (высокая токсичность для личинок младших возрастов, средняя – для личинок 3 возраста и отсутствие таковой для личинок старших возрастов). Овицидные и имагоцидные свойства у препарата в отношении колорадского жука, практически, отсутствуют.



Рисунок. Снижение интенсивности питания имаго колорадского жука на обработанных трепелом листьях картофеля, в сравнении с необработанными листьями (контроль)

2. Акарицидная активность трепела. Овицидное действие.

Для оценки действия цеолитсодержащего трепела на яйца обыкновенного паутиного клеща листья фасоли заселяли 10-ю половозрелыми самками, которых через сутки удаляли. Листья с однодневными яйцами обрабатывали

разными способами (табл. 5). Установлено, что трепел не оказывает токсического действия на яйца вредителя, так как в течение первых двух суток после обработки наблюдалась 100% отрождаемость из них личинок клеща, независимо от способа воздействия (табл. 5).

Таблица 5. Токсичность цеолитсодержащего трепела для обыкновенного паутиного клеща при разных способах обработки яиц (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число особей на лист по суткам учетов					Снижение численности, % к исходной, на 8 сутки после обработки
	до обработки яиц	после обработки преимагинальных фаз			имаго*	
		1–2	5	6	8	
Опыливание трепелом заселенных яйцами клеща листьев фасоли	19.3±2.5	19.3±2.5	4.5±0.64	4.5±0.64	5.3±1.3	71.5±8.64
Окувание заселенных яйцами клеща листьев фасоли в 0.5% суспензию трепела	21.0±3.6	21.0±3.6	8.0±0.71	9.3±1.1	11.5	45.2±2.06
Окувание заселенных яйцами клеща листьев фасоли в 1.0% суспензию трепела	16.8±3.5	16.8±3.5	5.0±0.41	5.0±0.41	6.8±1.1	63.2±4.29
Окувание заселенных яйцами клеща листьев фасоли в 1.0% супернатант трепела	15.5±2.26	15.5±2.26	0	3.0±0.41	3.0±0.41	80.4±4.0
Контроль	24.3±	24.3±	24.3±	24.3±	24.3±	0

* имаго нового поколения+нимфы

Однако трепел обладает токсичностью для отрождающихся личинок. Достоверно более высокий токсический эффект (80.4% снижение численности клеща) был получен при окувании заселенных яйцами листьев фасоли в 1% супернатант, чем в 1% его суспензию (63.2%), так как полученное значение t_{st} 2.74 превышало величину его табличного значения (2.45 при 6 степенях свободы и 0.05 уровне значимости). Существенные различия в токсичности трепела для личинок были получены с увеличением концентрации его суспензии с 0.05 до 1.0% (полученное значение t_{st} 4.02 при табличном, равном 2.45). Однако не было выявлено существенных различий в смертности отродившихся личинок в вариантах опыта с опыливанием заселенных яйцами клеща листьев фасоли и их окуванием в 1.0% суспензию или 1.0% супернатант трепела.

Последующие наблюдения показали, что появление на 8 сутки имаго нового поколения клеща, образовавшихся из обработанных особей, привело к росту численности вредителя во всех вариантах опыта. В результате этого, через 12 суток после обработки яиц поврежденность листьев фасоли клещом нового поколения, практически, не отличалась между контрольным и обработанным вариантами.

Имагоцидное действие. Действие трепела на имаго обыкновенного паутиного клеща оценивали при разных

способах обработки им листьев фасоли с последующим заселением половозрелыми самками. Был установлено, что трепел обладает средним кратковременным токсическим эффектом в отношении имаго вредителя. Так, на протяжении 5 суток контакта имаго с обработанной поверхностью кормового растения в разных вариантах опыта снижение численности вредителя колебалось в пределах 46.6–53.3%, за исключением варианта с 1.0% супернатантом, в котором она снижалась на 73.3% (табл. 6). На 8 сутки после обработки, когда из отложенных имаго яиц началось массовое отрождение личинок, различия между вариантами опыта нивелировались и токсический эффект трепела в отношении имаго, практически, был сведен на нет.

Необходимо также отметить, что в вариантах с окуванием листьев в 1.0% суспензию или в 1.0% супернатант трепела на их нижней стороне образовывался налет, похожий на грибной мицелий. Это вызывало изменение в поведении клеща – перемещение всех подвижных фаз развития на верхнюю сторону листа и откладку яиц на ней. Несмотря на то, что трепел в испытанных и превышающих их в 2 и 4 раза концентрациях не обнаруживал фитотоксических свойств, обработанные им листья, заселенные обыкновенным паутиным клещом, выглядели угнетенными.

Таблица 6. Токсичность цеолитсодержащего трепела для обыкновенного паутиного клеща при разных способах обработки имаго (ВИЗР, 2017 г.)

Вариант опыта	Среднее число имаго на лист по суткам учетов					Снижение численности, % к исходной по суткам учетов	
	до обработки	после обработки				5	8
		1	3	5	8*		
Опыливание трепелом листьев фасоли с последующей посадкой имаго	15.0	10.0±0.58	7.7±0.33	7.3±0.33	16.3±1.2	51.3±2.2	+8.8
Окувание листьев фасоли в 0.5% суспензию трепела с последующей посадкой имаго	15.0	14.7±0.33	8.0±0.58	8.0±0.58	20.0±1.73	46.7±3.87	+33.3
Окувание листьев фасоли в 1.0% суспензию трепела с последующей посадкой имаго	15.0	11.7±0.7	7.3±0.88	7.0±0.58	8.3±0.34	53.3±3.87	44.6 2.11
Окувание листа фасоли в 1.0% супернатанта трепела с последующей посадкой имаго	15.0	11.7±0.7	7.3±0.67	4.0±0.58	14.0±1.0	73.3±3.87	6.6
Контроль	15.0	14.3±0.58	14.3±0.58	23.7±0.33	56.3±2.03	+58.0	+271

* – имаго + личинки

В целом, полученные результаты оценки биологической активности трепела для обыкновенного паутинного клеща свидетельствуют о наличии у него средних токсических свойств в отношении данного вредителя. При всех испытанных способах обработки значения показателей его токсичности для клеща не превышали 83%, что недостаточно для такого объекта, имеющего много поколений за сезон и быстро восстанавливающего численность.

При оценке токсичности трепела в отношении обыкновенного паутинного клеща было также установлено изменение поведения вредителя, что проявилось в откладке большей части яиц, в основном, на верхнюю поверхность листьев, вместо нижней, а также в некоторой

задержке процесса их откладки, но эти факты нуждаются в перепроверке.

3. Фитотоксические свойства цеолитсодержащего трепела. В результате специально поставленных опытов получены данные о том, что, независимо от способа обработки фасоли или картофеля цеолитсодержащим трепелом (опыливание, опрыскивание суспензией препарата или супернатантом), не было выявлено фитотоксического эффекта от его применения. Эти данные позволяют заключить, что токсичность трепела для изученных видов вредителей может быть усилена за счет увеличения его концентраций в 2–3 раза без ущерба для качества обрабатываемых растений.

Заключение

Результаты проведенных исследований выявили наличие контактных токсических свойств у цеолитсодержащего трепела в отношении членистоногих, однако степень их проявления зависит от вида вредителя, фазы развития и возраста. Так, смертность обыкновенной картофельной тли, вызываемая его действием, колебалась в пределах 70.4–83.0% в зависимости от способа обработки. При этом был получен равноценный токсический эффект при действии трепела на тлей R- и S- популяций.

Цеолитсодержащий трепел не обладает действием на яйца обыкновенного паутинного клеща, но в зависимости от способа обработки вызывал 63.2–80.4% снижение численности отрождающихся из обработанных яиц личинок и 46.6–73.3% – имаго в течение 5-суточного их контакта с обработанной им поверхностью. Полученные показатели токсичности недостаточно высоки для изученных сосущих вредителей, развивающихся в период вегетации в нескольких поколениях и образующих обширные популяции на различных культурах.

При оценке действия трепела на колорадского жука выявлена, убывающая с возрастом ларвицидная активность – наиболее высокая в отношении личинок младших возрастов вредителя и ее отсутствие – для старших. Однако цеолитсодержащий трепел не токсичен для яиц и имаго этого вредителя.

Необходимо отметить, что в случаях с картофельной тлей и личинками колорадского жука более высокий токсический эффект был получен при их непосредственном

опыливание в сравнение с другими способами обработки. Но способ опыливания, как не экологичный, не используется сейчас в практике, в связи с чем пестициды применяются, в основном, путем опрыскивания растений. Поэтому значительное внимание в исследованиях было уделено таким способам обработки тест-объектов, как окунание заселенных ими листьев в суспензии или супернатант трепела разной концентрации или подсадке разных фаз развития членистоногих на листья кормовых растений после их погружения в рабочие препараты трепела. При этом не было выявлено существенных различий в токсичности трепела при разных способах контакта подопытных объектов с обработанной поверхностью. Однако наблюдалось увеличение токсичности трепела по мере увеличения концентрации суспензии.

Таким образом, результаты проведенных лабораторных исследований свидетельствуют о том, что цеолитсодержащий трепел обладает контактными токсическими свойствами в отношении личиночных фаз развития членистоногих, что позволяет продолжить дальнейшее изучение его действия на членистоногих. Учитывая выявленную умеренную и кратковременную токсичность трепела для изученных видов вредителей и отсутствие у него фитотоксических свойств, изучаемые нормы применения трепела и кратность обработок им растений в полевых условиях могут быть увеличены в 2–3 раза. При этом необходимо обратить особое внимание на поведение и интенсивность питания вредителей на обрабатываемых растениях.

Библиографический список (References)

- Абаев А.А., Адиньяев Э.Д., Эсхаджиева Х.Х. Использование цеолитов для повышения продуктивности сои // Агрохимия. 2008. N 2. С. 26–27.
- Аксененко В.Ф., Хапохов Х.Б. / Совершенствование сортимента и технологий возделывания косточковых культур: Тез докл и выст. научн.-метод. конференции. Орел: ВНИИСПК, 1998. 312 с.
- Белкин В.Л. Влияние Хотынецких природных цеолитов на физиологические функции, иммунологические показатели и продуктивность животных и птиц // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: Мат. междуна. научно-практической конференции Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. Ульяновск, 2003. Т. 2. С. 87–88.
- Григорьева А.В. Минералогия цеолитсодержащих пород Русской платформы на примере Хотынецкого месторождения Орловской области // Автореф. ... канд. дисс. М.: 2002. 24 с.
- Гришин Г.Е., Кузина Е.Е. Влияние цеолита и удобрений на плодородие серой десной почвы // Земледелие. 2008. N 6. С. 24–25.
- Лобода Б.П., Ходырев В.М., Гористова И.А. Орловский цеолит – перспективный субстрат для малообъемного выращивания огурца // Гауриш. 2007. N 2. С. 12.
- Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих (Методические указания) / Под ред. Г.И. Сухорученко, В.И. Долженко. СПб.: 2004. С. 1–28.
- Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Подольникова М. В. Перспективы использования природных минералов в кормлении свиней // Вестник Орел ГАУ. 2011. N 1. С. 45–48.
- Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Economou L.P., Dimizas C.B. et al. Persistence and efficacy of three diatomaceous earths formulation against *Stophilus orizae* (Coleoptera: Curculionidae) on wheat and arley // Journal of Economic Entomology. 2005. 98. 4. P. 1404–1412.
- Akhtar Y., Isman M.B. Horizontal transfer of diatomaceous earth and botanical insecticides in the common bed bug, *Cimex lectularis* L.; Hemiptera: Cimicidae // PLOS ONE. 2013. V. 8. N 9. P. 1–7.
- Faulde M.K., Tisch M., Scharninghausen J.J. Efficacy of modified diatomaceous earth on different cockroach species (Orthoptera, Blattellidae) and silver fish (Thysanura, Lepismatidae) // Journal of Pesticide Science. 2006. V. 79 (may). P. 155–161.
- I. Galović, J. Halamić, A. Grizelj, V. Rozman, A. Liška, Z. Korunić, P. Lucić, and R. Baličević. Croatian diatomites and their possible application as natural insecticide // Journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society. 2017. V. 70. N 1. P. 27–39.

- Goddard J. Long-term efficacy of various natural or @Green insecticides against bed bugs: a double-blind study / J. Goddard // *Insects*. 2014. N 5. P. 942–951.
- Katz H. Desiccants: dry as dust means insects death / H. Katz // *Pest Control Technology*. 1991, April. P. 82–84.
- Korunić, Z. Review diatomaceous earths, a group of natural insecticides / Z. Korunic // *Journal of Stored Product Research* 1998. V. 34. (2/3) P. 87–97.
- Korunic Z. Diatomaceous earth – natural insecticides / Z. Korunic // *Pesticides and Phytomedicine* (Belgrade). 2013. V. 28. N 2. P. 77–95.
- Korunic Z. A review of natural insecticides based on diatomaceous earths / Z. Korunic, V. Rozman, A. Liska, P. Lucic // *Agriculture*. 2016. N 22. P. 10–18.
- Lilly D.G. Evidence of tolerance to silica-based desiccant dust in a pyrethroid-resistant strain *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae) / D.G. Lilly, C. E. Webb, S.L. Doggett // *Insects*. 2016. V. 74. N 7. P. 1–12.
- Mewis I. Wirkungsweise amorpher Diatomeen erde auf vorrattsschedliche Insekten. Untersuchung der abrasiven und sorptiven Effekte / I. Mewis, Ch. Ulrich // *Journal of Pesticide Science*. 1999. V. 72. P. 113–121.
- Prasantha B.D.R. Lipid adsorption of diatomaceous earths and increased permeability in the epicuticle layer of the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (F.) and the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say) / B.D.R. Prasantha, C. Reichmuth, C. / Adler, D. Felgentreu // *Journal of Stored Product Research*. 2015. V. 64. Part A. P. 36–41.
- Ross T.E. Diatomaceous earth as a possible alternate to chemical insecticides / T.E. Ross // *Agriculture and Environment*. 1981. V. 6. P. 43–51.
- Shah M.A. Use of diatomaceous earth for the management of stored-product pests / M.A. Shah, A.A. Khan // *International Journal of Pest Management*. 2014. V. 60, N 2. P. 100–113.
- Singh B. Laboratory and field studies demonstration the insecticidal potential of diatomaceous earth against wheat aphids in rict-wheat cropping system of Punjab (India) / B/ Singh, V. Singh // *Cereal Research Communication*. 2016. V. 43. N 3. P. 435–443.

Translation of Russian References

- Abaev A.A., Adinyaev E.D., Eskhadzhieva Kh.Kh. Use of zeolites to increase the productivity of soybean // *Agrokhimija*. 2008. N 2. P. 26–27. (In Russian).
- Aksenenko V.F., Apakhov H.B. Improvement of assortment and technologies of cultivation of stone fruit crops. In: Tez. dokl. i vyst. nauchn.-metod. konferentsii. Orel: VNIISPK, 1998. 312 p. (In Russian).
- Belkin V.L. Influence of Khotynetsky natural zeolites on physiological functions, immunological indices and productivity of animals and birds / In: Aktual'nye problemy veterinarnoj meditsiny: Mat. mezhdun. nauchno-prakticheskoy konferentsii U'janovskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii. U'janovsk, 2003. V. 2. P. 87–88. (In Russian).
- Grigorieva A.V. Mineralogy of zeolite-containing rocks of the Russian platform on the example of Khotynetsky Deposit of Oryol region / Avtoref. ... kand. diss. Moscow: 2002. 24 p. (In Russian).
- Grishin G.E., Kuzina E.E. Influence of zeolite and fertilizers on the fertility of grey forest soil // *Zemledelie*. 2008. N 6. P. 24–25. (In Russian).
- Podol'nikov V.E., Gamko L.N., Podol'nikova M.V. Prospects of use of natural minerals in feeding pigs // *Vestnik Orel GAU*. 2011. N 1. P. 45–48. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Dolzhenko V.I. (Eds.). Pesticide resistance monitoring in populations of harmful arthropods (Guidelines). St. Petersburg: 2004. P. 1–28. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 29–35

BIOLOGICAL ACTIVITY OF ZEOLITE-CONTAINING TRIPOLI AGAINST SOME AGRICULTURAL PESTS

G.I. Sukhoruchenko¹, T.I. Vasilieva¹, G.I. Ivanova¹, V.M. Khodyrev², S.A. Volgarev¹

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

²TseoTradeResurs Co Ltd, Moscow, Russia

The toxicity of zeolite-containing tripoli (siliceous sedimentary rock) of the Khotynets deposit (Orel Oblast) was studied in the laboratory for the first time for aphid *Aulacorthum solani* Kalt., Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say and spider mite *Tetranychus urticae* Koch. Using different treatment methods of processing test objects with a tripoli (dusting or dipping in suspension and supernatant of leaves, populated by aphids, or putting aphids on treated leaves), no ovicidal properties of the preparation were found. However, the larvicidal and moderate imagocidal action against sucking pests was found. Depending on the method of treatment, the obtained mortality rates of *Aulacorthum solani* (resistant and susceptible populations) and *Tetranychus urticae* fluctuated within the range 70.4–83.0% and 46.6–80.4%, accordingly. Study of the effect of tripoli on the *Leptinotarsa decemlineata*, showed the larvicidal activity decreasing with age: the highest rates (60–100%) were estimated for larvae of younger pest ages, and absence of efficacy was found for larvae of older ages and imagoes. The presence of phytotoxic properties in tripoli was not established. The results suggest that study of toxic effect of this unique natural substance on pests should be continued in field. At the same time, in order to obtain high toxic effect, the tripoli application rate and multiplicity of treatments can be increased by 2–3 times.

Keywords: zeolite-containing tripoli, *Aulacorthum solani*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Tetranychus urticae*, different ages of pest insect, contact toxicity, phytotoxicity.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 Сухорученко Галина Ивановна. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru
 Васильева Тамара Ильинична. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoc2016@mail.ru
 Иванова Галина Петровна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
 *Волгарев Сергей Анатольевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru
 ООО «ЦеоТрейдРесурс», Москва
 Ходырев Владимир Михайлович. Директор по развитию, e-mail: rododendrous@mail.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 Sukhoruchenko Galina Ivanovna. Principal Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: Sukhoruchenkogalina@mail.ru
 Vasilieva Tamara Ilinichna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: ecotoc2016@mail.ru
 Ivanova Galina Petrovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
 *Volgarev Sergey Anatolievich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru
 “TseoTradeResurs” Co Ltd, Moscow, Russian Federation
 Khodyrev Vladimir Michailovich. Director of Development, e-mail: rododendrous@mail.ru

УДК 595.773.4: 581.9 (470.23)

ЗЛАКОВЫЕ МУХИ (DIPTERA, CHLOROPIDAE) В АГРОЦЕНОЗАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Г. Гусева, А.Г. Коваль

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В агроценозах Ленинградской области отмечено 22 вида злаковых мух (Diptera, Chloropidae), что составляет 15.7% от фауны этих двукрылых данного региона.

Ключевые слова: видовой состав, трофические связи, вредители злаковых культур, Северо-Запад России.

На Северо-Западе России, в Ленинградской области фауна злаковых мух (Diptera, Chloropidae) изучена достаточно полно [Штакельберг, 1958, 1965; Нарчук, 1962]. А.А. Штакельбергом [1958] для данного региона было отмечено 115 видов из этого семейства, позднее обнаружено ещё 13 видов, 3 из которых были описаны как новые для науки [Нарчук, 1962]. В дальнейшем список был увеличен до 140 видов [Штакельберг, 1965]. Многие виды Chloropidae распределены локально, что связано с мелкими размерами имаго, ограничивающими возможности активного перемещения, и узкой пищевой специализацией большинства видов [Нарчук, 1962]. Поэтому многие виды злаковых мух, обитающих в Ленинградской области, не встречаются на полях. В связи с этим специальные сборы представителей семейства Chloropidae в различных агроценозах Ленинградской области, как правило, не проводились. Однако из-за высокой вредоносности отдельных видов этих мух для зерновых культур и кормовых злаков [Нарчук, 1987; Шапиро, 1989] такие исследования весьма актуальны.

Исследования проводились в период с 2005 по 2012 год на территории Меньковского филиала Агрофизического НИИ в д. Меньково Гатчинского района Ленинградской области. На посевах яровых и озимых зерновых и кормовых культур, а также картофеля учеты велись методом кошени. Отдельные экземпляры Chloropidae были обнаружены при учетах, проводимых методом почвенных ловушек, на полях овса и картофеля. Был также обработан коллекционный материал, собранный сотрудниками Всероссийского НИИ защиты растений (ВИЗР): С.Г. Удаловым (Гатчинский р-н, д. Белогорка, 1997 г.; Лодейнопольский р-н, д. Ефремково, 2004 г.), Е.Н. Марченко (д. Меньково, 2005 г.) и Н.Л. Жариной (д. Меньково, 2009 г.). Определение большей части материала злаковых мух было проведено Э.П. Нарчук и И.М. Соколовым (Санкт-Петербург). Собранные и определенные экземпляры Chloropidae хранятся в коллекции членистоногих сектора агробиоценологии ВИЗР (Санкт-Петербург).

Всего было обнаружено 22 вида злаковых мух из 13 родов (табл.). Среди них есть фитофаги – представители родов *Chlorops*, *Meromyza*, *Oscinella*, личинки которых живут в побегах злаков и осок, *Dicraeus* и *Pseudopachychaeta*, у которых личинки развиваются в генеративных органах однодольных [Нарчук, 2003]. В стеблях ячменя, пшеницы, костра, тимофеевки и некоторых диких злаков развиваются личинки *Incertella albipalpis* (Mg.) [Штакельберг, 1958]. Развитие личинок *Dicraeus fennicus* Duda происходит в колосках пыреев [Нарчук, 1991]. Представители родов *Aphanotrigonum*, *Elachiptera*

и *Lasiosina* – фитосапрофаги, которые развиваются в отмирающих или поврежденных другими насекомыми стеблях злаков и осоковых, а виды из рода *Thaumatomyia* имеют хищных личинок, живущих за счет корневых тлей [Цыганков, 1929; Нарчук, 1987, 1991, 2003].

Таким образом, 15 видов злаковых мух, обитающих в агроценозах Ленинградской области, являются фитофагами, повреждающими побеги или генеративные органы однодольных растений. Пять видов из родов *Aphanotrigonum*, *Elachiptera* и *Lasiosina* являются фитосапрофагами и только два вида из рода *Thaumatomyia* имеют хищных личинок.

Наиболее массовым видом среди злаковых мух-фитофагов является *Oscinella frit* (L.) – овсяная шведская муха. Личинки *O. frit* повреждают овёс, рожь, пшеницу, кукурузу и дикие злаки [Нарчук, 1969]. В Гатчинском районе Ленинградской области особи этого вида встречались на полях овса, озимой ржи, яровой и озимой пшеницы, ячменя и тимофеевки (табл. 1). Овсяная шведская муха очень обычна в злаковых ассоциациях различного типа [Штакельберг, 1958]. В Ленинградской области высокая численность данного вида была отмечена также на злаково-разнотравных лугах с красной и луговой овсяницей, тимофеевкой, лисохвостом и пыреем [Нарчук, 1962].

В агроценозе картофеля отмечены только два вида злаковых мух. Это – фитосапрофаги *Elachiptera cornuta* (Flln.) и *E. tuberculifera* (Corti), которые, вероятно, связаны с присутствующими на полях растениями пырея ползучего *Elytrigia repens* (L.).

Отдельные экземпляры *Thaumatomyia notata* (Mg.) были найдены в д. Меньково на полях тимофеевки, озимой ржи, озимой и яровой пшеницы. Только один экземпляр *Thaumatomyia glabra* (Mg.) был отмечен в д. Ефремково на поле овса.

Исследования показали, что в агроценозах могут быть найдены и редкие виды злаковых мух. Так, в д. Меньково на поле озимой тритикале 22.VI 2005 г. при учетах, проведенных методом кошени, были обнаружены два экземпляра редкого вида *Oscinella ventricosi* Nartshuk, 1955, известного из Ленинградской области по единичным находкам [Штакельберг, 1958]. *Aphanotrigonum nigripes* Ztt. ранее не был зарегистрирован на полях. Два экземпляра этого вида были обнаружены авторами 9.VI 2011 г. в д. Меньково, на поле овса, в почвенных ловушках. Один экземпляр указанного вида был собран там же Е.Н. Марченко при кошени на поле яровой пшеницы 19.VIII 2005 г. Ранее в Ленинградской области представители этого вида были обнаружены при кошени по ве-

Таблица. Злаковые мухи на полях различных сельскохозяйственных культур в Ленинградской области

Вид	Рожь озимая	Тритикале озимая	Ячмень	Пшеница озимая	Пшеница яровая	Тимофеевка	Овёс
<i>Aphanotrigonum nigripes</i> Ztt.	+				+		+
<i>A. trilineatum</i> Mg.	+					+	+
<i>Dicraeus fennicus</i> Duda	+			+			
<i>Elachiptera cornuta</i> (Flln.)	+		+	+	+		+
<i>E. tuberculifera</i> (Corti)			+	+	+	+	+
<i>Incertella albipalpis</i> (Mg.)	+		+	+	+	+	+
<i>I. kerteszi</i> (Beck.)				+			+
<i>Microcercis trigonella</i> (Duda)		+	+	+		+	+
<i>Oscinella pusilla</i> (Mg.)	+		+		+	+	+
<i>O. ventricosi</i> Nartsh.		+					
<i>O. frit</i> (L.)	+	+	+	+	+	+	+
<i>O. vastator</i> (Curt.)					+		+
<i>Osciniomorpha minutissima</i> (Strobl)	+						+
<i>Trachysiphonella scutellata</i> (von Roser)	+						
<i>Chlorops pumilionis</i> (Bjerk.)			+		+	+	
<i>Ch. obscurellus</i> (Ztt.)			+				
<i>Lasiosina herpini</i> (Guérin-Mén.)		+	+	+	+		
<i>Meromyza saltatrix</i> (L.)	+						+
<i>M. nigriventris</i> Mac.	+	+	+	+	+		
<i>Pseudopachychaeta ruficeps</i> (Ztt.)		+					
<i>Thaumatomyia notata</i> (Mg.)	+			+	+	+	
<i>T. glabra</i> (Mg.)							+

реску [Штакельберг, 1958], а в Московской области – на лугах [Нарчук, 1991].

Таким образом, в условиях Ленинградской области на возделываемых землях отмечено 22 вида злаковых мух, что составляет 15.7% от региональной фауны (140 видов). Это подтверждает сделанные ранее выводы о том, что в агробиоценозах обитает 10–15% от региональной фауны Chloropidae [Nartshuk, 1991].

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0665-2014-0009.

Библиографический список (References)

- Нарчук Э.П. К фауне и экологии злаковых мух (Diptera, Chloropidae) Ленинградской области // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1962. Т. 31. С. 250–275.
- Нарчук Э.П. Злаковые мухи // Защита растений. 1969. N 6. С. 46–47.
- Нарчук Э.П. Злаковые мухи (Diptera, Chloropidae), их система, эволюция и связи с растениями. Л.: Наука, 1987. 280 с.
- Нарчук Э.П. Злаковые мухи (Diptera, Chloropidae) Московской области // Биологические науки. 1991. N 7. С. 22–43.
- Нарчук Э.П. Определитель семейств двукрылых насекомых (Insecta: Diptera) фауны России и сопредельных стран (с кратким обзором семейств мировой фауны) // Тр. Зоол. ин-та РАН. 2003. Т. 294. С. 1–251.

Авторы выражают глубокую благодарность и признательность Э.П. Нарчук за определение видовой принадлежности злаковых мух, проверку наших определений и помощь в подготовке данной статьи, а также – И.М. Соколову, внесшему значительный вклад в создание сравнительной коллекции Chloropidae агроценозов Ленинградской области.

- Цыганков С.К. Является ли *Lasiosina cinctipes* Mgn. вредителем? // Защита растений от вредителей. 1929. Т. 6. N 3/4. С. 529–530.
- Шапиро И.Д. Шведские мухи. М.: Агропромиздат, 1989, 60 с.
- Штакельберг А.А. Материалы по фауне двукрылых Ленинградской области. III. Diptera, Acalyrtrata. Ч. 1 // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1958. Т. 21. С. 103–191.
- Штакельберг А.А. Новые данные по фауне двукрылых Ленинградской области // Latvijas entomologs. 1965. N 10. С. 61–71.
- Nartshuk E.P. Chloropidae community in agrobiotopes // Fourth Europ. Congr. of Entomology. XIII. Intern. Symp. für die Entomofaunistik Mitteleuropas (1–6 Sept., 1991, Gödöllő, Hungary). Vol. abstr. Hung. Natural History Mus., 1991. P. 162.

Translation of Russian References

- Nartshuk E.P. To fauna and ecology of grass flies (Diptera, Chloropidae) of the Leningrad Region // Tr. Zool. in-ta AN SSSR. 1962. V. 31. P. 250–275. (In Russian).
- Nartshuk E.P. Grass flies // Zashchita rasteniy. 1969. N 6. P. 46–47. (In Russian).
- Nartshuk E.P. Grass flies (Diptera, Chloropidae), their system, evolution and relationship with plants. Leningrad: Nauka, 1987. 280 p. (In Russian).
- Nartshuk E.P. Grass flies (Diptera, Chloropidae) of the Moscow Region // Biologicheskije nauki, 1991. N 7. P. 22–43. (In Russian).

- Nartshuk E.P. Key to families of Diptera (Insecta) of the fauna of Russian and adjacent countries (with a brief overview of the world fauna families) // Tr. Zool. in-ta RAN. 2003. V. 294. P. 1–251. (In Russian).
- Shapiro I.D. Frit flies. Moscow: Agropromizdat, 1989, 60 p.
- Stackelberg A.A. List of Diptera of the Leningrad Region. III. Diptera, Acalyrtrata. Pt. 1 // Tr. Zool. in-ta AN SSSR. 1958. V. 21. P. 103–191. (In Russian).
- Stackelberg A.A. New data on the Diptera fauna of the Leningrad Region // Latvijas entomologs. 1965. N 10. P. 61–71. (In Russian).
- Tsygankov S.K. Is *Lasiosina cinctipes* Mgn. a pest? // Zashchita rasteniy ot vreditel'ey. 1929. V. 6. N 3/4. P. 529–530. (In Russian).

GRASS FLIES (DIPTERA, CHLOROPIDAE) IN AGROCENOSSES OF THE LENINGRAD REGION

O.G. Guseva, A.G. Koval

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

22 species of grass flies (Diptera, Chloropidae) were noted in the agrocenoses of the Leningrad Region, which constitute 15.7% of the Chloropidae fauna of the region.

Keywords: species composition, trophic relation, pest, cereal crop, Northwestern Russia.

Сведения об авторах

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

*Гусева Ольга Геннадьевна. Старший научный сотрудник,
доктор биологических наук, e-mail: olgaguseva-2011@yandex.ru
Коваль Александр Георгиевич. Ведущий научный сотрудник,
кандидат биологических наук, e-mail: agkoval@yandex.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

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

* Guseva Olga Gennadyevna. Senior Researcher, DSc in Biology,
e-mail: olgaguseva-2011@yandex.ru
Koval Alexandr Georgiyevitch. Leading Researcher, PhD in Biology,
e-mail: agkoval@yandex.ru

* Corresponding author

УДК 632.937.01:576.895

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ИНВАЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД (NEMATODA: STEINERNEMATIDAE) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Л.Г. Данилов

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

На примере двух видов нематод семейства *Steinernematidae* приведена сравнительная оценка особенностей проявления их инвазионной активности, основанная на математическом моделировании зависимости интенсивности инвазирования и смертности насекомых-хозяев от условий заражения (температура, доза заражения, продолжительность периода свободного контакта). Нематоды *Steinernema feltiae protense* обеспечивают более высокий уровень смертности в широком диапазоне температур (от 6 до 28 °С), тогда как у *Steinernema carpocapsae* штамм «*agriotos*» этот диапазон лежит в пределах от 20 до 28 °С, что свидетельствует и о большей перспективности использования *S. feltiae protense* в качестве биологического агента по сравнению с *S. carpocapsae*.

Ключевые слова: энтомопатогенные нематоды, Steinernematidae, инвазионная активность, инвазионные личинки.

Энтомопатогенные нематоды (ЭПН) семейства Steinernematidae являются важными агентами для биологического контроля насекомых в природных и управляемых экосистемах [Denno et al., 2008; Lacey, Georgis, 2012]. Успех использования ЭПН в качестве биологических агентов против вредных насекомых во многом зависит от характера взаимоотношений их с хозяином в период поиска и контакта с ним. Жизненный цикл этих нематод протекает в организме насекомого-хозяина, вне его эти паразиты могут находиться только на стадии инвазионной личинки, которая является носителем генетического потенциала, обеспечивающего дальнейшее существование популяций отдельных видов нематод в среде их обитания. Кроме того, на основе инвазионных личинок изготавливаются биологические препараты, эффективность которых определяется качеством действующего компонента, проявляющего свои возможности в изменяющихся условиях окружающей среды. В литературе неоднократно появляются сообщения, где в качестве приоритетных ставятся задачи изучения особенностей экологии энтомопатогенных нематод и характера воздействия различных абиотических

и биотических факторов среды обитания на проявление жизнедеятельности инвазионных личинок [Gaugler et al., 1996; Liu et al., 2000; Shapiro-Ilan et al., 2014].

На эффективность заражения насекомых нематодами влияет качество нематодной культуры, т.е. инвазионная активность нематод, которая изменяется в зависимости от ряда обстоятельств: вида нематод, срока хранения культуры, культивирования как на искусственных питательных средах, так и на насекомых, температурных условий и т.д. [Данилов, Турицин, 2016].

По всей видимости, существует широкий спектр реакций по видам и штаммам ЭПН на воздействие окружающей среды [Morton, García-del-Pino, 2009; Salame et al., 2010]. Культуры различных видов нематод различаются не только по интенсивности гибели насекомых в процессе заражения, но и по активности проникновения инвазионных личинок в гемоцель хозяина [Веремчук, Данилов, 1976]. В полевых условиях в почве и на листовой поверхности температуры подвержены большим колебаниям, поэтому успешность использования нематод против целевых объектов будет во многом определяться знаниями закономер-

ностей поведения инвазионной стадии нематод в изменяющихся температурных условиях окружающей среды.

С этой целью нами были проведены исследования по

изучению поведения энтомопатогенных нематод, встречающихся в естественных условиях различных географических зон в присутствии насекомых-хозяев.

Материалы и методы исследований.

Для сравнительной оценки в модельном опыте были использованы в качестве тест-насекомых гусеницы большой вошинной моли (*Galleria mellonella*) и две культуры нематод, показавшие наибольшие поведенческие различия по результатам испытаний их на гусеницах смородиновой стеклянницы [Данилов и др. 2011] – *Steinernema carpocapsae* штамм “*agriotos*” [Пойнар, Веремчук, 1970] и *Steinernema feltiae protense* [Иванова, Данилов, Ивахненко, 2001] – выделен из почв аласов Республики Саха (Якутия). На основе первого вида в нашей стране зарегистрирован препарат немабакт, на основе второго вида Государственную регистрацию проходит новый биологический препарат протонем. Нематод культивировали в гусеницах большой вошинной моли, культуры инвазионных личинок хранили 10 дней до начала опыта при температуре 2–5 °С. Оценку инвазионной активности нематод про-

водили по методу Веремчук и Данилова [1978], при этом виды нематод испытывали в 3 дозах: 10, 50 и 90 личинок на чашку Петри. В контроле вносили на фильтры воду без нематод. Все варианты опыта и контроль имели 5-кратную повторяемость.

Изменения инвазионной активности нематод оценивали по эффективности заражения насекомых при температурах от 10 до 30 °С. Гибель насекомых учитывали через каждые 4 часа после начала заражения. Во время учётов погибших насекомых выбирали из чашек, вскрывали в воде на часовом стекле под биноклем МБС-10 и определяли причину их гибели. Обнаруженных нематод подсчитывали и, таким образом, устанавливали интенсивность их проникновения в хозяина.

Линеаризацию зависимости доза – эффект проводили по алгоритму симметризации [Васильев и др., 1973].

Результаты и обсуждение.

Для более точного определения оптимальных доз нематод при заражении насекомых, в целях достижения эффективности их применения в борьбе с вредителями, необходимо выявить и оценить зависимость смертности вредителя от применяемой дозы нематод в процессе его

заражения при разных температурах. В таблице 1 приведены результаты опытов по оценке смертности *G.mellonella* при трёх дозах нематод в расчёте на 10 насекомых (10, 50, 90) и разных температурах почвы.

Таблица 1. Смертность *G.mellonella* (процент погибших) при разных температурах и дозах для двух видов нематод

Температура (Т)	Доза нематод на чашку Петри (D)	<i>Steinernema feltiae protense</i>				<i>Steinernema carpocapsae</i>			
		Повторности				Повторности			
		1	2	3	4	1	2	3	4
6°	10	20	20	20	20	–	–	–	–
	50	50	50	40	40	–	–	–	–
	90	70	50	80	60	–	–	–	–
9°	10	30	30	30	30	–	–	–	–
	50	40	40	40	40	–	–	–	–
	90	70	60	70	60	–	–	–	–
12°	10	20	20	20	20	20	20	10	10
	50	60	70	90	80	20	30	30	60
	90	100	100	100	100	30	50	50	60
20°	10	50	60	40	70	20	10	30	20
	50	50	70	90	90	40	60	50	40
	90	90	100	90	100	40	60	80	70
28°	10	10	10	10	10	20	20	10	10
	50	20	30	20	20	90	60	80	70
	90	40	30	50	70	90	90	70	100

Наиболее важные моменты дисперсионного анализа приведены в таблице 2, которые показывают, что и температура и доза инвазионных личинок при заражении насе-

комых, также как и взаимодействие этих факторов оказывали существенное и статистически значимое влияние на уровень смертности насекомых.

Таблица 2. Сила влияния (коэффициенты детерминации) температуры и дозы инвазионных личинок в процессе заражения на уровень смертности *G. mellonella*

Вид нематод	Температура	Доза нематод при заражении насекомых	Взаимодействие температуры и дозы	Суммарное влияние факторов
<i>S. feltiae protense</i>	36.8	47.5	7.6	91.9
<i>S. carpocapsae</i>	16.5	59.5	9.1	85.1

Чётко выделяется зона температур максимальной инвазионной активности *S.feltiae protense* (12–23 °С). Характерно резкое падение смертности для этого вида нематод при заражении насекомых при температуре выше 20° (рис. 1).

Также характерно, что уровень смертности тест-насекомых при заражении их нематодами *S.feltiae protense* в пределах температур 6 и 9 °С относительно высок (43–45%) (рис. 2).

Статистически значимых различий в уровне смертности при этих температурах не установлено.

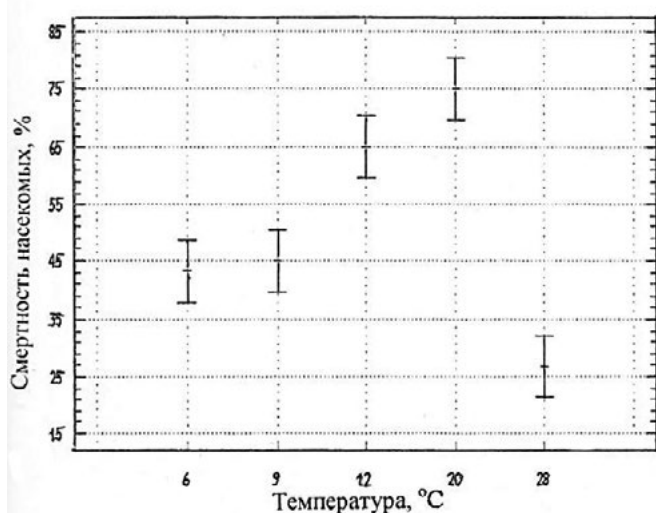


Рисунок 1. Зависимость уровня смертности *G. mellonella* от заражения *S. feltiae protense* при разных температурах (Средние значения и их 95% доверительные интервалы)

На рисунках 3 и 4 приведены аналогичные данные по интенсивности гибели гусениц большой вошинной моли при заражении их нематодами *S. carpocapsae* в зависимости от температуры. Максимальный уровень смертности насекомых здесь отмечается только при температуре 28°C. Во всех случаях отмечены статистически значимые различия в уровнях смертности *G. mellonella*.

Сравнительный анализ рисунков 2 и 4 показывает, что уровень смертности *G. mellonella* при заражении *S. feltiae protense* заметно выше, нежели таковой у *S. carpocapsae* и это различие наблюдается при всех дозах заражения. При этом достаточно хорошо прослеживается, что нематоды *S. feltiae protense* обеспечивают более высокий уровень смертности в широком диапазоне температур (от 6 до 28°C), тогда как у *S. carpocapsae* этот диапазон лежит в пределах от 20 до 28°C.

По экспериментальным данным были построены математические модели зависимости уровня смертности насекомых от температуры и дозы нематод, используемой при заражении хозяина.

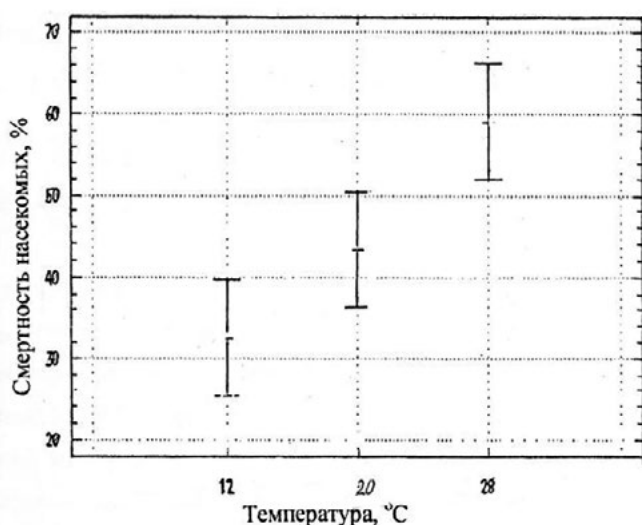


Рисунок 3. Зависимость уровня смертности *G. mellonella* от заражения *S. carpocapsae* при разных температурах (Средние значения и их 95% доверительные интервалы)

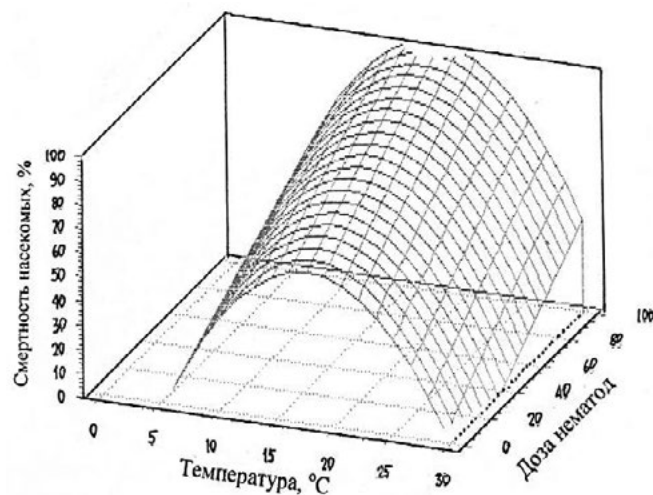


Рисунок 2. Трехмерный график зависимости уровня смертности *G. mellonella* от температуры и дозы внесения *S. feltiae protense*

Для *S. feltiae protense* модель имеет вид:

$$y_1 = -61 + 13.57T + 0.429D + 0.008TD - 0.412T^2 - 0.0004D^2 + 12,$$

где y_1 – средний уровень смертности насекомых, T – температура, D – доза нематод при заражении насекомых.

Множественный коэффициент корреляции для этой модели $R = 0.86$, а коэффициент детерминации $R^2 = 79.4\%$, F - критерий = 51, и $P_0 < 0.00001$.

Для *S. carpocapsae* модель имеет вид:

$$y_2 = -50 + 6.13T + 0.273D + 0.0415TD - 0.149T^2 - 0.0053D^2 + 9.$$

Множественный коэффициент корреляции $R = 0.91$, а коэффициент детерминации $R^2 = 83\%$, F - критерий = 40, и $P_0 < 0.00001$.

Экспериментальные данные могут быть проиллюстрированы таблицей 3, в которой приведены температуры и дозы внесения нематод, используемые при заражении насекомых, при которых обеспечивается 50% гибель *G. mellonella*.

Таким образом, сравнительная оценка нематодных культур по их инвазионной активности и вирулентности для насекомых - хозяев, продемонстрированная на примере сравнения по этим показателям нематод *S. carpocapsae*

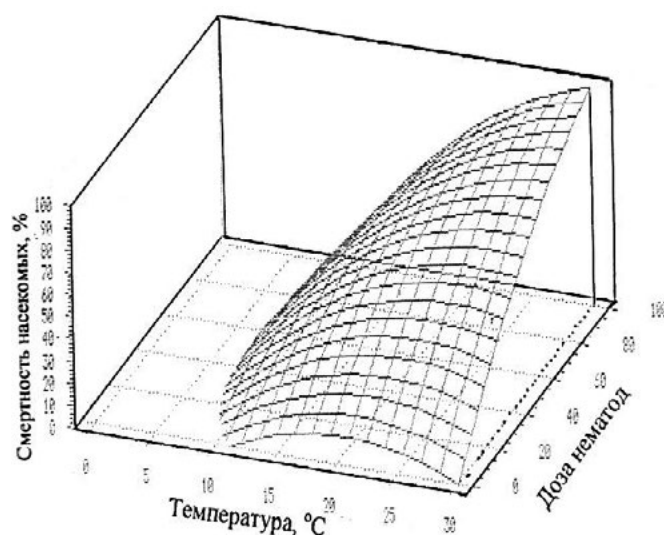


Рисунок 4. Трехмерный график зависимости уровня смертности *G. mellonella* от температуры и дозы внесения *S. carpocapsae*

Таблица 3. Температуры и дозы нематод, используемые при заражении *G. mellonella* и обеспечивающие LD_{50} для *S.feltiae protense* и *S.carpocapsae*

Температура	Доза нематод	
	<i>S. feltiae protense</i>	<i>S. carpocapsae</i>
6	100	–
8	65	–
10	30	–
12	10	–
15	10	–
17	10	60
20	10	45
25	50	35
27	80	35
28	95	40

штамм “*agriotos*” и *S. feltiae protense* позволяет установить различия между ними. Количество инвазионных личинок, проникающих в гемоцель насекомого определяется их численностью в зоне обитания хозяина. У *S. feltiae protense* абсолютное количество проникших в насекомых особей нематод на 96% зависит в равной степени от температуры и дозы нематод и от взаимодействия этих факторов, тогда как у *S. carpocapsae* абсолютное количество проникших особей лишь на 83% определяется этими двумя факторами, причём преобладающее значение имеет доза нематод.

Начальный период смертности насекомых и её продолжительность при заражении каждым видом нематод не за-

висят от дозы инвазионных личинок и определяются только температурными условиями. При заражении *S. feltiae protense* смертность насекомых на 79% определяется абсолютным количеством инвазировавших насекомых нематод и лишь на 10% зависит от температуры, а у *S. carpocapsae* смертность насекомых на 51% определяется абсолютным количеством проникших в тело насекомых нематод и на 42% температурой, т.е. смертность хозяина в большей мере зависит от температуры.

Максимальный уровень смертности при заражении насекомых *S. feltiae protense* проявляется при температуре от 12 до 23 °С и резко снижается при температуре выше 20°, тогда как от *S. carpocapsae* при испытанных дозах заражения отмечается только при 28 °С.

Эффективность заражения насекомых нематодами *S. feltiae protense* заметно выше, чем *S. carpocapsae*. В процессе заражения в одной чашке Петри 10 насекомых 50%-ную их смертность могут вызывать минимум 9 инвазионных личинок *S. feltiae protense* проникших в тело своей жертвы и это наблюдается в широком интервале температур (от 6 до 28 °С). Для *S. carpocapsae* 50%-ную смертность насекомых могут вызвать минимум 13 инвазионных личинок, проникших в гемоцель зараженных насекомых и в диапазоне температуры от 12 до 28 °С. Для первого вида проникновение 9 особей в тест-насекомых отмечается иногда при дозе 10, т.е. при соотношении нематод и насекомых 1:1, а проникновение в насекомых 13 инвазионных личинок у *S. carpocapsae* отмечается при дозе заражения не менее 50.

Заключение.

Полученные экспериментальные данные показывают, что способность к заражению хозяина у видов нематод изменяется в разной степени с изменением температуры. Нематоды *S. feltiae protense*, встречающиеся в почвах аласов Республики Якутия более приспособлены к существованию при температурах, близких к нижнему порогу проявления активной жизнедеятельности штейнернематид.

У инвазионных личинок гетерорабдитид способность к инвазированию насекомого-хозяина также проявляется в большей степени при температурах выше 20 °С. Аналогичную особенность биологии гетерорабдитид – проявлять большую активность заражения насекомых при высоких температурах отмечали ранее и другие исследователи [Milstead, 1981]. О существовании определенной зависимости между инвазионной активностью нематод при различных температурах и встречаемостью этих паразитов в естественных условиях свидетельствуют и результаты нашего изучения территориального распространения нематод в различных географических зонах и прежде всего, полученные данные подтверждают нашу гипотезу о влиянии температуры на специфику зонального распространения видов энтомопатогенных нематод [Данилов, 2005].

Таким образом, *S. feltiae protense* характеризуется не только лучшими показателями по инвазионной активно-

сти, но и большей вирулентностью в отношении насекомого, которая к тому же проявляется в более широком диапазоне температур от 6 до 28 °С. Указанные различия у двух видов нематод свидетельствуют и о большей биологической эффективности и перспективности *S. feltiae protense* по сравнению с *S. carpocapsae*.

Установленная экспериментально прямая зависимость между количеством инвазионных личинок, находящихся в зоне обитания насекомого, и количеством нематод, проникающих в организм хозяина свидетельствует о возможности управления этим процессом, а следовательно и использования его для решения многих вопросов, связанных с изучением особенностей биологии энтомопатогенных нематод.

Результаты исследований являются основой для разработки оригинального метода сравнительной оценки нематодных культур штейнернематид, основанной на математическом моделировании зависимости интенсивности инвазирования и смертности насекомых-хозяев от условий заражения (температура, доза заражения, продолжительность периода свободного контакта), продемонстрированной на примере сравнения по этим показателям нематод *S. carpocapsae* штамм “*agriotos*” и *S. feltiae protense*.

Библиографический список (References)

Васильев С.В., Поляков И.Я., Сергеев Г.Е. Теория и методы использования математического моделирования и ЭВМ в защите растений // Тр. ВИЗР. 1973. В. 39. С. 61–106.
 Веремчук Г.В., Данилов Л.Г. Об определении инвазионной активности *Neoplectana carpocapsae* Weiser (Steinernematidae) // Тез. докл. Всес.

научн. конф. Микробиологические методы борьбы. Кишинев, 1976. С. 132–134.
 Веремчук Г.В., Данилов Л.Г. Методические указания по оценке инвазионной активности нематодных культур рода *Neoplectana* (Steinernematidae) // Ленинград, 1978. 11 с.

- Данилов Л.Г., Павлюшин В.А., Нашекина Т.Ю., Айрапетян В.Г. Новый природный изолят энтомопатогенных нематод активных при низких температурах. *Materiały VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami - 2011»* V. 42. *Nauk biologicznych: Przemysł. Nauka i studia*. P. 39–43.
- Данилов Л.Г. Особенности экологии и распространения энтомопатогенных нематод в различных экосистемах. // *Вестник защиты растений*, 2005. N 1. С. 18–26.
- Иванова Т.С., Данилов Л.Г., Ивахненко О. А. Новый подвид энтомопатогенных нематод семейств *Steinernema feltiae protense* subsp. n. (Nematoda: Steinernematidae) из Якутии. *Паразитология*, 2001. Вып. 35. N 4. С. 333–337.
- Пойнара Дж.О., Веремчук Г.В. Новый штамм энтомопатогенных нематод и географическое распространение *Neoaplectana carpocapsae* Weiser (Rhabditidae: Steinernematidae) // *Зоологический журнал*. 1970. 49 (7). С. 966–969.
- Gaugler R., Campbell J. McGuire T. Selection for host-finding in *Steinernema feltiae* // *J. Invertebr. Pathol.* 1989. Vol. 54. P. 363–372.
- Gaugler R., Lewis E., Stuart R.J. Ecology in the service of biological control: the case of entomopathogenic nematodes // *Oecologia*. 1997. Vol. 109. Iss. 4. P. 483–489.
- Denno, R. F., Gruner, D. S., & Kaplan, I. Potential for entomopathogenic nematodes in biological control: A meta-analytical synthesis and insights from trophic cascade theory // *J. of Nematology*, 2008. 40(2). P. 61–72.
- Lacey, L. A., Georgis, R. Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production // *J. of Nematology*. 2012. 44(2). P. 218–225.
- Liu J., Poinar G., O., Berri R. E. Control of insect pests with entomopathogenic nematodes: the impact of molecular biology and phylogenetic reconstruction // *Ann. Appl. Entomol.* 2000. Vol. 45. N 1. P. 287–306.
- Milstead J.E. Influence of temperature and dosage on mortality of seventh instar larvae of *Galleria mellonella* (Insecta: Lepidoptera) caused by *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: Rhabditida) and *Xenorhabdus luminescens* // *Nematologica*. 1981. Vol. 27. N 2. P. 167–171.
- Morton A, Garcia-del-Pino F. Ecological characterization of entomopathogenic nematodes isolated in stone fruit orchard soils of Mediterranean areas // *J. of Invertebrate Pathology*. 2009. 102(3). P. 203–213.
- Salame L, Glazer I, Miqaia N, Chkhubianishvili T. Characterization of populations of entomopathogenic nematodes isolated at diverse sites across Israel // *Phytoparasitica*. 2010.38(1). P. 39–52.
- Shapiro-Ilan DI, Brown I, Lewis EE. Freezing and desiccation tolerance in entomopathogenic nematodes: Diversity and correlation of traits // *J. of Nematology*. 2014. 46(1). 27–34 pp.

Translation of Russian References

- Danilov L.G. Features of ecology and distribution of entomopathogenic nematodes in different ecosystems. // *Vestnik zashchity rasteniy*. 2005. N 1. P. 18–26. (In Russian).
- Danilov L.G., Pavlyushin V.A., Nashchekina T.Yu., Ayrapetyan V.G. A new natural isolate of entomopathogenic nematodes active at low temperatures. In: *Materiały VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami – 2011»* V. 42. *Nauk biologicznych: Przemysł. Nauka i studia*. P. 39–43. (In Russian).
- Ivanova T.S., Danilov L.G., Ivakhnenko O.A. New subspecies of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae protense* subsp. n. (Nematoda: Steinernematidae) from Yakutia. *Parazitologiya*. 2001. V. 35. N 4. P. 333–337. (In Russian).
- Poynara J.O., Veremchuk G.V. New strain of entomopathogenic nematodes and geographic distribution of *Neoaplectana carpocapsae* Weiser (Rhabditidae: Steinernematidae) // *Zoologicheskij zhurnal*. 1970. V. 49(7). P. 966–969. (In Russian).
- Vasilyev S.V., Polyakov I.Ya., Sergeev G.E. Theory and methods of mathematical modelling and computer use in plant protection. In: *Tr. VIZR*. 1973. V. 39. P. 61–106. (In Russian)
- Veremchuk G.V., Danilov L.G. Guidelines on the assessment of invasive activity of nematode cultures of genus *Neoaplectana* (Steinernematidae). Leningrad. 1978. 11 p. (In Russian).
- Veremchuk G.V., Danilov L.G. On defining invasive *Neoaplectana carpocapsae* Weiser activity (Steinernematidae). In: *Tez. dokl. Vses. nauchn. konf. Mikrobiologicheskiye metody borby*. Kishinev. 1976. P. 132–134. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 38–42

FEATURES OF INVASIVE ACTIVITY OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES (NEMATODA: STEINERNEMATIDAE) DEPENDING ON BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS OF ENVIRONMENT

L.G. Danilov

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

A comparative assessment of the features of invasive activity of two species of nematodes of the family *Steinernematidae* is provided, based on a mathematical modeling of dependence of intensity of invasive activity and mortality of insects on the host environment exposure (low dose exposure, duration of the period of free contact). Nematode *Steinernema feltiae protense* provide a higher mortality rate over a wide temperature range (6 to 28 °C), whereas *Steinernema carpocapsae* strain “*agriotos*” range is 20 to 28 °C. *S. feltiae protense* demonstrates more prospects for the use as a biological agent than *S. carpocapsae*.

Keywords: entomopathogenic nematode, *Steinernematidae*, invasive activity, infective larva.

Сведения об авторе

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

Information about the author

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

УДК 632.938.12

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА ПРИ ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПАСЛЕНОВЫХ КУЛЬТУР К ВРЕДИТЕЛЮ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С.Р. Фасулати, О.В. Иванова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Биологические показатели выживаемости и продолжительности развития преимагинальных фаз колорадского жука, используемые как основные критерии при оценке устойчивости пасленовых культур к вредителю, варьируют в широких пределах в связи с внутривидовым полиморфизмом насекомого, а также в различных экологических условиях проведения исследований. С учетом этого методические требования к сбору жуков и кладок яиц, необходимых для закладки лабораторных и полевых экспериментов, должны быть уточнены. Эти выводы проиллюстрированы примерами картофеля, баклажана и томата.

Ключевые слова: картофель, баклажан, томат, колорадский жук, вредитель, сорт, устойчивость растений к вредителям, оценка и критерии устойчивости.

В настоящее время в России практически отсутствуют зоны возделывания картофеля и овощных пасленовых культур, свободные от опасных для них вредителей и патогенов. Почти повсеместно, включая Северо-Запад РФ, Урал, многие районы Сибири и юг Дальнего Востока, уже обитает их основной специализированный фитофаг – колорадский жук *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae), отнесенный к вредителям-супердоминантам [Фитосанитарная дестабилизация..., 2013; Insect pests..., 2013, и др.]. В связи с этим актуально создание и преимущественное возделывание устойчивых к нему сортов растений.

В Госреестре селекционных достижений РФ зарегистрировано немало сортов картофеля с высокими потребительскими качествами и комплексной устойчивостью к вредным организмам [Успехи учреждений..., 2014, и др.]. Они могут быть выделены на любых этапах селекции, сортоиспытания и возделывания по методикам ВИЗР [Методические рекомендации..., 1980, 1993; Принципы и методы..., 2009, и др.]. Однако и в настоящее время не разработаны экспресс-методы индикации устойчивых к колорадскому жуку форм картофеля и баклажана по молекулярным белковым или ДНК-маркерам, позволяющие надежно выявлять генотипы с наиболее ценными в селекционном отношении механизмами атрептического и ингибиторного

иммуногенетических барьеров. Не выявлены у картофеля и анатомо-морфологические признаки-маркеры генотипов, устойчивых к вредителю. Ввиду этого основой методик их отбора остается экологический подход с определением для одновременно оцениваемых образцов нескольких биологических показателей как критериев устойчивости, характеризующих состояние насекомого и повреждаемых растений. Их набор для разных способов оценки сортов специфичен и допускает гибкость выбора не менее 3 критериев в каждом конкретном случае [Фасулати, Иванова, 2015; Иванова, Фасулати, 2016].

При таком подходе неизбежно варьирование значений биологических показателей в разных условиях, чем обосновано требование как минимум 3-летней оценки каждого нового сорта [Методические рекомендации..., 1980, 1993]. В то же время на результаты оценки сортов в методически однотипных опытах влияют также различия пищевых адаптаций внутривидовых форм колорадского жука [Фасулати, 2010; Фитосанитарная дестабилизация..., 2013, и др.].

Задачей работы являлось уточнение методических требований к экологизированной оценке образцов пасленовых культур на устойчивость к колорадскому жуку как к полиморфному виду фитофага для обеспечения корректности проведения оценки и объективности ее результатов.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в ВИЗР в лабораторных и полевых условиях в период с 1998 г., когда колорадский жук после очередной массовой инвазии стал постоянно обитать на всей территории Ленинградской области и в южных районах Карелии. Основное внимание уделено изучению пищевых адаптаций северного экотипа колорадского жука и его внутривидовых форм с одновременным изучением механизмов устойчивости картофеля, баклажана и томата к вредителю и выявлением их устойчивых образцов. Работы выполняли с использованием общепринятых методов экологических исследований в энтомологии [Яхонтов, 1969, и др.] и элементов методик ВИЗР по изучению и оценке форм картофеля на устойчивость к колорадскому жуку [Методические рекомендации..., 1980, 1993; Принципы и методы..., 2009], проводя лабораторные и полевые опыты с искусственным заселением образцов растений вредителем.

В каждом варианте и повторности опытов определяли следующие биологические показатели развития фитофага как критерии устойчивости образцов растений: продолжительность развития личинок и всего преимагинального развития от выхода личинок до окрыления имаго; степень гетерохронии развития личинок как разность дат появления первой и последней пред-

куколки в днях (в полевых опытах – начальной и конечной дат ухода личинок с растений); процент выживаемости личинок и преимагинальных фаз в целом [Иванова, Фасулати, 2016]. Для этого все опыты предусматривали полный сбор и подсчет имаго нового поколения, окрылившихся на каждом изучаемом сортообразце, и в полевых условиях они велись вплоть до уборки урожая.

В лабораторных опытах личинок содержали при постоянной или средней температуре около +25 °С группами по 10–20 штук: вначале в пластмассовых чашках Петри диаметром 90 мм, имеющих на нижней стороне крышки уступы для вентиляции; далее в IV возрасте при выживании более 3 личинок их пересаживали в стеклянные банки объемом 0,25 л со слоем древесных опилок. Выкармливали личинок срезанными листьями изучаемых образцов растений, выращиваемых на опытном поле ВИЗР, со сменой или добавлением корма через день.

В полевых опытах на изучаемые образцы растений подсаживали группы одновозрастных личинок в первые сутки после их отрождения из кладок яиц, в количестве 30–40 личинок на куст при заселении 50% опытных растений. Такие работы проводили на центральном опытном поле ВИЗР (г. Пушкин) и на полях

филиала ВИЗР «Тосненская опытная станция защиты растений» (ТОСЗР) в с. Ушаки Тосненского района Ленинградской области.

Для опытов собирали кладки яиц жука на посадках картофеля в различных районах Ленинградской области. При сборе яиц в ряде случаев учитывали образцы растений, с которых они были взяты, а варианты опытов закладывали с учетом пигментации

яиц как одного из вероятных маркеров адапционного полиморфизма колорадского жука. Статистическую обработку результатов изучения наборов образцов растений по показателям устойчивости к вредителю проводили предложенным ВИЗР методом «суммы рангов» [Методические рекомендации..., 1980, 1993]; в других случаях применяли общепринятые критерии биометрии.

Результаты и обсуждение

Данные фенологических наблюдений и биоэкологических исследований колорадского жука в условиях Ленинградской области после его инвазии в 1998 г. подтверждают успешную акклиматизацию вида в регионе. Об этом свидетельствуют факты ежегодного завершения полного цикла сезонного развития одной генерации вредителя, включая наживочное преддиапаузное питание особей окрылившегося летнего поколения, независимо от естественных колебаний уровня теплообеспеченности местности по годам [Фасулати, 2010, и др.].

Показано, что для северного экотипа колорадского жука характерны высокая степень синхронизации начала выхода перезимовавших жуков из почвы с появлением первых всходов картофеля и пониженные температурные нормы развития преимагинальных фаз. Это выражается в ускоренном развитии личинок и куколок на любом фоне постоянной температуры по сравнению с особями более южных экотипов вида [Фасулати, 2010]. Окрыление имаго нового поколения из яиц ранних сроков откладки обычно начинается задолго до окончания вегетации картофеля и уборки урожая. При этом местные популяции вредителя сохраняют потенциальную поливольтинность, и часть особей летней генерации вскоре после окрыления приступает к спариванию и откладке яиц на следующее поколение. Личинки из первых таких кладок нередко успевают развиваться до предкуколки и куколки, а в 2002 г. отмечалось и окрыление единичных имаго 2-й генерации.

Установлено также, что для развития северного экотипа колорадского жука оптимален только картофель и неблагоприятны культуры как томата, так и баклажана, что закономерно с учетом направлений территориальной экспансии вида и путей его проникновения в Северо-Западный регион. Это проявляется замедленными темпами и большей степенью гетерохронии развития личинок на культурах баклажана и томата при питании как на вегетирующих растениях в поле (табл. 1, 2), так и их срезанными листьями в лабораторных условиях (табл. 3) по сравнению с развитием на картофеле, а также более низкими средними показателями выживаемости личинок в любых условиях эксперимента (табл. 2, 3). Тем не менее, в полевых опытах с культурами баклажана и томата цикл развития одной генерации колорадского жука также завершается, что подтверждает возможность и корректность проведения оценки любых пасленовых культур на устойчивость к колорадскому жуку в условиях Ленинградской области в полном объеме.

В то же время важное методическое значение для корректности проведения опытов по изучению и оценке устойчивости пасленовых культур к колорадскому жуку имеет учет ряда биоэкологических особенностей самого насекомого. В первую очередь это внутривидовой адаптационный полиморфизм фитофага по параметрам абиотических и пищевых адаптаций его внутривидовых форм, который в полной мере выражен и у северного экотипа вида [Фасулати, 2010, и др.]. Показано, что по характеру реакций на различные виды и сорта кормовых растений разли-

чаются группы особей, маркированные не только разными фенами и морфами переднеспинки имаго, но и оттенками пигментации яиц. Показательны примеры существенных различий выживаемости групп личинок, вышедших из кладок яиц различного цвета, при питании одинаковым кормом, особенно устойчивыми образцами растений – например, в полевых условиях при развитии на сортах картофеля Лига и Наяда с различными механизмами устойчивости к вредителю (табл. 4) и на листьях разных сортов баклажана в лабораторном опыте (табл. 5).

Таким образом, для получения объективных сравнительных характеристик устойчивости картофеля и других пасленовых культур к колорадскому жуку необходимо для закладки опытов, проводимых в поле с искусственным заселением растений вредителем или в лабораторных условиях, отбирать для заселения каждого варианта опыта (а в укрупненных полевых опытах – и каждой повторности) возможно более генетически неоднородный энтомологический материал, репрезентативно отражающий гетерогенность местной популяции фитофага. Для этого следует собирать для экспериментов кладки яиц различной пигментации примерно в равной пропорции, а также проводить их сбор частями на разных участках картофельного поля, что обеспечит заселение каждого варианта закладываемых опытов личинками разных семей жука.

Также известно, что от иммунологических свойств сорта кормового растения зависит жизнеспособность не только развивающейся, но и очередной генерации фитофага и общий биотический потенциал его местной популяции, которая в результате развития на посадках устойчивых сортов становится ослабленной [Шапиро, 1985; Фитосанитарная дестабилизация..., 2013, и др.]. Это существенно сказывается на результатах экспериментов, проводимых с неблагоприятными для северного экотипа жука культурами баклажана и томата при использовании личинок 2-й генерации из кладок яиц, отложенных активными самками окрылившегося летнего поколения. Так, в лабораторном опыте с личинками 2-й генерации из яиц, собранных в августе 2013 г. с массива картофеля устойчивого к вредителю сорта Ладожский, получены в целом весьма низкие показатели выживаемости личинок и куколок почти во всех вариантах с культурой баклажана – с различиями на этом фоне по сортам и с учетом цвета яиц; в опытах же других лет, где использовался биоматериал с посадок благоприятных для фитофага сортов картофеля Аврора, Невский, Чародей и др., средний уровень его преимагинальной выживаемости при выкармливании листьями баклажана был значительно выше (табл. 5).

Подобные проявления изменчивости показателей развития личинок в экспериментах также нередко связаны с адаптационным полиморфизмом колорадского жука. Ниже приведены два примера лабораторных опытов с различными сортами баклажана и томата, где отмечены в целом более высокие показатели выживаемости преимагинальных фаз вредителя в вариантах, заселенных личинками

Таблица 1. Динамика развития колорадского жука на различных образцах баклажана и картофеля при искусственном заселении растений личинками на опытном поле ВИЗР, 2015 г.

Кормовое растение – культура и сорт	Период присутствия (обнаружения) особей на растениях:																										
	– С 7.07 –			Личинки и дата их подсадки						+ + Окрылвшиеся молодые имаго																	
				▲ Начало ухода личинок на окукливание																							
Баклажан – сорта:																											
Вера	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Алмаз	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Длинный фиол.	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Смуглянка	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Снежок	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Солярис	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Черный красавец	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Черномор	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Полосатый рейс	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Мечта огородн.	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Пушок	– С 7.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Картофель – сорта:																											
Каратоп	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Алый парус	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Сударыня	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Чароит	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Майский цветок	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Ломоносовский	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Жемчужина	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Невский	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Лига	– С 15.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Коломба	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Чародей	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Рябинушка	– С 15.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Гусар	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Наяда	– С 11.07	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Евразия	– С 11.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Аврора	– С 15.07	–	–	▲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–											
Даты	1..5	..10	..15	..20	..25	..31	1..5	..10	..15	..20	..25	..31	1..5	..10	..15	..20	..25	..30									
Месяцы	Июль			Июль			Август			Август			Сентябрь			Сентябрь											
Декады	II			III			I			II			I			II											
Сред. t °C	18.0			15.6			18.3			18.5			16.3			18.0			14.2			14.8			12.9		

Таблица 2. Выживаемость особей северного экотипа колорадского жука (Ленинградская область) при развитии на различных пасленовых культурах. Опыты на полях ВИЗР и филиала ВИЗР «ТОСЗР» с искусственным заселением растений вредителем, 2013–2016 гг.

Кормовое растение и пункт проведения опытов	Выборка: повторность* и количество подсаженных личинок I возраста, экз.	Показатели развития колорадского жука:		
		Выжило личинок IV возраста, % ± ошибка	Окрылилось жуков 1-й генерации, % ± ошибка	Гетерохрония развития личинок, дни
Картофель – поле ВИЗР, 2015 г.	16 / 1836	56.9 ± 3.60 a	43.0 ± 3.75 a	6...12
Картофель – поле ТОСЗР, 2015 г., в том числе по сортам картофеля:	24 / 2482	54.3 ± 2.83 a	22.7 ± 2.01 b	
сорт Елизавета	4 / 457	51.9 ± 2.40	19.3 ± 1.86	
« Чародей	4 / 472	62.1 ± 7.54	29.7 ± 4.26	8...15
« Лига	4 / 434	41.2 ± 5.68	14.1 ± 2.89	
« Наяда	4 / 375	60.5 ± 5.88	24.3 ± 3.41	
« Сударыня	4 / 354	52.5 ± 2.67	19.5 ± 3.11	
« Аврора	4 / 393	57.3 ± 8.02	24.2 ± 7.33	
Картофель – поле ВИЗР, 2013 г.	12 / 1088	41.2 ± 3.08 a	27.1 ± 3.00 b	
Баклажан – поле ВИЗР, 2015 г.	11 / 1432	32.2 ± 3.28 b	18.3 ± 2.41 b	23...50
Баклажан – поле ВИЗР, 2016 г.	12 / 1648	16.4 ± 2.48 b	0.9 ± 0.35 c	Более 50
Томат – поле ВИЗР, 2015 г.	10 / 1047	7.3 ± 2.57 c	3.6 ± 1.42 c	Более 50
Томат – поле ВИЗР, 2016 г.	6 / 653	4.4 ± 1.63 c	0.8 ± 0.29 c	Более 50

Примечание. a, b, c – различия между вариантами значимы при P ≥ 0.95...0.99.

*Повторность – количество вариантов полевого опыта с различными сортами данной культуры (поле ВИЗР) и общее количество вариантов с 6 сортами картофеля и 4 внутривидовыми формами жука на каждом сорте (поле ТОСЗР).

Таблица 3. Средние показатели развития преимагинальных фаз северного экотипа колорадского жука при питании личинок 2-й генерации листьями различных пасленовых культур в лабораторных условиях при температуре 25 ± 1 °С. ВИЗР, 2012 г.

Кормовое растение	Выборка: Повторность* / Общее количество подсаженных личинок I возраста	Минимальная продолжительность развития особей на разных сортах культуры (дни):		Средний % выживших особей от количества подсаженных личинок	
		Личинок до ухода на окукливание	От выхода личинок до окрыления имаго нового поколения	Личинок IV возраста	Окрылившихся имаго
Картофель	12 / 401	9.7...13.8	23.9...28.8	86.5 ± 2.85	59.8 ± 4.00
Баклажан	8 / 616	11.9...20.3	29.9...38.1	49.9 ± 5.69	14.0 ± 3.48
Томат	13 / 672	10.5...18.8	21.7...32.4	64.1 ± 5.76	46.7 ± 4.68

Примечание. * Повторность – количество вариантов с разными сортами.

Таблица 4. Выживаемость особей северного экотипа колорадского жука (Ленинградская область) при развитии на различных сортах картофеля с учетом полиморфизма фитофага по признаку пигментации яиц. Полевой опыт на Тосненском филиале ВИЗР, 2015 г.

Сорт картофеля	Цвет кладок яиц, из которых выведены личинки	Количество подсаженных личинок I возраста, экз.	Выжило личинок IV возраста, %	Окрылилось жуков 1-й генерации, %
Елизавета *	Желтый	120	45.8	21.7
	Оранжево-желтый	130	52.3	20.0
	Оранжевый	154	58.4	19.5
	Оранжево-красный	50	48.0	12.0
	<i>Суммарно по сорту:</i>	457	51.9 ± 2.40	19.3 ± 1.86
Чародей	Желтый	120	35.8	20.0
	Оранжево-желтый	144	74.3	38.2
	Оранжевый	158	69.6	32.9
	Оранжево-красный	50	66.0	18.0
	<i>Суммарно по сорту:</i>	472	62.1 ± 7.54	29.7 ± 4.26
Лига *	Желтый	115	27.0	9.6
	Оранжево-желтый	128	48.4	16.4
	Оранжевый	143	51.0	18.9
	Оранжево-красный	48	27.1	4.2
	<i>Суммарно по сорту:</i>	434	41.2 ± 5.68	14.1 ± 2.89
Наяда *	Желтый	92	75.5	26.7
	Оранжево-желтый	105	46.7	31.4
	Оранжевый	130	66.1	14.6
	Оранжево-красный	48	50.0	31.2
	<i>Суммарно по сорту:</i>	375	60.5 ± 5.88	24.3 ± 3.41
Сударыня *	Желтый	90	55.5	22.2
	Оранжево-желтый	90	60.0	15.5
	Оранжевый	127	46.5	24.4
	Оранжево-красный	47	48.9	8.5
	<i>Суммарно по сорту:</i>	354	52.5 ± 2.67	19.5 ± 3.11
Аврора	Желтый	97	46.4	22.7
	Оранжево-желтый	118	66.1	44.1
	Оранжевый	130	61.5	14.6
	Оранжево-красный	48	25.0	4.2
	<i>Суммарно по сорту:</i>	393	57.3 ± 8.02	24.2 ± 7.33
<i>Суммарно по всему полевому опыту:</i>		2482	54.3 ± 2.82	22.7 ± 2.01

Примечание. * Сорта с различными механизмами устойчивости к колорадскому жуку.

из кладок яиц на 2-ю генерацию, которые были собраны в поле с растений соответственно данной культуры, а не с картофеля. Такой результат может быть объяснен выбором растений баклажана и томата для откладки яиц преимущественно жуками более адаптированными к ним генотипов из состава местной популяции вида (табл. 6).

В связи с этим для получения объективных результатов лабораторной оценки на устойчивость к колорадскому жуку образцов баклажана и томата, если ее проведение возможно лишь с использованием личинок 2-й генерации вредителя и при этом не ставятся сугубо научно-исследовательские задачи, необходимые для опытов кладки яиц сле-

дует собирать с посадок неустойчивых сортов картофеля, обеспечивающих благоприятные условия развития личинок и оптимальное физиологическое состояние окрылившихся имаго 1-й генерации – типа сортов Невский, Чародей, Скарб, Аврора и др.

Заключение

Результаты многолетних исследований показали возможность проведения работ по оценке устойчивости образцов любых пасленовых культур (картофель, баклажан, томат) к колорадскому жуку в условиях Ленинградской области как лабораторными, так и полевыми методами.

Таблица 5. Выживаемость преимагинальных фаз северного экотипа колорадского жука (Ленинградская обл.) при питании личинок 2-й генерации листьями различных сортов баклажана в лабораторных условиях с учетом пигментации кладок яиц. ВИЗР, 2013–2015 гг.

Сорта баклажана	Цвет кладок яиц, отложенных на 2-ю ген.	Выборка L1: повт.* / экз.	Выжило личинок, % к количеству L1	Окрылилось жуков, % к количеству L1
Банан	Желтые	26	0	0
	Оранжево-красные	27	40.7	3.7
Марафонец	Желтые	24	37.5	4.2
	Оранжево-красные	27	62.9	14.8
Алмаз	Желтые	35	5.7	5.7
	Оранжево-красные	15	0	0
Икорный	Желтые	24	0	0
	Оранжево-красные	26	30.8	11.5
Галич	Желтые	23	4.3	4.3
	Оранжево-красные	27	25.9	3.7
Универсал 6	Желтые	35	2.8	0
	Оранжево-красные	15	20.0	9.5
Суммарно по опыту 2013 г.:	Желтые	6 / 167	8.4 ± 5.38	2.4 ± 0.98
	Оранжево-красные	6 / 137	30.1 ± 7.84	7.2 ± 2.09
Для сравнения – средние данные аналогичных опытов других лет с сортами баклажана:				
2014 г., личинки 1-й генерации	Все цветовые оттенки	11 / 483	58.8 ± 6.13	23.7 ± 4.34
2014 г., личинки 2-й генерации	Все цветовые оттенки	10 / 742	44.4 ± 5.39	15.1 ± 3.23
2015 г., личинки 2-й генерации	Все цветовые оттенки	5 / 164	75.4 ± 6.41	44.9 ± 2.83

Примечание. * Повторность – количество вариантов с разными сортами баклажана

Таблица 6. Выживаемость преимагинальных фаз северного экотипа колорадского жука (Ленинградская обл.) при питании личинок 2-й генерации листьями баклажана и томата в лабораторных условиях с учетом мест откладки яиц. ВИЗР, 2006 г.

Корм личинок	Растения, на которые были отложены яйца на опытном поле ВИЗР	А	Б	В
Листья баклажана	Сбор кладок яиц с растений баклажана	21 / 237	33.7 ± 5.6	28.5
То же	Сбор кладок яиц с растений картофеля	27 / 412	27.2 ± 5.4	7.4
Листья томата	Сбор кладок яиц с растений томата	8 / 128	41.0 ± 5.8	37.5
То же	Сбор кладок яиц с растений картофеля	7 / 137	30.4 ± 3.7	0

Примечание.

А – общая повторность / общая выборка: количество проб (семей личинок) во всех сортовых вариантах опыта / суммарное количество подсаженных личинок I возраста; **Б** – средний общий % преимагинальной выживаемости (количество окрылившихся имаго в % к исходному количеству подсаженных личинок I возраста); **В** – % повторностей с выживаемостью 50% особей и выше.

Значения биологических показателей продолжительности и гетерохронии развития личинок и куколок, выживаемости преимагинальных фаз колорадского жука при питании любыми видами и сортами кормовых растений во многом обусловлены проявлениями полиморфизма фитофага по параметрам пищевых адаптаций его внутривидовых форм. Показано, что по реакциям на одни и те же образцы пасленовых культур различаются группы особей, маркированные различными оттенками пигментации яиц, что особенно заметно при питании личинок устойчивыми образцами кормовых растений.

С учетом этого должны быть уточнены методические требования, которые следует соблюдать при проведении оценки образцов картофеля, баклажана и томата на устойчивость к колорадскому жуку в лабораторных и полевых опытах с искусственным заселением растений вредителем. Наиболее существенны из них следующие:

1. Выборка особей для заселения каждого варианта опыта с различными образцами кормовых растений должна репрезентативно отражать генетическую гетерогенность местной популяции колорадского жука. Для этого она должна включать личинок нескольких разных семей – же-

лательно выведенных из кладок яиц различных оттенков пигментации, что является надежным признаком их откладки разными самками.

2. Личинки одной семьи, вышедшие из крупной кладки яиц, могут быть расселены по частям только в разные варианты опыта, т.е. на различные образцы кормовых растений, но не в разные повторности одного пищевого варианта.

3. Для лабораторной оценки образцов растений на устойчивость к вредителю при использовании личинок его 2-й генерации кладки яиц для опытов следует собирать с посадок благоприятных для развития фитофага сортов картофеля, чтобы снизить вероятность взятия биоматериала, ослабленного влиянием иммунологических свойств растений. Это особенно важно при проведении оценки образцов баклажана и томата с использованием особей слабо адаптированных к ним экотипов колорадского жука – например, северного.

При несоблюдении этих условий высока вероятность заселения опыта или его отдельных вариантов либо генетически однородным, либо физиологически ослабленным биоматериалом, что неизбежно скажется на результатах оценки образцов растений на устойчивость к вредителю.

Библиографический список (References)

- Иванова О.В., Фасулати С.Р. Принципы и методы отбора устойчивых к колорадскому жуку форм картофеля и овощных пасленовых культур // Защита и карантин растений. 2016. N 10. С. 12–16.
- Колорадский картофельный жук / Отв. ред. Р.С. Ушатинская. М.: Наука, 1981. 377 с.
- Методические рекомендации по оценке устойчивости картофеля и кукурузы к главнейшим вредителям / Науч. ред. И.Д. Шапиро. Л.: ВИЗР, 1980. 138 с.
- Методические рекомендации по изучению и оценке форм картофеля на устойчивость к колорадскому жуку / И.Д. Шапиро, Н.А. Вилкова, С.Р. Фасулати, Л.С. Ивашенко. Moscow: РАСХН, ВИЗР, 1993. 47 с.
- Принципы и методы выявления источников групповой и комплексной устойчивости основных сельскохозяйственных культур к вредным организмам / Н.А. Вилкова, Л.И. Нefeldова, Б.П. Асякин, Ал. В. Конарев, А.Б. Верещагина, О.В. Иванова, В.А. Раздобурдин, С.Р. Фасулати, Т.М. Юсупов. СПб.: РАСХН, ВИЗР, ИЦЗР, 2009. 72 с.
- Успехи учреждений северо-запада России в селекции сортов картофеля, устойчивых к вредным организмам / С.Р. Фасулати, А.М. Лазарев, О.В. Иванова, Л.П. Козлов, Л.А. Лиманцева, А.В. Хютти, А.С. Ордина, Н.М. Гаджиев, З.З. Евдокимова, В.А. Лебедева // М.: Защита картофеля. 2014. N 1. С. 65–68.
- Фасулати С.Р. Формирование внутривидовой структуры у насекомых в условиях агроэкосистем на примерах колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) и вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) // Научный вестник Ужгородского университета. Серия Биология. Ужгород, 2010. Вып.29. С. 13–27.
- Фасулати С.Р., Иванова О.В. Устойчивые сорта как основа интегрированной защиты картофеля от колорадского жука // Защита картофеля. 2015. N 2. С. 32–35.
- Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нefeldова, С.Р. Фасулати. СПб.: Родные просторы, 2013. 184 с.
- Шапиро И.Д. Иммунитет полевых культур к насекомым и клещам. Л.: ЗИН АН СССР, 1985. 321 с.
- Яхонтов В.В. Экология насекомых. 2-е изд. М.: Высшая школа, 1969. 488 с.
- Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management. / Edited by Philippe Giordanengo, Charles Vincent, and Andrei Alyokhin. Amsterdam - Boston - Heidelberg - London - New York - Oxford - Paris - San Diego - San Francisco - Singapore - Sydney - Tokyo: Academic Press is an imprint of Elsevier. 2013. 598 p., ill.

Translation of Russian References

- Fasulati S.R. Forming of infra-specific structure in insects in agroecosystem conditions on the examples of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) and Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) // Naukoviy visnik Uzhgorodskogo universitetu. Seria Biologia. Uzhgorod, 2010. V. 29. P. 13–27. (In Russian).
- Fasulati S.R., Ivanova O.V. Resistant varieties as a basis of integrated potato protection from Colorado potato beetle // Zashchita kartofelya. 2015. N 12. P. 32–35. (In Russian).
- Fasulati S.R., Lazarev A.M., Ivanova O.V., Kozlov L.P., Limantseva L.A., Khyutti A.V., Orina A.S., Gadzhiev N.M., Evdokimova Z.Z., Lebedeva V.A. Successes of institutions from the North-West of Russia in breeding potato varieties with resistance to pest organisms / Moscow: Zashchita kartofelja. 2014. N 1. P. 65–68. (In Russian).
- Ivanova O.V., Fasulati S.R. Principles and methods of screening potato and vegetable solanaceous crop varieties resistant to Colorado potato beetle // Moscow. Zashchita i karantin rasteniy. 2016. N 10. P. 12–16. (In Russian).
- Methodical recommendations for the evaluation of the potato and the maize resistance to the main pests / Scient/ ed. I.D. Shapiro. St. Petersburg: VIZR, 1980. 138 s. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefeldova L.I., Fasulati S.R. Phytosanitary destabilization of agroecosystems / St. Petersburg: Rodnye prostory, 2013. 184 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Immunity of field crops to insects and mites. St. Petersburg: Zool. institut AN SSSR, 1985. 321 p. (In Russian).
- Shapiro I.D., Vilkova N.A., Fasulati S.R., Ivaschenko L.S. Methodical recommendations for researching and evaluation of potato varieties for resistance to Colorado potato beetle / Moscow: RASKHN, VIZR, 1993. 47 p. (In Russian).
- Ushatinskaya R.S. (Ed.). Colorado Potato Beetle / Moscow: Nauka, 1981. 377 p. (In Russian).
- Vilkova N.A., Nefeldova L.I., Asyakin B.P., Konarev A.I.V., Vereshchagina A.B., Ivanova O.V., Razdoburdin V.A., Fasulati S.R., Yusupov T.M. Principles and methods of revealing sources of group and complex resistance of main agricultural crops to pest organisms / St. Petersburg: RASKHN, VIZR, ICZR, 2009. 72 p. (In Russian).
- Yakhontov V.V. Ecology of Insects. 2nd ed. Moscow: Vysshaya shkola, 1969. 488 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 43–48

VARIABILITY OF BIOLOGICAL PARAMETERS OF COLORADO POTATO BEETLE DEVELOPMENT AT EVALUATION OF SOLANACEOUS CULTIVARS FOR RESISTANCE IN DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS

S.R. Fasulati, O.V. Ivanova

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

Such biological parameters as survival and preimaginal development duration vary widely in connection with the intra-specific polymorphism of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae), and in different ecological conditions. Those parameters are used as the main criteria in evaluation of the solanaceous cultivars for their resistance. So, the methodical requirements to collecting the beetles and their eggs for the laboratory and field experiments could be precised. These conclusions are illustrated by potato, eggplant and tomato examples.

Keywords: potato, eggplant, tomato, Colorado potato beetle, pest, variety, plant resistance to pests.

Сведения об авторах

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

*Фасулати Сергей Радиевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: fasulatiser.spb@mail.ru
Иванова Ольга Вениаминовна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: info@vizr.spb.ru

Information about the authors

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

*Fasulati Sergey Radievich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: fasulatiser.spb@mail.ru
Ivanova Olga Veniaminovna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: info@vizr.spb.ru

УДК 632. 938.1/951: 595.768.12.

ПОЛОЖЕНИЕ С РЕЗИСТЕНТНОСТЬЮ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY К ИНСЕКТИЦИДАМ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РФ

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

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Приведены результаты многолетнего мониторинга развития резистентности к инсектицидам у колорадского жука в Северо-Западном регионе РФ. Установлено формирование групповой резистентности к пиретроидам и неоникотиноидам в ленинградской, псковской, новгородской, вологодской и калининградской популяциях вредителя. Выявлено формирование перекрестной резистентности к спиносаду в высокорезистентной к пиретроидам вологодской популяции. В ряде популяций отмечено развитие резистентности к фосфорорганическим препаратам. На этом фоне обнаружено формирование множественной резистентности к применяемым средствам борьбы в популяциях колорадского жука. Причинами формирования резистентных к инсектицидам популяций фитофага являются интенсивное применение в борьбе с ним инсектицидов разных химических классов, а также занос резистентных к ним генотипов вредителя из соседних регионов. Для выявления развития резистентности у колорадского жука к инсектицидам необходим поэтапный мониторинг этого процесса, который базируется на использовании фенотипического метода оценки изменений структуры популяций под влиянием токсического воздействия и токсикологического метода, основанного на тестировании личинок 2 возраста жука диагностическими концентрациями препаратов.

Ключевые слова: колорадский жук, инсектициды, резистентность, диагностическая концентрация, фенотипы, структура популяции, фенотипический и токсикологические методы мониторинга развития резистентности.

Колорадский жук (КЖ) – инвазионный вид, освоивший за полтора столетия основные зоны картофелеводства Северо-Американского, а начиная с 20 гг. прошлого столетия и Европейского континентов. Такое быстрое расширение видового ареала этого опасного вредителя пасленовых культур было обусловлено переходом на питание культурным картофелем, т.е. более благоприятным кормом, чем дикорастущие пасленовые растения Скалистых гор, способностью к активным миграциям, большой генетической изменчивостью и экологической пластичностью [Ушатинская, 1981].

Первые очаги КЖ на территории бывшего СССР были обнаружены в 1949 г. в Львовской области [Чигарев, 1960], но проводимые карантинные мероприятия на протяжении почти 10 лет сдерживали его проникновение вглубь страны. Однако ситуация в корне изменилась после инвазии 1958–1959 гг., когда началось активное расселение вредителя по зонам культивирования картофеля в Европейской части страны в восточном направлении. По данным карантинной службы в 80 гг. прошлого столетия очаги КЖ жука были обнаружены в Закавказье, а также в Западной Сибири, Казахстане, Средней Азии и продолжалось его дальнейшее продвижение на Восток [Васютин и др., 2000]. В последние два десятилетия КЖ жук распространился во многих районах Северо-Запада, где его акклиматизация считалась ранее невозможной [Будин, Власова, 1977; Ушатинская, 1981].

По мнению С.Р. Фасулати инвазия КЖ в районы Ленинградской области произошла в июне 1998 г. в результате заноса с сильными южными ветрами из граничащих с ней районов Псковской и Новгородской областей. Проведенные этим исследователем в 1998–2001 гг. наблюдения выявили адаптацию вредителя к условиям Ленинградской и сопредельных областей со сдвигом его ареала до 150–250 км на север в результате микроэволюционных процессов, выразившихся в отборе генотипов жука с пониженными требованиями к теплу [Фасулати, 2002]. В итоге в субэкс-

тремальных климатических условиях Северо-Западного региона сформировался новый северный экотип этого вида [Фасулати и др., 2007].

Благоприятные погодные условия, сложившиеся для КЖ в Северо-Западном регионе в начале 2000 гг., отсутствие устойчивых сортов и специализированных энтомофагов способствовали массовому его развитию на посадках картофеля, что привело к интенсивным обработкам культуры фосфорорганическими инсектицидами и пиретроидами.

В литературе имеются многочисленные данные зарубежных и отечественных исследователей о том, что КЖ, как эволюционно молодой вид, быстро развивает резистентность к инсектицидам, попадая на протяжении всего своего ареала под постоянный химический пресс. Этот процесс протекает благодаря наличию в популяциях вредителя особей с широким спектром адаптационного полиморфизма по способности детоксицировать различные физиологически активные вещества вторичного обмена пасленовых культур, а также инсектициды [Павлюшин и др., 2009]. Еще в конце прошлого столетия КЖ был отнесен специалистами ФАО к числу 13 видов вредных членистоногих, в популяциях которых резистентность достигла «критического уровня», так как сформировалась, практически, ко всем применяемым в борьбе с ними инсектицидам в основных зонах картофелеводства мира [Georghiou, Lagunes-Tejeda, 1991].

Это обстоятельство, а также имеющиеся данные отечественных исследователей, включая наши, по развитию резистентности в популяциях КЖ к хлороорганическим, затем к фосфорорганическим препаратам и пиретроидам в 70–90 гг. прошлого столетия на Украине, в Белоруссии, Молдавии, Московской области, ЦЧЗ и на Северном Кавказе положили начало изучению чувствительности вредителя к применяемым инсектицидам в Северо-Западном регионе.

Материалы и методы

Для оценки положения с развитием резистентности у колорадского жука к применяемым инсектицидам в Северо-Западном регионе исследования начали проводить сразу после инвазии в 1998 г. В работе использовали стандартный токсикологический метод ее выявления в популяциях вредителя, позволяющий определять такие токсикологические параметры инсектицидов, как СК₅₀ и СК₉₅ (концентрации препаратов, вызывающая 50% и 95% гибель особей исследуемой популяции) и ПР (показатель резистентности, определяемый соотношением величин СК₅₀ препарата для изучаемой и стандартной чувствительной популяций) [Сухорученко и др., 2004]. По величине ПР судили о достигнутом вредителем уровне развития резистентности к инсектициду и перспективе его использования в системе борьбы.

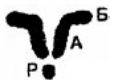





Анализу подвергали выборки КЖ из популяций, названных по административному месту отбора проб в Северо-Западном регионе (ленинградская, калининградская, вологодская, псковская, новгородская). Собранных на посадках картофеля фермерских хозяйств или опытных участках НИИ жуков перезимовавшего поколения содержали в лаборатории в вегетационных сосудах, выстланных фильтровальной бумагой, на букетах из листьев картофеля для получения потомства. Опыты проводили с двухдневными личинками 2 возраста, которых тестировали применяемыми в борьбе с жуком пиретроидами: суми-альфа, 50 КЭ (д.в. эсфенвалерат), децис, 250 КЭ (д.в. дельтаметрин) и цимбуш, 250 КЭ, (д.в. циметрин); фосфорорганическими препаратами: дурсбан, 480 КЭ (д.в. хлорпирифос) и актеллик, 500 КЭ (д.в. пиримифосметил); инсектицидами из новых химических классов – неоникотиноидов: конфидор, 200 ВРК (д.в. имадаклоприд), актара, 250 ВДГ (д.в. тиаметокам) и спиносин – спинтор, 240 СК (д.в. спиносин А+ Спиносин Д). Для расчета значений СК₅₀ и СК₉₅ инсектицидов личинок жука обрабатывали токсикантами в серии концентраций (5–6). Опыты ставили в 4–5 повторностях

не менее 10 личинок в каждой. Полученные ряды смертности личинок обрабатывали методом пробит-анализа.

Помимо этого, для выявления развития резистентности к применяемым инсектицидам в исследуемых популяциях КЖ использовали экспресс-метод, позволяющий определять частоты встречаемости в них резистентных к токсикантам генотипов с помощью ДК (диагностическая концентрация препарата, равная двукратному значению СК₉₅, полученному в исследованиях), обеспечивающей 100% гибель особей стандартной чувствительной популяции. Тестированию ДК подвергали не менее 100 личинок исследуемых популяций. Все выживающие после обработки такой концентрацией инсектицида особи считаются потенциально резистентными.

Для диагностики развития резистентности у КЖ к инсектицидам использовали также метод фенетики, позволяющий визуально оценивать изменения фенотипической структуры его популяций в зависимости от интенсивности токсического на них воздействия по морфологическим признакам – изменчивости рисунка центральной части переднеспинки имаго [Фасулати, 1985]. Усовершенствование этой методики позволило для анализа фенооблика популяций жука вместо 9 морфотипов, предложенных С.Р. Фасулати, использовать 6 морфотипов (фенокомпозиций). Эти морфотипы характеризуются двумя устойчивыми неметрическими признаками (фенами) – наличием пятна (Р) с разной интенсивностью окраски или его отсутствием в нижней части переднеспинки имаго и слиянием или отсутствием слияния продольных полос (А) с пятнами (В) в верхней их части (табл. 1). Среди 6 морфотипов, как показали ранее проведенные исследования, увеличение доли 3 морфотипа позволяет судить о развитии резистентности к инсектициду в популяции вредителя [Васильева и др., 2004].

Таблица 1. Морфотипы колорадского жука, используемые для анализа фенооблика его популяций при мониторинге развития в них резистентности к инсектицидам

№ морфотипа	Тип рисунка центральной части переднеспинки имаго	Характеристика морфотипа
1		пятно Р имеется оба пятна В слиты с полосами А
2		пятно Р имеется одно из двух пятен В слито с одной из полос А
3		пятно Р имеется оба пятна В отделены от полос А
4		пятно Р отсутствует оба пятна В слиты с полосами А
5		пятно Р отсутствует одно из двух пятен В слито с одной из полос А
6		пятно Р отсутствует оба пятна В отделены от полос А

Результаты

Данные проведенного в 1999–2006 гг. мониторинга чувствительности КЖ к применяемым в борьбе с ним инсектицидам в ленинградской популяции вредителя выявили развитие резистентности к пиретроидам. Однако в зависимости от интенсивности использования отдельных препаратов этого химического класса степень ее развития к ним различается. Это хорошо прослеживается на при-

мере ежегодного тестирования выборок вредителя, собираемых на посадках картофеля фермерских хозяйств в окрестностях г. Павловска (табл. 1). В этих выборках наблюдается постепенное развитие резистентности к пиретроиду – суми-альфа, используемому в борьбе с КЖ все эти годы. За шестилетний период применения показатель резистентности насекомого к инсектициду в 2004 г. достиг

11.4х уровня, однако к пиретроиду цимбушу сохранялась чувствительность вредителя. На фоне формирующейся резистентности вредителя к суми-альфа было отмечено более чем двукратное снижение чувствительности к органофосфату дурсбану, а также к неоникотиноидам актаре и конфидору (табл. 1). Полученные значения $СК_{50}$ инсектицида спинтор из класса спиносинов, проходившему в эти годы регистрационные испытания, могут служить исходными показателями чувствительности КЖ к этому токсиканту при проведении дальнейшего мониторинга развития резистентности в его популяциях.

Для оценки ситуации, складывающейся с развитием резистентности у КЖ к средствам борьбы в последующие 2007–2010 гг., определяли частоту встречаемости резистентных особей к наиболее широко применяемым инсектицидам в нескольких популяциях из Северо-Западного региона. Результаты проведенного мониторинга выявили активное формирование групповой резистентности у вредителя к пиретроидам. Об этом свидетельствует высокая частота встречаемости резистентных к ним особей, практически, во всех исследуемых популяциях колорадского жука (табл. 3). При этом выборки из калининградской, вологодской и ленинградской (локальная выборка из Лужского района) популяций были охарактеризованы как высоко резистентные к пиретроидам, так как в них было выявлено от 50 до 97% резистентных особей к децису, суми-альфа или цимбушу, как следствие почти 10-летнего применения этих препаратов в Северо-Западном регионе. Выборки из псковской популяции и локальные выборки вредителя из ленинградской популяции (Гатчинский район) могут быть отнесены к средне резистентным, поскольку частота встречаемости в них резистентных к суми-альфа и децису генотипов колебалась в пределах 12.5–37.5%, к цимбушу – 5% (табл. 3).

Таблица 2. Варьирование показателей чувствительности к инсектицидам в ленинградской популяции колорадского жука (фермерские хозяйства в окрестностях г. Павловска, Пушкинский район г. Санкт-Петербурга)

Инсектицид	Год наблюдений	$СК_{50}$ для личинок 2 возраста, % д.в.	ПР
Суми-альфа, 50 КЭ	1997	0.000085±0.000001	S
	1999	0.000025 ±0.000002	2.9
	2001	0.000045±0.0000043	5.3
	2002	0.000057±0.0000049	6.7
	2003	0.000080±0.0000068	9.4
	2004	0.000097±0.0000065	11.4
	2005	0.00003±0.0000025	3.5
Цимбуш, 250 КЭ	2006	0.00001±0.0000009	1.2
	2001	0.00003±0.000003	S
	2002	0.000014±0.0000009	4.7
Дурсбан, 480 КЭ	2003	0.000017±0.0000013	5.7
	2006	0.000015±0.0000012	3.0
	1998	0.00007±0.000007	S
Конфидор, 200 ВРК	2002	0.000073±0.0000062	1.1
	2003	0.00014±0.000008	2.0
	2004	0.00018±0.000012	2.6
	2000	0.000015±0.00001	S
Актара, 250 ВДГ	2002	0.000019±0.0000017	1.3
	2003	0.000031±0.0000027	2.1
	2004	0.000029±0.0000022	1.9
	2006	0.000025±0.0000017	1.7
	2000	0.000004±0.0000001	S
Спинтор, 240 СК	2002	0.0000052±0.0000004	1.3
	2003	0.000015±0.0000014	3.8
	2004	0.000009±0.0000006	2.3
	2006	0.000004±0.0000002	1.0
Спинтор, 240 СК	2007	0.000005±0.0000004	1.3
	2002	0.0000022±0.0000002	S
	2003	0.0000042±0.0000002	1.9
	2004	0.0000035±0.0000003	1.6
	2006	0.0000018±0.00000012	0.8

Таблица 3. Частота встречаемости резистентных к инсектицидам особей в популяциях колорадского жука в Северо-Западном регионе (2007–2010 гг.)

Инсектицид	Диагностическая концентрация, % д.в.	Число резистентных к инсектицидам особей, %, в популяциях				
		Ленинградская		Псковская,	Вологодская,	Калининградская
		Гатчинский р-н (2008 г.)	Лужский р-н (2010 г.)	Пустошкинский р-н (2008 г.)	Устюженский р-н (2009 г.)	Гурьевский р-н (2007 г.)
Актеллик, 500 КЭ	0.0006	5.0	7.7	0	0	13.3
Децис, 250 КЭ	0.0001	37.5	57.5	37.5	–	63.5
Суми-альфа, 50 КЭ	0.00006	12.5	81.6	12.5	97.0	71.1
Цимбуш 250 КЭ	0.003	5.0	–	5.0	50.0	38.5
Актара, 250 ВДГ	0.00005	25.0	17.5	25.0	27.0	28.9
Конфидор, 200 ВРК	0.0007	0	0	10.0	20.0	6.0
Спинтор, 240 СК	0.00003	2.5	0	0	33.0	0

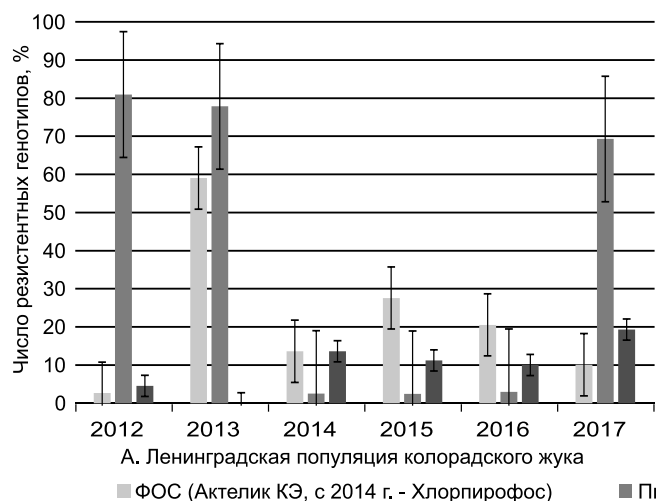
Помимо развития групповой резистентности к пиретроидам, в эти же годы отмечены факты начавшегося формирования групповой резистентности у вредителя и к неоникотиноидам. Применение неоникотиноидов на картофеле в Северо-Западном регионе началось в 2000 г. путем повсеместной обработки клубней как против комплекса вре-

дителей (проволочников, тлей, колорадского жука), так и в период вегетации растений целенаправленно против КЖ. Интенсивное применение препаратов тиаметоксама (актара, круйзер) и имидаклоприда (конфидор, престиж) значительно повысило эффективность защиты картофеля от КЖ, но способствовало развитию к ним резистентности в

разных популяциях вредителя (рис. 3). Об этом свидетельствует наличие во всех анализируемых популяциях от 17.5 до 28.9% резистентных к актаре и от 6.0 до 20.0% – к конфидору особей (табл.3).

На фоне формирующейся резистентности к пиретроидам и неоникотиноидам было обнаружено наличие от 5 до 13.3% резистентных к актеллику особей в ленинградской и калининградской популяциях, как результат применения на картофеле в борьбе с КЖ жуком в эти годы, наряду с другими инсектицидами, фосфорорганических препаратов (актеллик, дурсбан, пиринекс, хлорпирифос). Помимо этого в выборках жука из Гатчинского района было выявлено 2.5% и в вологодской популяции 33% резистентных к спинтору особей. Поскольку использование спинтора было ограничено только разовым его применением в рамках регистрационных испытаний в Пушкинском районе Ленинградской области, есть все основания полагать, что появление резистентных к этому инсектициду особей в названных выборках объясняется развитием перекрестной резистентности между интенсивно применяемыми пиретроидами и спиносинами, к которым относится спинтор.

Дальнейшие наблюдения за развитием резистентности у КЖ к применяемым инсектицидам в Северо-Западном регионе проводили на примере ленинградской и псковской



популяций. Анализ полученных материалов выявил существенные колебания в содержании в них резистентных к инсектицидам особей в зависимости от интенсивности применения тех или иных препаратов. Так в 2012–2013 гг. в обеих популяциях отмечалось высокое содержание резистентных к суми-альфа особей, а в 2013 г. – и к актеллику (рис. 1А, В), которые эти годы активно применялись в борьбе с вредителем. Однако, начиная с 2014 г. в Ленинградской области и с 2015 г. – в Псковской, произошло значительное сокращение численности колорадского жука из-за неблагоприятных погодных условий в Северо-Западном регионе в 2014–2017 гг. (резкие колебания температуры воздуха и обильные осадки в виде дождей, особенно в период зимней диапаузы).

Наблюдаемая депрессия развития колорадского жука в 2014–2017 гг. привела к снижению объемов наземных обработок в борьбе с вредителем и, соответственно, токсической нагрузки на его популяции, а это способствовало реверсии резистентности в ленинградской и псковской популяциях к применяемым инсектицидам, что проявилось в резком уменьшении, практически на порядок, доли содержания в них резистентных к суми-альфа, актаре и актеллику особей (рис. 1 А, В).

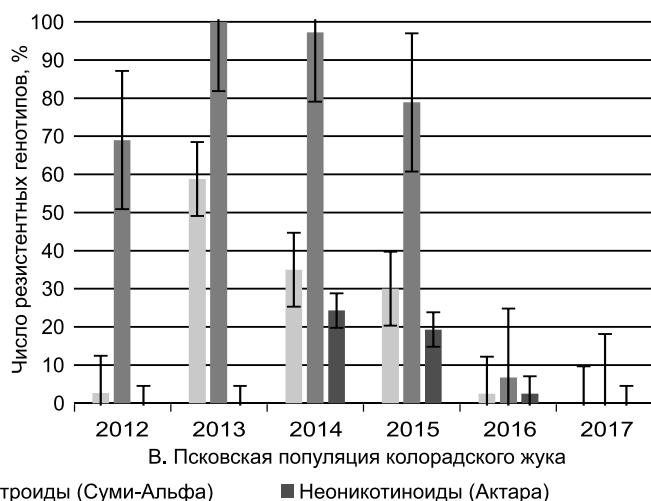


Рисунок 1. Частота встречаемости резистентных к инсектицидам генотипов в ленинградской и псковской популяциях колорадского жука (2012–2017 гг.)

В целом, анализ полученных за 17-летний период материалов свидетельствует о том, что воздействие на популяции КЖ в Северо-Западном регионе инсектицидов из химических классов фосфорорганических соединений, пиретроидов и неоникотиноидов привело к развитию в его популяциях разных типов резистентности к применяемым препаратам. Прежде всего, следует отметить развитие резистентности к отдельным препаратам из класса органофосфатов, групповой резистентности к пиретроидам и неоникотиноидам или множественной резистентности одновременно к препаратам из нескольких химических классов.

Формирование различных типов резистентности к инсектицидам в популяциях КЖ в Северо-Западном регионе значительно осложняет защиту картофеля в борьбе с этим вредителем и диктует необходимость поиска эффективных препаратов в борьбе с ним среди применяемых или перспективных для включения в системы борьбы с ним инсектицидов. Однако существующий токсикологический метод позволяет выявлять развитие резистентности к тому или

иному инсектициду в популяциях насекомого при массовом развитии вредителя, когда сроки выбора эффективных средств борьбы с ним упущены. В связи с этим представляет интерес фенетический метод, позволяющий определять изменения в структуре популяций фитофага под влиянием инсектицидов по соотношению 6 морфотипов имаго перезимовавшего поколения.

Проведенный в течение ряда лет мониторинг внутривидовой изменчивости КЖ в Северо-Западном регионе показал, что в фенотипике тестируемых популяций соотношение 6 используемых для анализа морфотипов меняется в зависимости от степени развития в них резистентности к инсектицидам (табл. 4). При этом различия во внутривидовой структуре популяций вредителя наиболее наглядно выявляются по соотношению трех доминирующих в них морфотипов N 1, N 2 и N 3. Три остальных морфотипа (N 4, N 5, N 6) являются минорными и присутствуют в популяциях в незначительных количествах или вообще отсутствуют (табл. 4).

Таблица 4. Фенотипическая структура популяций колорадского жука в Северо-Западном регионе (по данным мониторинга в 2005–2017 гг.)

Место сбора	Год	Число имаго в выборке	Доля морфотипов в выборке, %					
			1	2	3	4	5	6
Ленинградская популяция								
Ленинградская обл., Тосненский район, пос. Ушаки (опытное поле ВИЗР)	2007	65	57.2	23.1	19.0	0	0	0.7
	2009	100	54.0	30.0	15.0	0	0	1.0
Пушкинский район Санкт-Петербурга, г. Павловск (фермерские поля)	2006	72	50.0	9.8	37.5	0	1.3	1.4
	2007	123	40.7	23.5	35.8	0	0.0	0.0
	2011	112	8.9	10.7	80.4	0	0	0
	2012	120	33.4	20.0	46.6	0	0	0
	2013	66	18.1	13.6	67.8	0	0	0
Пушкинский район Санкт-Петербурга, г. Пушкин (опытное поле ВИЗР)	2006	476	24.2	21.4	54.2	0	0.2	0
	2007	432	23.4	22.2	53.7	0.2	0	0.5
	2008	130	40.0	24.6	35.4	0	0	0
Ленинградская обл., Волосовский район, ОПХ «Каложицы» (семенные посадки картофеля)	2011	112	8.9	10.7	80.4	0	0	0
	2007	116	24.1	34.5	34.5	0	0	6.9
	2008	94	36.2	14.9	48.9	0	0	0
	2012	80	27.5	27.5	45.0	0	0	0
Ленинградская обл., Гатчинский район, с. Рождествено (Гос. сортоучасток)	2010	98	19.4	25.5	55.1	0	0	0
	2011	523	23.5	21.5	55.0	0	0	0
	2012	143	24.4	26.6	46.2	0	0	2.8
	2015	82	22.0	26.8	51.2	0	0	0
Ленинградская обл., Гатчинский район, пос. Белогорка (Лен. НИИ СХ)	2007	64	15.6	9.4	71.9	0	0	3.1
	2008	178	11.1	8.9	79.8	0	0	0.2
	2010	73	32.9	16.4	50.7	0	0	0
	2015	67	29.9	13.4	56.7	0	0	0
Псковская популяция								
Псковская обл., Пустошкинский район, дер. Алоль (фермерские хозяйства)	2007	85	41.2	29.4	29.4	0	0	0
	2011	78	26.9	21.8	51.3	0	0	0
	2012	114	25.4	28.1	46.5	0	0	0
	2013	216	17.6	19.6	63.9	0	0	0
	2015	118	8.5	23.7	67.8	0	0	0
	2016	94	33.0	24.5	42.5	0	0	0
	2017	72	25.0	20.8	54.2	0	0	0
Новгородская популяция								
Новгородская обл., Волотовский район, дер. Городцы (фермерские хозяйства)	2007	94	19.1	23.4	53.2	0	0	4.3
	2008	142	40.8	29.6	26.8	0.7	0.7	1.4
	2009	110	33.6	23.7	42.7	0	0	0
	2011	221	9.5	12.7	77.8	0	0	0
Вологодская популяция								
Вологодская обл., Устюженский район, дер. Никола (фермерские хозяйства)	2005	100	28.0	17.0	55.0	0	0	0
	2006	90	13.3	8.9	68.9	2.2	0	6.7
Калининградская популяция								
Калининградская обл., Гурьевский район (фермерское хозяйство)	2005	105	23.8	20.0	54.3	0	0	1.9
	2006	110	24.3	20.0	53.7	0	0	1.7
	2007	114	22.8	19.3	46.5	2.6	0	8.8
	2008	84	14.3	28.6	57.1	0	0	0

Так, в тосненской выборке из ленинградской популяции, которая не подвергалась воздействию инсектицидов, в оба года исследований доминировал морфотип N 1, что характерно для северного экотипа насекомого [Фасулати и др., 2007]. В остальных выборках жука из ленинградской популяции, а также псковской, новгородской, вологодской и калининградской популяций наблюдалось доминирование морфотипа N 3. Необходимо отметить, что по мере развития резистентности в популяциях жука к применяемым средствам борьбы наблюдается увеличение доли морфотипа N 3.

Ранее с помощью корреляционного анализа была установлена тесная взаимосвязь ($r = 0.95$) морфотипа N 3 с развитием резистентности к инсектицидам в популяциях колорадского жука, в то время как морфотипы N 1 и N 2 являются термозависимыми и их содержание в популяциях коррелирует с колебаниями температуры воздуха в зоне или в разные годы [Васильева и др., 2004].

Таким образом, в результате 17-летнего изучения развития резистентности к инсектицидам у КЖ в Северо-Западном регионе РФ получены данные, свидетельствующие о значительной гетерогенности популяций колорадско-

го жука по признаку резистентности к инсектицидам из химических классов органофосфатов, пиретроидов и неоникотиноидов. Это является следствием различной интенсивности применения тех или иных средств борьбы в отдельных частях региона в разные годы. Одной из причин увеличения частоты встречаемости резистентных к различным инсектицидам особей в популяциях КЖ может быть их занос из регионов с интенсивным применением инсектицидов. Так, в Ленинградскую область проникли резистентные к пиретроидам особи КЖ из более южных районов, а дальнейшее увеличение их доли в популяции проходило за счет начавшегося применения инсектицидов этого химического класса в 2000 г. В калининградской популяции вредителя высокая частота встречаемости резистентных к актары особей жука объясняется их заносом из сопредельных районов Польши и Литвы, где этот неоникотиноид начал применяться на картофеле значительно раньше, чем в России [Зенькевич, 2009].

Развитие в популяциях вредителя нескольких типов резистентности (к отдельным инсектицидам, групповой,

перекрестной, множественной) требует проведения регулярного мониторинга ее развития к применяемым препаратам, состоящего из двух этапов, для выбора в системы борьбы эффективных препаратов:

– установление в популяциях вредителя факта развития резистентности к инсектицидам, независимо от их принадлежности к какому-либо химическому классу, с использованием в качестве биоиндикатора этого процесса морфотип N 3 рисунка центральной части переднеспинки перезимовавших имаго;

– определение длительности эффективного применения конкретных инсектицидов путем тестирования личинок 2 возраста жука их диагностическими концентрациями.

Такой поэтапный мониторинг позволит рационально использовать рекомендованный ассортимент инсектицидов для защиты картофеля от КЖ, что будет способствовать торможению процесса развития резистентности в популяциях вредителя к применяемым средствам борьбы в Северо-Западном регионе.

Библиографический список (References)

- Будин К.З. Власова В.А. Зоны возможной акклиматизации колорадского жука // Картофель и овощи. 1977. N 9. С. 35–36.
- Васильева Т.И., Иванова Г.П., Сухорученко Г.И., Иванов С.Г., Шевченко Н.М. Изменение фенотипической структуры популяций колорадского жука под влиянием пиретроидов и других факторов // Мат. междунар. науч.-пр. конф. «Химический метод защиты растений. Состояние и перспективы повышения экологической безопасности. СПб.: 2004. С. 43–45.
- Васютин А.С. Сметник А.И., Мордкович Я.Б. Динамика распространения колорадского жука: состояние и перспективы борьбы с ним // Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. М.: Наука. 2000. С. 41–44.
- Зенькевич С.В. Экологически малоопасная технология использования препаратов тиаметоксама для защиты картофеля от комплекса вредителей в хозяйствах Северо-Западного региона РФ. // Автореф. ... канд. дисс. Санкт-Петербург, 2009. 19 с.
- Павлюшин В.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р., Вилкова Н.А. Колорадский жук: распространение, экологическая пластичность, вредность, методы контроля // Защита и карантин растений. 2009. N 3. С. 2–29.
- Сухорученко Г.И., Васильева Т.И., Иванов С.Г. Колорадский жук // Методические указания по мониторингу резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих. СПб. 2004. С. 76–79.
- Ушатинская Р.С. Колорадский картофельный жук, *Leptinotarsa decemlineata* Say. Филогения, морфология, физиология, экология, адаптация, естественные враги / Р.С. Ушатинская (ред.). М.: Наука. 1981. С. 103–115, 251–261.
- Фасулати С.Р. Полиморфизм и популяционная структура колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) в европейской части СССР / С.Р. Фасулати // Экология. N 6. 1985. С. 50–56.
- Фасулати С.Р., Иванова О.В., Капусткин Д.В. Адаптация колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) и устойчивые к нему сорта картофеля в условиях Ленинградской области // XII съезд Русского энтомологического общества: тезисы докладов. Санкт-Петербург. 19-24 августа 2002. С. 357.
- Фасулати С.Р. Экологические особенности колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) // Тез. докл. XIII съезда Русского энтомологического общества. Краснодар. 2007. С. 209–210.
- Чигарев Г.А. Колорадский жук // Обзор распространения главнейших массовых вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 1959 г. и прогноз их появления в 1960 г. 1960. С. 155–160.
- Georghiou G.P., Lagunes-Tejeda A. The occurrence of resistance to pesticides in Arthropods // A-Gpp (Misc). 91-1. FAO of the United Nations. Rome. 1991.

Translation of Russian References

- Budin K.Z. Vlasova V.A. Zones of possible acclimatization of Colorado potato beetle // Kartofel' i ovoshchi. 1977. N 9. P. 35–36. (In Russian).
- Chigarev G.A. Colorado potato beetle // In: Obzor rasprostraneniya glavnejshikh massovykh vreditel'ej i boleznej sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v 1959 g. i prognoz ikh poyavleniya v 1960 g. 1960. P. 155-160. (In Russian).
- Fasulati S.R. Polymorphism and population structure of Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) in the European part of the USSR // Ekologiya. N 6. 1985. P. 50–56. (In Russian).
- Fasulati S.R., Ivanova O.V., Kapustkin D.V. Adaptation of Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) and resistant potato varieties in the Leningrad region // In: XII s'ezd Russkogo entomologicheskogo obshchestva: tezisy dokladov. Saint-Petersburg. 19-24 avgusta 2002. P. 357. (In Russian).
- Fasulati S.R., Ivanova O.V., Kapustkin D.V. Ecological features of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) // In: Tez. dokl. XIII s'ezda Russkogo entomologicheskogo obshchestva. Krasnodar. 2007. P. 209–210. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R., Vilkova N.A. Colorado potato beetle: distribution, ecological plasticity, harmfulness, control methods // Zashchita i karantin rastenij. 2009. N 3. P. 2–29. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Vasilieva T.I., Ivanov S.G. Colorado potato beetle // In: Metodicheskie ukazaniya po monitoringu rezistentnosti k pesticidam v populyacijakh vrednykh chlenistonogikh. St. Petersburg: 2004. P. 76–79. (In Russian).
- Ushatinskaya R.S. Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say. In: Ushatinskaya R.S. (Ed.). Phylogeny, morphology, physiology, ecology, adaptation, natural enemies. Moscow: Nauka. 1981. P. 103–115, 251–261. (In Russian).
- Vasilieva T.I., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.I., Ivanov S.G., Shevchenko N.M. Changes in phenotypic structure of Colorado potato beetle populations under the influence of pyrethroids and other factors // In: Mat. mezhdunarodnoj n.-pr. konferentsii «Himicheskij metod zashchity rastenij. Sostoyanie i perspektivy povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti. St. Petersburg, 2004. P. 43–45. (In Russian).
- Vasyutin S.A., Smetnik A.I., Mordkovich Y.B. Propagation Dynamics of Colorado potato beetle: status and prospects of its control // In: Sovremennye sistemy zashchity i novye napravleniya v povyshenii ustojchivosti kartofelya k koloradskomu zhuku. Moscow: Nauka. 2000. P. 41–44. (In Russian).
- Zenkevich S.V. Environmentally low-risk technology of using thiametoxam preparations to protect potatoes from a complex of pests in farms of the North-Western region of the Russian Federation. Avtoref. kand. diss., 2009, 19 p. (In Russian).

SITUATION WITH COLORADO BEETLE *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY RESISTANCE TO INSECTICIDES IN THE NORTH-WESTERN REGION OF RUSSIA

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

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

The results of long-term monitoring of insecticide resistance in the Colorado potato beetle in the North-Western region of the Russian Federation are presented. The formation of group resistance to pyrethroids and neonicotinoids in the Leningrad, Pskov, Novgorod, Vologda and Kaliningrad pest populations was established. The formation of cross-resistance to Spinosad in populations highly resistant to pyrethroids was revealed. In a number of populations, the development of resistance to organophosphorous drugs was noted. Against this background, the formation of multiple resistance to the control means in the populations of Colorado potato beetle was found. The reasons for the formation of insecticide-resistant populations of phytophage are the intensive use of insecticides of different chemical classes in its control, as well as the introduction of resistant pest genotypes from neighboring regions. To identify the development of resistance in the Colorado potato beetle to insecticides, it is necessary to monitor this process, which is based on the use of phenotypic method for assessing changes in the structure of populations under the influence of toxic effects, and toxicological method based on testing larvae of 2nd stage with diagnostic concentrations of drugs.

Keywords: Colorado potato beetle, insecticide, resistance, diagnostic concentration, population structure, phenotypic, toxicological, monitoring, development.

Сведения об авторах

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

* Ответственный за переписку

Information about the authors

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

* Corresponding author

УДК 632.754.1: 574.3:575.21

ФЕНОТИПИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВНУТРИВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ КЛОПОВ *EURYGASTER* SPP. В РАЗЛИЧНЫХ АГРОБИОЦЕНОЗАХ

А.В. Капусткина

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Цель исследований заключалась в изучении фенотипического разнообразия популяций клопов *Eurygaster* spp. в разных почвенно-климатических условиях России и изменений внутривидовой структуры их локальных популяций под воздействием антропогенных факторов. На основе методов феногенетики проведен анализ и сравнительное изучение внутривидовой структуры локальных популяций клопов-черепашек в агробиоценозах Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Западно-Сибирского федеральных округов РФ. Выявлено, что изменения частот морфотипов имаго в популяциях клопов-черепашек связаны с интенсивным воздействием на агробиоценозы пшеницы антропогенных факторов. Показано, что такие сорта пшеницы как Гром, Черноземка 115, Скипетр, Немчиновская 57 и Алтайская 325 могут индуцировать процессы диверсификации в локальных популяциях клопов. Фенотипический мониторинг структуры локальных популяций клопов из разных агробиоценозов показал постепенное изменение их фенообликов до типичных параметров южно-степного евроазиатского экотипа.

Ключевые слова: *Eurygaster integriceps*, *Eurygaster maura*, *Eurygaster austriaca*, *Eurygaster testudinaria*, мягкая пшеница, фенотипическая структура популяций, сорт, инсектициды, диверсификация.

В настоящее время основной причиной снижения и ухудшения урожая зерновых культур является повреждение зерна более чем 20-ю видами «хлебных клопов», среди которых наиболее вредоносны представители рода *Eurygaster*. Наиболее известны следующие виды – вредная черепашка *Eurygaster integriceps* Put., маврская черепашка *E. maura* L.,

австрийская черепашка *E. austriaca* Schrek. и влаголюбивая черепашка *E. testudinaria* Geoffr.

Среди них особое экономическое значение в снижении производства зерна и ухудшении его технологических, хлебопекарных и посевных качеств имеет клоп вредная черепашка. Этот вредитель относится к числу видов-супер-

доминантов, находящихся в настоящее время в состоянии “экологического взрыва” и требующих организации био-мониторинга за состоянием их популяции в связи практически постоянно высокой численностью, вредоносностью и широкой экологической пластичностью. Для снижения численности вредной черепашки и поддержания оптимальной фитосанитарной обстановки на посевах зерновых культур каждый год на 5–7 млн. гектаров проводят химические обработки, но несмотря на возрастающие масштабы применения инсектицидов вредоносность вредителя не снижается, а современный видовой ареал клопов продолжает расширяться на север, северо-запад и восток. Известно, что за последние 30 лет ареал данного вида продвинулся в северо-западном направлении на 200–300 км. Одной из причин роста вредоносности вредной черепашки является антропогенное воздействие на агробиоценозы, связанное с современными технологиями возделывания пшеницы и мероприятиями по защите растений, ориентированной на интенсивное использование химических средств. Применение инсектицидов на посевах зерновых культур, приводит к усилению изменчивости в популяционной структуре клопов, формированию резистентности в популяциях вредите-

ля к препаратам, и к дальнейшему расширению его ареала. Важным фактором, приводящим к адаптивным изменениям у клопов, являются вводимые в производство новые сорта зерновых культур, в процессе селекции которых была затронута иммуногенетическая система [Шапиро, 1985; Фасулати, 2005; Ясюкевич, Давидович, 2010; Вилкова и др., 2014; Павлюшин и др., 2008, 2010, 2015].

Формирование «агрессивных» популяций вредной черепашки и увеличение их вреда приводят к существенному ухудшению фитосанитарной обстановки и росту химических обработок в агробиоценозах. В связи с этим изучение популяций клопов имеет особое значение в решении вопроса изменчивости их внутривидовой структуры под воздействием антропогенных факторов [Павлюшин и др., 2013, 2015].

Исходя из этого, основная цель исследований заключалась в изучении фенотипического разнообразия популяций клопов *Eurygaster* spp. в разных почвенно-климатических условиях России и изменений внутривидовой структуры их локальных популяций под воздействием антропогенных факторов.

Материал и методы

Анализ фенотипической структуры популяций (ФСП) клопов *Eurygaster* spp. проводился на выборках имаго клопов летнего поколения, завершивших полный цикл развития на конкретном поле и сорте пшеницы, с помощью общепринятых методов фенотипики в 2014–2017 г. Общая выборка анализируемых клопов-черепашек составила 7044 особей, в том числе из Ростовской области (Сальский район) – 1068 особей, из Тамбовской области (Ржаксинский район) – 1126 особей, из Краснодарского края (Славянский район) – 2730 особей, из Алтайского края (г. Барнаул) – 2110 особей. На посевах озимой пшеницы в Ростовской и Тамбовской областях в исследуемый период для проведения химической защиты растений от вредной черепашки были использованы инсектициды из класса пиретроидов – цезарь и молния, из класса неоникотиноидов – имидадор и имидашанс, а также фосфорорганический препарат Би-58 новый. В 2014 году на посевах яровой пшеницы селекции Алтайского НИИСХ против маврской и влаголюбивой черепашек проводилась обработка посевов пиретроидным инсектицидом фатрин.

Методика анализа внутривидовой структуры популяции основана на выявлении, изучении и учете частот встречаемости в популяциях вредителей дискретных наследственно обусловленных вариаций признаков – фенокмпозиций (морфотипов), которые служат маркерами особенностей разных групп особей внутри вида. Оценка внутривидовой структуры популяций вредной черепашки была проведена на основе “композиции фенотипов”, сочетающих дискретные неметрические признаки имаго: рисунок щитка и окраски надкрыльев клопов [Васильев, 2005;

Фасулати, 2005; Павлюшин и др., 2008, 2013, 2015]. Морфотип 1 – щиток с четко выраженным узором, цвет верхней стороны тела серо-коричневый; морфотип 2 – щиток с нечетко выраженным узором, цвет серо-желтый; морфотип 3 – щиток без узора, цвет серо-коричневый, тон окраски темный; морфотип 4 – щиток без узора, цвет серо-желтый, тон окраски светлый. Выделенные морфотипы высокостабильны в онтогенезе клопов и не сцеплены с полом. Различия в структуре локальных популяций вредной черепашки проявляются в разных соотношениях частот встречаемости отдельных морфотипов. Описанные фены, маркирующие выделенные морфотипы, могут быть использованы и для анализа структуры популяций ряда близких к вредной черепашке видов клопов рода *Eurygaster*: маврской черепашки *E. maura*, австрийской черепашки *E. austriaca*, влаголюбивой черепашки *E. testudinaria* и широкоспинной черепашки *E. dilatocollis* [Фасулати, 2005]. С целью оценки внутривидовой дифференциации популяций клопов-черепашек был рассчитан индекс генетического сходства (γ) между отдельными популяциями видов по методу Л.А. Животовского (1982, 1991) с вычислением достоверности различий их фенообликов по критерию идентичности (I). Сама величина I имеет приблизительно распределение хи-квадрат (χ^2) с $m-1$ степенями свободы, где m – количество морфотипов. Сравнительное значение I с табличными значениями χ^2 , устанавливаемое достоверность полученных результатов при уровне значимости 99.9%. Для статистической обработки экспериментальных данных также были использованы пакеты компьютерных программ Statistica 6.0 EN и Excel 2007.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследователями ФСП вредной черепашки было установлено, что основные зерносеющие районы европейской части России и Западного Казахстана, составляющие «центрального ядро» ареала популяций вредителя, относятся к южно-степному евроазиатскому экотипу. Этот экотип характеризуется численным преобладанием клопов 2 морфотипа – 47–52%, доля особей 1 морфотипа составляет 32–37%, особи 3 и 4 морфотипов присутствуют в популяции в значительно меньшем числе (11–21%). Отличительной особенностью данного экотипа является клинальная изменчивость фенооблика популяций клопов со снижением доли особей 2 морфотипа и повышением доли особей 1 морфотипа в

северной части ареала [Павлюшин и др., 2008, 2013, 2015; Капусткина, 2017].

Изучение внутривидовой структуры популяций клопов *Eurygaster* spp. из Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Западно-Сибирского федеральных округов РФ позволило выявить, что в исследуемых популяциях присутствуют все описанные четыре морфотипа в соотношении, характерном для южно-степного евроазиатского экотипа. Индекс генетического сходства популяций клопов-черепашек в разных агробиоценозах высокий, и составил 0.935–0.995. При этом уровень генетического различия между морфотипами данных популяций находится в пределах от

0.17 до 0.22, что может свидетельствовать о значительных отличиях структур популяций клопов, обитающих в различных природно-климатических зонах. Наряду с этим, проведенный сравнительный фенотипический анализ выборок имаго клопов-черепашек показал, что в исследуемых регионах РФ отмечаются существенные различия в структуре популяций клопов, проявляющиеся в изменении соотношений частот встречаемости отдельных морфотипов.

Таблица 1. Сравнительная характеристика фенотипической структуры популяций клопов-черепашек из различных регионов РФ (2014–2017г.)

Место сбора выборок клопов-черепашек	Количество особей в выборке, шт.	Средние частоты встречаемости морфотипов к общему числу особей, в %			
		1	2	3	4
Алтайский край, г. Барнаул	2120	46.4±1.08	28.3±0.98	15.9±0.8	9.4±0.63
Краснодарский край, Славянский район	2730	46.1±0.95	34.6±0.91	12.6±0.64	6.7±0.5
Ростовская область, Сальский район	1068	33.9±1.4	43.5±1.5	10.2±0.9	12.4±1.0
Тамбовская область, Ржаксинский район	1126	38.6±1.4	43.7±1.5	8.5±0.8	9.2±0.9

Примечание: Различия между популяциями статистически значимы при $p > 0.999$ ($I > \chi^2 = 16.3$).

На территориях Ростовской и Тамбовской областях в структуре популяции вредной черепашки отмечено преобладание доли особей 2 морфотипа – 43.5–43.7%, количество особей 1 морфотипа не превышает 38.6%, 3 морфотипа – 8.2–10.2%, 4 морфотипа – 9.2–12.4%. При этом прослеживается тенденция к возрастанию численности имаго 1 морфотипа (на 1.6–6.6%) и к снижению доли частот встречаемости 2 морфотипа (на 3.3–8.5%), по сравнению с типичными характеристиками популяций южно-степного евроазиатского экотипа (табл. 1).

Выявленные отклонения частот встречаемости морфотипов имаго в локальных популяциях клопов от среднестатистических характеристик фенооблика южно-степного евразийского экотипа, отражают чувствительность клопов к различным биотическим и абиотическим факторам. Преобладание особей 1 морфотипа в выборках вредной черепашки является показателем стрессовых условий обитания вида или появления резистентных форм вредителя к применяемым в зоне инсектицидам [Павлюшин и др., 2008, 2015; Вилкова и др., 2014].

Известно, что абиотические циклы наряду с биотическими обуславливают чередование в экосистемах благоприятных и неблагоприятных периодов для жизнедеятельности насекомых. Их успешное выживание невозможно без синхронизации различных популяционных циклов с абиотическими циклами среды обитания. Поэтому любой значимый экологический фактор, в том числе и антропогенный, может привести к изменению адаптационных возможностей отдельных популяций в экосистеме [Чайка, 2002; Зейналов, 2017]. Именно поэтому необходимо проводить оценку агробиоценозов на фенотипическую изменчивость, которая отражает трансформацию и дестабилизацию структуры популяций экосистемы в ответ на изменения в окружающей среде.

Фенотипический мониторинг дает возможность оценить состояние популяции в ответ на возрастающее антропогенное воздействие в глобальном, региональном и локальных масштабах, и тем самым определить последствия влияния техногенных факторов на последующие поколения. Данный мониторинг позволяет проводить анализ состояния популяций не только в географическом пространстве, но во времени, то есть позволяет измерять размах состояния одной популяции в одном агробиоценозе

Так, в структуре алтайской и краснодарской популяций клопов-черепашек численно преобладают особи, принадлежащие к 1 и 2 морфотипам с доминированием особей 1 морфотипа (до 46.4%), доля особей 2 морфотипа составляет 28.3–34.6%. Кроме того в структуре этих популяций отмечается увеличения числа 3 морфотипа на 3–6.3% и 4 морфотипа на 2.8%, по сравнению с популяциями южно-степного евроазиатского экотипа (табл. 1).

в течение нескольких лет [Васильев, 2005, 2009; Васильев и др., 2007; Васильев, Васильева, 2009].

Проведенный нами фенотипический мониторинг изменений внутривидовой структуры популяций клопов *Eurygaster* spp. из различных агробиоценозов позволил выявить постепенное изменение структуры их фенооблика до типичных параметров южно-степного евроазиатского экотипа, проявляющееся в увеличении частоты встречаемости особей 2 морфотипа при одновременном снижении доли особей 1 морфотипа (рис. 1).

Так, в краснодарской популяции вредной черепашки в 2015 году отмечалось численное преобладание 1 морфотипа (до 53.5%), а особи 2 морфотипа не превышали 26.1%. В 2016–2017 годы произошло изменение в соотношении частоты встречаемости доминирующих морфотипов в фенотипике этой популяции клопов, а именно наблюдается снижение доли особей 1 морфотипа на 8.2–23.1% при одновременном повышении доли 2 морфотипа на 8.2–16.7%, по сравнению с 2015 годом (рис. 1). Наряду с этим отмечаются изменения в частоте встречаемости 3-го морфотипа. В 2015–2016 годы количество особей этого морфотипа было высоким и составляло 14–25.1%, а в 2017 году наблюдалось снижение на 7.8%. Различия в краснодарской популяции в исследуемые годы были статистически значимы: g варьировал от 0.9 до 0.95, I колебался от 22.8 до 26.7. Можно предположить, что выявленные колебания доминирующих морфотипов в фенотипическом облике краснодарской популяции в течение исследуемого периода связаны с изменением технологий возделывания пшеницы и снижением интенсивности применения инсектицидов в агробиоценозе.

Несмотря на то, что в Ростовской области ежегодно на посевах озимой пшеницы применяются инсектициды из разных классов, в фенотипической структуре популяции вредной черепашки также отмечаются изменения в соотношении встречаемости 1 и 2 морфотипа (рис. 1). В 2014–2015 годы, при проведении обработок посевов пшеницы фосфорорганическим препаратом Би-58 новый, в локальных популяциях клопов отмечалось практически равные доли особей 1 и 2 морфотипа. Так в 2014 году частота встречаемости 1 морфотипа составила 35.4%, 2 морфотипа – 36.8%; в 2015 году – 34.5% и 29.5%, соответственно. Кроме того, в эти годы обнаружен резкий рост минорных групп морфотипов, по сравнению с южно-степным евро-

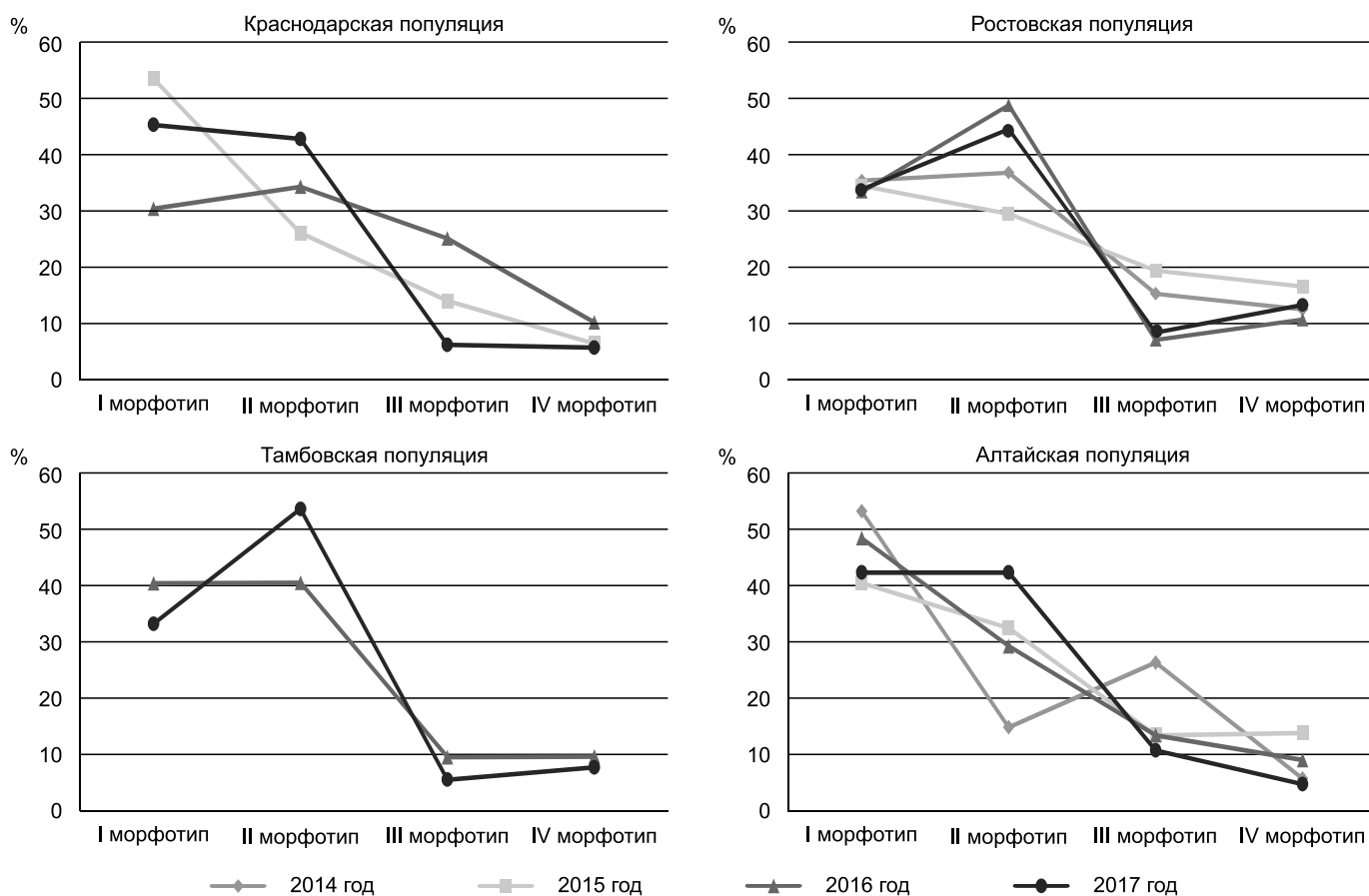


Рис. 1 Динамика изменений фенотипической структуры популяций клопов *Eurygaster spp.* из Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Западно-Сибирского федеральных округов России (2014–2017 г.).

азиатским экотипом: количество особей 3 морфотипа достигал 15.4–19.4% и 4 морфотипа 12.5–16.6%. Статистически значимые различия между параметрами популяции этих лет отсутствовали: $r=0.986$, $I=7.9$. В 2016–2017 годы, когда в период вегетации посевы пшеницы обрабатывались пиритроидами цезарь и молния, в локальных популяциях вредителя наблюдалось значительное увеличение доли особей 2 морфотипа на 19.6–23.9%, при этом отмечалось снижение 3 (на 6.9–11%) и 4 (1.8–5.9%) морфотипа. Изменения в частоте встречаемости клопов 1 морфотипа в эти годы было незначительным. Статистически значимые различия между параметрами популяции 2016 и 2017 годов отсутствовали: $r=0.997$, $I=4.49$. Вместе с тем различия между параметрами ростовской популяции в 2014–2015 г. и в 2016–2017 г. были существенными: r колебался от 0.922 до 0.984, I – от 24.8 до 67.1. Полученные результаты в соотношении частот встречаемости морфотипов в ростовской популяции вредной черепашки можно объяснить упорядочением применения инсектицидов против вредителя путем проведения обработок с учетом экономического порога вредоносности и чередованием фосфорорганических препаратов с пиретроидными.

Похожая тенденция изменений частоты встречаемости доминирующих морфотипов была выявлена и в фенотипическом облике алтайской популяции клопов *Eurygaster spp.* В 2014 году, когда посевы яровой пшеницы обрабатывались против клопов пиритроидным препаратом фатрин, в локальных популяциях клопов-черепашек наблюдалось значительное (в 3.6 раза) преобладание доли особей 1 морфотипа над долей 2 морфотипа и значительным увеличением доли особей 3 морфотипа (до 26.3%). В последующие годы

исследования на посевах яровой пшеницы не проводилось обработок против клопов, в результате чего в фенооблике алтайской популяции клопов *Eurygaster spp.* отмечалось возрастание доли особей 2 морфотипа (на 14.4–27.5%) при одновременном снижении количества особей 1 морфотипа (на 4.8–12.8%). Помимо этого наблюдалось снижение доли особей 3 морфотипа на 12.9–15.6% и увеличение частоты встречаемости 4 морфотипа на 3.3–8.1%. В ходе оценки частоты встречаемости морфотипов в алтайской популяции между последними годами (2015–2017 г.) были обнаружены статистически значимые различия: $r = 0.97–0.99$, $I = 30.8–43.1$. Наряду с этим различия между параметрами популяции клопов-черепашек в 2014 году и последними годами были более существенными: индекс генетического сходства составил 0.74–0.9, критерий идентичности колебался от 176.6 до 217.7. Выявленные изменения частот встречаемости доминирующих морфотипов в алтайской популяции связаны с интенсивностью использования на посевах инсектицидов против клопов-черепашек.

С другой стороны в структуре тамбовской популяции вредной черепашки, с посевов озимой пшеницы, на которых ежегодно проводятся обработки против клопов неоникотиноидными препаратами (имидор и имидашанс), показано постепенное снижение доли клопов 2 морфотипа при одновременном повышении доли минорных групп морфотипов. Так, в 2016 году в популяции клопов доля особей 1 морфотипа составляет 33.4%, 2 морфотипа – 48.8%, 3 морфотипа – 7.1% и 4 морфотипа – 10.7% (практически не отличается от типичных характеристик популяций южно-степного экотипа). В 2017 году отмечается снижение доли 2 морфотипа на 4.3% и увеличение 3 морфотипа на

1.3%. При этом существенное отличие в структуре популяции этого года состоит в увеличении 4 морфотипа до 13.3%. Установленные отличия в популяции клопов-черепашек статистически значимы ($r = 0.971$, $I = 48.1$). Выявленные изменения в структуре популяции вредной черепашки из Тамбовской области согласуются с изменениями чувствительности клопов к применяемым инсектицидам, в частности к неоникотиноидным препаратам.

Ранее проведенные исследования установили, что еще одним из основных факторов, ускоряющих фенотипическую диверсификацию популяций вредной черепашки и микроэволюционные процессы формообразования в них, являются иммунологические и морфофизиологические особенности высеваемых сортов пшеницы [Вилкова и др.,

2014; Капусткина, Нефедова, 2015, 2016; Павлюшин и др., 2015].

Исследования внутривидовой структуры популяций клопов *Eurygaster* spp. установили, что выявленные отличия в соотношении встречаемости 4-х морфотипов в локальных популяциях вредителя из разных агробиотопов сохраняется и в их микропопуляциях. При этом различия в структуре микропопуляции черепашек с разных сортов пшеницы выявляются как на фоне использования инсектицидов, так и без обработок. Наиболее значимые изменения в фенооблике исследуемых микропопуляций отмечались у клопов, собранных с посев сортов Гром, Черноземка 115, Скипетр, Немчиновская 57 и Алтайская 325, что подтверждает показатель генетического сходства (r), находящийся в пределах 0.981–0.989 (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительная характеристика фенотипической структуры локальных популяций клопов-черепашек в различных регионах РФ при питании на разных сортах пшеницы (2014–2017г.)

Сорт	Количество особей, шт.	Доля морфотипов, %				Критерий Животовского (r)	Критерий идентичности (I)*
		1	2	3	4		
Краснодарский край, Славянский район							
Васса	88	51.1±5.3	36.4±5.1	6.8±2.7	5.7±2.3	0.997	2.04
Ростовская область, Сальский район							
Гром	310	33.2±2.6	36.7±2.7	14.2±2.0	16.1±2.1	0.989	26.1
Васса	70	36.5±5.7	36.5±5.7	16.2±4.4	10.8±3.7	0.984	8.4
Станичная	224	34.4±3.2	45.1±3.3	8.5±1.9	12.0±2.2	0.997	4.4
Зерноградка 8	181	33.1±3.5	48.1±3.7	8.3±2.8	10.5±2.3	0.997	3.7
Алтайский край, г. Барнаул							
Степная нива	212	51.9±3.4	21.7±2.8	17.4±2.6	9.0±1.9	0.994	9.25
Алтайская 70	407	49.9±2.5	23.8±2.1	17.9±1.9	8.4±1.4	0.994	16.4
Алтайская жница	236	47.5±3.3	25±2.8	17.4±2.5	10.1±2.0	0.997	6.8
Степная волна	258	52.7±3.1	25.6±2.7	13.9±2.1	7.8±1.7	0.991	16.7
Алтайская 75	360	44.4±2.6	29.8±2.4	17.5±2.0	8.3±1.4	0.998	5.18
Алтайская 325	234	38.0±3.2	31.2±3.0	17.1±2.5	13.7±2.2	0.984	26.9
Тамбовская область, Ржаксинский район							
Черноземка 115	209	48.3±3.5	37.3±3.3	8.2±1.9	6.2±1.6	0.981	26.8
Немчиновская 57	270	46.3±3.0	40.7±2.9	5.6±1.4	7.4±1.6	0.989	19.1
Миссия	133	36.9±4.3	43.6±4.3	10.5±2.7	9.0±2.4	0.999	0.95
Скипетр	287	31.4±2.7	46.3±2.9	12.5±1.9	9.8±1.7	0.989	20.1

Примечание: Критерии r и I рассчитаны между структурой микропопуляций (с посевов определенного сорта) и локальной популяцией черепашек (с региона, где произрастал сорт). Различия между популяциями значимы при $p > 0.999$ ($I > \chi^2 = 16.3$)

Сравнительный фенотипический анализ микропопуляций маврской и влаголюбивой черепашек, обитающих на посевах разных сортов яровой мягкой пшеницы в Алтайском крае, также показал тенденцию возрастания частоты встречаемости особей 1 и 3 морфотипов при более низких частотах встречаемости особей 2 морфотипа (табл. 2). Так, в фенообликах микропопуляций клопов, собранных с посевов сортов Степная нива, Степная волна, Алтайская 75, Алтайская 70 и Алтайская жница, численное преобладание особей 1 морфотипа достигает 44.4–52.7%, а частота встречаемости 2 морфотипа не превышает 25–29.8%. Наряду с этим отмечалось повышение частоты встречаемости клопов 3 морфотипа (до 17.9%) и снижение 4 морфотипа (до 7.8%). Статистически значимые различия между микропопуляциями клопов, собранных с посевов названных сортов, отсутствовали: r достигала 0.988–0.999, I составляла 1.11–13.75. В структуре микропопуляции клопов-черепашек, развивавшихся на посевах сорта Алтайская 325,

наблюдается снижение числа особей 1 морфотипа на 8.4% при одновременном увеличении доли особей 2 морфотипа на 2.9% и 4 морфотипа на 4.3%, по сравнению со средними параметрами популяции края. Оценка фенотипического сходства между микропопуляцией клопов, собранных с этого сорта, с микропопуляциями черепашек, обитающих на посевах сорта Алтайская жница, Алтайская 70 и Степная Нива, установила статистически значимые различия между ними ($r = 0.956$ – 0.977 , $I = 21.6$ – 39.1). Наиболее близкими по структуре микропопуляции клопов, обитавших на сорте Алтайская 325, оказались микропопуляции черепашек, собранные с сортов Алтайская 75 и Степная волна, которые значимо не отчислились по показателям фенотипического сходства: r – 0.99 и 0.988, I составил 11.3–11.8.

В структуре краснодарской микропопуляции вредной черепашки, питавшейся на сорте Васса, наблюдалось увеличение долей особей 1 (на 5%) и 2 (на 1.8%) морфотипов, при одновременном снижении доли особей 3 и 4 морфо-

типа на 1–5.8%, по сравнению со средними параметрами популяции Краснодарского края (табл. 2). Ростовская микропопуляция клопов, собранных с этого же сорта, характеризуется равным соотношением долей 1 и 2 морфотипа – 36.5%, при этом отмечается повышение частот встречаемости 3 морфотипа до 16.2% и снижение количества особей 4 морфотипа 10.8%. Кроме того установлено, что статистические различия между этим микропопуляциями вредной черепашки отсутствовали: $r = 0.997$, $I = 0.829$.

В структуре микропопуляций вредной черепашки, питающихся на сортах Станичная и Зерноградка 8 в Ростовской области, средняя частота клопов 2 морфотипа составляет 45.1–48.1%, а доля особей 1 морфотипа не превышает 34.4%. Наряду с этим в популяциях показано снижение минорных групп на 1.7–1.9%. Данные микропопуляции клопов были сходны между собой и статистически не различались ($r = 0.997$, $I = 2.4$). В фенооблике микропопуляции вредителя с посевов сорта Гром наблюдается сниже-

ние числа особей 1 морфотипа на 0.7% и 2 морфотипа на 7%, а также возрастание доли 3 морфотипа на 4.8% и 4 морфотипа на 1.6%, по сравнению со средними параметрами популяции области (табл.2). Сравнение внутривидовой структуры микропопуляции черепашки с посевов сорта Гром со структурами микропопуляций клопов, собранных с посевов сорта Станичная и Зерноградка 8, позволило выявить существенные различия между ними: $r = 0.975$ и 0.963 , $I = 29.04$ и 37.2 . Выявленные изменения в частотах встречаемости морфотипов в ростовских микропопуляциях вредителя при питании на разных сортах пшеницы характерны и для фенообликов микропопуляций клопов из Тамбовской области.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что современные сорта пшеницы, такие как Гром, Черноземка 115, Скипетр, Немчиновская 57 и Алтайская 325, индуцируют процессы диверсификации в локальных популяциях клопов-черепашек.

Заключение

Фенотипический анализ популяций клопов *Eurygaster* spp. в разных агробиоценозах позволил выявить скрытое генетическое разнообразие внутри популяции рода. Установлено, что в основных зерносеющих зонах РФ прослеживается диверсификация внутривидовой структуры популяций клопов, выражающаяся в отклонениях от средних параметров южно-степного евразийского экотипа, что свидетельствует о нарушениях структурно-функциональной организации агробиоценозов и преобразование эпигенетической системы рода.

Полученные нами данные свидетельствуют, что выявленные изменения во внутривидовой структуре популяций черепашек связаны с интенсивным воздействием на агробиоценозы пшеницы антропогенных факторов, в частности от активности использования на посевах инсектицидов и высеваемых сортов с разными иммунологическими особенностями. Наряду с этим показано, что отдельные сорта пшеницы (Гром, Черноземка 115, Скипетр, Немчиновская 57 и Алтайская 325) либо непосредственно индуцируют процессы диверсификации локальных популяций

клопов *Eurygaster* spp., либо совместно с инсектицидами усиливают суммарное селективное давление движущего отбора на популяции клопов.

Это подтверждает и фенотипический мониторинг внутривидовой структуры популяций клопов-черепашек из разных природно-климатических условий страны. Многолетние наблюдения показывают, что в результате изменений в технологиях возделывания пшеницы и интенсивности применения средств защиты растений в популяциях клопов из разных агробиоценозов происходит постепенные изменения их внутривидовой структуры до типичных параметров южно-степного евроазиатского экотипа, т.е. снижение средней доли особей 1 морфотипа и повышением доли особей 2 морфотипа.

Выявленные различия во внутривидовой структуре популяций клопов относятся к факторам индукции популяционной изменчивости клопов-черепашек, способствующим формированию внутривидовых форм, что очень важно учитывать при разработке систем интегрированной защиты растений от них.

Автор выражает искреннюю благодарность за помощь в сборе материала сотрудникам Азовской НИЛ ВИЗР, Славянской опытной станции защиты растений, Алтайской токсикологической лаборатории ВИЗР и ГНУ Тамбовского НИИСХ.

Исследование выполнено по Государственному заданию ФГБНУ ВИЗР (проект № 665-2014-0004).

Библиографический список (References)

- Васильев А.Г. Эпигенетические основы фенетики: на пути к популяционной мерономии / А.Г. Васильев // Екатеринбург: Академкнига. 2005. 640 с.
- Васильев А.Г. Быстрые эпигенетические перестройки популяций как один из вероятных механизмов глобального биоценологического кризиса / А.Г. Васильев // Биосфера. 2009. Т. 1. № 2. С. 166–177.
- Васильев А.Г. Феногенетический мониторинг импактных растений и животных в условиях антропогенного пресса / А.Г. Васильев, И.А. Васильева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2009. Т. 3. № 8. С. 5–12.
- Васильев А.Г. Феногенетическая изменчивость и методы ее изучения / А.Г. Васильев, И.А. Васильева, В.Н. Большаков // Учебное пособие. Екатеринбург: Уральского университета. 2007. 279 с.
- Вилкова Н.А. Внутривидовая структура вредной черепашки в экосистемах Северо-Кавказского и Нижневолжского регионов РФ / Н.А. Вилкова, Л.И. Нефедова, А.В. Капусткина // Вестник защиты растений. 2014. № 4. С. 3–7.
- Животовский Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам / Л.А. Животовский // Фенетика популяций. М.: Наука. 1982. С. 38–44.
- Зейналов А.С. Экологические и фитосанитарные последствия изменения климата в насаждениях плодовых культур / А.С. Зейналов // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 9. С. 94–100.
- Капусткина А.В. Внутривидовая структура локальных популяций вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) / А.В. Капусткина // Материалы съезда XV Русского энтомологического общества. Новосибирск: Гармонд. 2017. С. 227–228.
- Капусткина А.В. Внутривидовая структура локальных популяций вредной черепашки в Алтайском крае / А.В. Капусткина, Л.И. Нефедова // Вестник защиты растений. 2015. № 3. С. 30–33.
- Капусткина А.В. К вопросу о вредоносности вредной черепашки. Внутривидовая структура популяций клопов при обработке посевов пшеницы инсектицидами / А.В. Капусткина, Л.И. Нефедова // Евразийский союз ученых. 2016. № 32. С. 54–58.
- Павлошин В.А. Вредная черепашка: распространение, вредоносность, методы контроля. / В.А. Павлошин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нефедова // Защита и карантин растений. 2010. № 1. С. 1 (53)– 32 (84).

Павлюшин В.А. Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Неведова // СПб. 2013. 184 с.

Павлюшин В.А. Вредная черепашка и другие хлебные клопы / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Неведова, А.В. Капусткина // СПб. 2015. 280 с.

Павлюшин В.А. Антропогенная трансформация агроэкосистем и ее фитосанитарные последствия / В.А. Павлюшин, С.Р. Фасулати, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Неведова // СПб. 2008. 120 с.

Фасулати С.Р. Индикация адаптивных процессов у вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) методами фене-

тики популяций / С.Р. Фасулати // Труды Ставропольского НИИСХ. Ставрополь: Аргус. 2005. С. 68–73.

Чайка В.Н. Проблемы массовых размножений насекомых. 1. Механизмы динамики популяций насекомых–фитофагов в концепциях эволюции генетического материала / В.Н. Чайка // Известия Харьковского энтомологического общества. 2002. Т. XI. Вып. 1–2. С. 250–262.

Шапиро И.Д. Иммуниет полевых культур к насекомым и клещам / И.Д. Шапиро // Л.: ЗИН АН СССР. 1985. 321 с.

Ясюкевич В.В. Влияние наблюдений и ожидаемого изменения климата на распространение насекомых / В.В. Ясюкевич, Е.А. Давидович // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М.: ИГКЭ, 2010. Т. 23. С. 315–332.

Translation of Russian References

Vasiliev A.G. Epigenetic bases of phenetics: towards population meronomy / A.G. Vasiliev // Ekaterinburg: Akademkniga. 2005. 640 p. (In Russian).

Vasiliev A.G. Rapid epigenetic transformations of populations as probable mechanism of global biocoenotic crisis / A.G. Vasiliev // Biosfera. 2009. Vol. 1. N 2. P. 166–177. (In Russian).

Vasiliev A.G. Phenogenetic monitoring of plant and animal impact populations under anthropogenic environment press/ A.G. Vasiliev, I.A. Vasilieva // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2009. Vol. 3. N 8. P. 5–12. (In Russian).

Vasiliev A.G. Phenogenetic variability and methods of its study / A.G. Vasiliev, I.A. Vasilieva, V.N. Bolshakov // Uchebnoe posobie. Ekaterinburg: Uralskii universitet. 2007. 279 p. (In Russian).

Vilkova N.A. Intraspecific structure of sunn pest in ecosystems of the North Caucasian and lower Volga regions of the Russian Federation / N.A. Vilkova, L.I. Nefedova, A.V. Kapustkina // Vestnik zashchity rastenij. 2014. N 4. P. 3–7. (In Russian).

Zhivotovskij L.A. Indicators of population variability by polymorphic characteristics / L.A. Zhivotovskij // In: Fenetika populjacij. Moscow: Nauka. 1982. P. 38–44. (In Russian).

Zejalov A.S. Ecological and phytosanitary consequences of climate change in the plantings of fruit cultures / A.S. Zejalov // Uspekhi sovremennoj nauki. 2017. Vol. 2. N 9. P. 94–100. (In Russian).

Kapustkina A.V. Intraspecific structure of local populations of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) / A.V. Kapustkina // Materialy konferentsii XV Russkogo entomologicheskogo obshchestva. Novosibirsk: Garmond. 2017. P. 227–228. (In Russian).

Kapustkina A.V. Intraspecific structure of local populations of sunn pest in the Altai region / A.V. Kapustkina, L.I. Nefedova // Vestnik zashchity rastenij. 2015. N 3. P. 30–33. (In Russian).

Kapustkina A.V. To question on harmfulness of sunn pest. Intraspecific structure of bug populations at treatment of wheat crops with insecticides /

A.V. Kapustkina, L.I. Nefedova // Evrazijskij sojuz uchenykh. 2016. N 32. P. 54–58. (In Russian).

Pavlyushin V.A. Sunn pest: dispersal, harmfulness, methods of control / V.A. Pavlyushin, N.A. Vilkova, G.I. Sukhoruchenko, L.I. Nefedova // Zashhita i karantin rastenij. 2010. N 1. P. 1 (53)–32 (84). (In Russian).

Pavlyushin V.A. Phytosanitary destabilization of agroecosystems / V.A. Pavlyushin, N.A. Vilkova, G.I. Sukhoruchenko, L.I. Nefedova // Saint-Petersburg. 2013. 184 p. (In Russian).

Pavlyushin V.A. Sunn pest and other grain bugs / V.A. Pavlyushin, N.A. Vilkova, G.I. Sukhoruchenko, L.I. Nefedova, A.V. Kapustkina // Saint-Petersburg. 2015. 280 p. (In Russian).

Pavlyushin V.A. Anthropogenic transformation of agroecosystems and its phytosanitary consequences / V.A. Pavlyushin, S.R. Fasulati, N.A. Vilkova, G.I. Sukhoruchenko, L.I. Nefedova // Sankt-Peterburg. 2008. 120 p. (In Russian).

Fasulati S.R. Indication of adaptive processes in harmful bug *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) by methods of phenetics of populations / S.R. Fasulati // Trudy Stavropolskogo NIISKH. Stavropol: Argus. 2005. P. 68–73. (In Russian).

Chaika V.N. Problem of prediction of mass population outbreaks of insects. 1. Mechanisms of population dynamics of phytophagous insects as considered in several conceptions of genetic evolution / V.N. Chajka // Izvestija Kharkovskogo entomologicheskogo obshchestva. 2002. Vol. 11. N 1–2. P. 250–262. (In Russian).

Shapiro I.D. Immunity of field crops to insects and mites / I.D. Shapiro // Leningrad: ZIN AN SSSR. 1985. 321 p. (In Russian).

Yasyukevich V.V. Influence of observable and expected climate change on distribution of insects / V.V. Yasyukevich, E.A. Davidovich // In: Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. Moscow: IGKE. 2010. Vol. 23. P. 315–332. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 55–61

PHENOTYPIC MONITORING OF INTRASPECIFIC STRUCTURE OF *EURYGASTER* SPP. POPULATIONS IN VARIOUS AGROBIOCENOSSES

A.V. Kapustkina

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

The purpose of the research was to study the phenotypic diversity of the populations of wheat bugs *Eurygaster* spp. in different soil and climatic conditions of Russia and changes in the intraspecific structure of their local populations under the influence of anthropogenic factors. Based on the methods of phenogenetics, an analysis and comparative study of the intraspecific structure of local populations of bugs in various agrobiocenoses of the Central Black Earth, North Caucasus and West Siberian Federal districts of the Russian Federation. Significant differences in the phenotypes of bug populations are revealed, which are manifested in a change in the ratio of occurrence frequencies of individual morphotypes. It was found that changes in the frequency of morphotypes of imagoes in populations of wheat bugs in this or other direction are associated with an intensive effect of grain crops of anthropogenic factors on agrobiocenoses. It is shown that such varieties of wheat as Grom, Chernozem 115, Skipetr, Nemchinovskaya 57 and Altajskaya 325 can induce diversification processes in local populations of wheat bugs. Phenogenetic monitoring of the structure of local populations of bugs from different agrobiocenoses showed a gradual change in their phenotypes toward typical parameters of the southern-steppe Eurasian ecotype.

Keywords: *Eurygaster integriceps*, *Eurygaster maura*, *Eurygaster austriaca*, *Eurygaster testudinaria*, soft wheat, phenogenetic structure, population, variety, insecticide, diversification.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Капусткина Александра Валерьевна. Научный сотрудник, 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 Valeryevna. Researcher, PhD in Biology, e-mail: ydati@mail.ru

УДК 632.654/.938.1+582.681.71

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПАУТИННОГО КЛЕЩА НА ОГУРЦЕ В ЮВЕНИЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА РАСТЕНИЯ

В.А. Раздобурдин, О.С. Кириллова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В лабораторных экспериментах исследовали поведение и развитие паутинного клеща на семядольных листьях огурца Гинга F1 и Вязниковский 37. На вегетирующих проростках показано, что на обоих сортообразцах самки вредителя при свободном выборе предпочитали откладывать яйца на нижней поверхности листовых пластинок. В условиях принудительного содержания клещей на адаксиальной и на абаксиальной сторонах семядолей самки на верхней стороне семядольных листьев откладывали в 1.5–2 раза больше яиц, чем на нижней. Показано, что на адаксиальной стороне семядолей преимагинальное развитие фитофага происходит быстрее, чем на абаксиальной. Предполагается, что разница в скорости развития яиц на верхней и нижней сторонах семядольных листьев может быть связана с качественными и (или) количественными различиями летучих соединений, выделяемых с поверхности семядолей.

Ключевые слова: *Tetranychus urticae*, адаксиальная и абаксиальная поверхности семядольных листьев, плодовитость самок, развитие преимагинальных особей.

Паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch – один из самых многоядных фитофагов, способен питаться растениями более чем 1100 видов из 140 ботанических семейств [Van Leeuwen et al., 2010]. Это широко распространенный вредитель тепличных культур, среди которых огурец является одним из наиболее благоприятных кормовых растений. *T. urticae* – эврибионтный вид, для которого абиотические условия в теплицах, оптимальные для выращивания огурца, также благоприятны. Развитие популяции фитофага на огурце обычно имеет характер вспышки вследствие высокой плодовитости, короткого периода преимагинального развития, способности к партеногенезу, низкой естественной смертности.

Специфические биологические и этологические особенности членистоногих, направленные на максимальное сохранение жизнеспособности потомства, проявляются в их пищевой специализации, выборе времени и места для откладки яиц. Известно, что паутинный клещ предпочитает обитать и питаться на нижней стороне листовых пластинок. Прежде всего, это связано с особенностями физиологии и морфологии вредителя: мягкие кожные покровы клеща и мелкие размеры тела определяют высокий риск нарушения водного баланса в организме. При очень низкой влажности воздуха гибель клещей происходит от высыхания, при чрезмерно высокой – от голодания, которое наступает вследствие неспособности клещей эффективно удалять избыток воды, поступающей с пищей [Митрофанов и др., 1987]. Кроме того, на нижней стороне листьев

клещи лучше защищены от смывания во время осадков, а их яйца, имеющие нежные покровы, гарантированы от высыхания под прямыми солнечными лучами. Следует отметить, что и другие фитофаги с колюще-сосущим ротовым аппаратом (трипсы, тли, тепличная белокрылка) на огурце в теплицах также предпочитают питаться на нижней стороне листовых пластинок. Считается, что обитание паутинного клеща на нижней стороне листьев является особенностью его топической специфичности, как аспекта пищевой специализации, которая направлена на наиболее эффективное использование кормового растения.

Паутинный клещ способен заселять огурец на любой стадии развития растений. При изучении поведения вредителя на огурце в фазе семядольных листьев было отмечено, что фитофаг может обитать и на верхней стороне семядолей. При этом, наблюдалась положительная зависимость количества особей, вышедших на верхнюю поверхность семядольных листьев, от плотности клещей на растении [Раздобурдин, Кириллова, 2017]. Изучение поведения и развития паутинного клеща на растениях в начальный период их вегетации представляется важным для более полного понимания взаимоотношений данного фитофага с автотрофом, что необходимо для разработки методов выявления устойчивых форм огурца в целях селекции новых сортов и совершенствования защиты растений от вредителя. В связи с этим были проведены исследования поведения и развития паутинного клеща на растениях в фазе семядольных листьев.

Материалы и методы

Исследования проводили в лабораторных условиях на 2-х сортообразцах огурца – партенокарпическом гибриде Гинга и пчелоопыляемом сорте Вязниковский 37. Использовали растения в фазе развернутых семядольных листьев. Паутинного клеща предварительно разводили на растениях бобов. В опытах использовали самок фитофага типичной окраски с выраженными пигментными пятнами на теле. Для изучения поведения и развития вредителя на семядольных листьях огурца проведены следующие эксперименты.

1. Предпочтение самками клеща стороны листовой пластинки для питания и откладки яиц изучали на вегетирующих проростках огурца. На верхнюю сторону каждого семядольного листа кисточкой помещали по 9 самок фитофага и через 3-е суток учитывали количество яиц, отложенных на верхней и нижней стороне семядолей. Изучаемые сортообразцы в опыте были

представлены 8-ю растениями. По количеству отложенных яиц определяли более предпочитаемую клещом сторону семядольных листьев.

2. Суточная плодовитость самок вредителя может зависеть от их физиологического состояния, обусловленного возрастом особи в онтогенезе. Молодые самки в течение суток откладывают больше яиц, чем стареющие. Для оценки влияния физиологического состояния самок, связанного с их возрастом, на выбор для откладки яиц той или иной стороны семядолей 5 вегетирующих растений каждого сортообразца заселяли вредителем (по 9 самок на верхнюю сторону каждого семядольного листа). Через 1 сутки клещей раздельно с верхней и нижней стороны семядолей кисточкой переносили на высечки-диски (диаметр 15 мм) из 2-го настоящего листа соответствующего сортообразца, размещенные в чашках Петри на влажной вате. Высечки в чашках

располагались нижней стороной вверх. На каждую из 10-и высевок в чашке Петри помещали по 1 самке и в течение 4-х суток ежедневно учитывали количество отложенных ими яиц. После каждого учета яйца с высечек удаляли. Количество отложенных яиц являлось показателем преобладания на нижней и верхней поверхности семядолей вегетирующих растений молодых или стареющих самок фитофага.

3. Изменение плодовитости самок клеща в условиях принудительного их содержания на верхней и нижней стороне семядольных листьев изучали на срезанных семядолях, помещенных в чашки Петри на влажную вату. При этом один из семядольных листьев, срезанных с растения, в чашке размещали верхней стороной вверх, другой – нижней стороной. На каждый семядольный лист помещали по 4 самки клеща. Сортообразцы в эксперименте были представлены 8-ю растениями. Учет количества яиц, отложенных самками за сутки, начинали на 3-й день после заселения семядолей вредителем и продолжали в течение 6 суток. После каждого учета яйца с семядольных листьев удаляли.

4. Особенности преимагинального развития фитофага на верхней и нижней сторонах семядольного листа изучали на срезанных семядолях, размещенных в чашках Петри соответственно варианту – абаксиальной или адаксиальной стороной вверх. На каждую семядолю подсаживали по 4 самки клеща на 18 часов. После удаления имаго на семядолях подсчитывали количество отложенных фитофагом яиц. На 6-е сутки проводили учет количества вышедших из яиц личинок клеща, а на 10–15-е сутки – молодых имаго дочернего поколения. Процент выхода самцов и самок по датам учета определяли от их суммарного количества на 15-е сутки (ретроспективно). Определяли долю самок в дочернем поколении имаго и выживаемость вредителя (процент

имаго от исходного количества яиц) при его развитии на верхней и нижней стороне семядольных листьев. Каждый генотип огурца был представлен 8-ю растениями.

5. Исследование влияния летучих веществ, выделяемых верхней стороной семядольных листьев, на продолжительность развития яиц паутиного клеща проводили на гибриде Гинга. Срезанные семядольные листья помещали в чашки Петри на влажную вату. В каждой чашке располагали по 7 семядолей только верхней стороной или только нижней стороной вверх. На каждый семядольный лист высаживали по 5 самок клеща. Самок удаляли через 5 часов и подсчитывали количество отложенных яиц. Для создания специфичной в каждом варианте газообразной среды, по две чашки Петри с семядолями накрывали стеклянными цилиндрами (диаметр – 25 см, высота – 25 см). Опыт проводили в 3-х вариантах. В 1-ом варианте в обеих чашках под цилиндром семядоли были расположены верхней стороной вверх (контроль № 1); во 2-ом варианте – нижней стороной вверх (контроль № 2); в 3-ем варианте в одной чашке семядоли располагались верхней стороной вверх, в другой – нижней. На 6-е и 7-е сутки после начала опыта на семядолях учитывали количества вышедших из яиц личинок клеща. Скорость развития яиц оценивали по количеству личинок на 6-е сутки в сравнении с их численностью на 7 сутки (в процентах) – ретроспективно.

Первые 4 эксперимента выполнены при температуре 19–23 °С, последний – при температуре 24–27 °С. Чашки Петри с семядольными листьями были защищены от прямого солнечного света. Статистическую обработку полученных данных проводили по общепринятым методикам с использованием компьютерной программы Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

На настоящих листьях огурца самки паутиного клеща, обитая преимущественно на нижней стороне листовых пластинок, после предварительных поисков мест оптимального питания, как правило, откладывают яйца там, где они питаются. Исследование поведения клещей при их питании на вегетирующих проростках изучаемых сортообразцов показало, что при заселении вредителем огурца в фазе семядольных листьев значительная доля самок (до 50% от их количества на растении) предпочитает питаться на верхней стороне листовых пластинок. При этом на обоих сортообразцах самки фитофага предпочитали откладывать яйца на нижнюю сторону семядолей (табл. 1). По визуальной оценке нанесенных вредителем повреждений места локализации клещей при питании на верхней

стороне семядолей размещались равномерно, а на нижней – вдоль краев по периметру листовых пластинок.

Предположение о том, что на верхнюю сторону семядольных листьев выходят питаться преимущественно молодые самки, для которых характерна наибольшая суточная плодовитость, или, наоборот, стареющие особи, не подтвердилось. Было показано, что на обоих изучаемых сортообразцах у самок, взятых с верхней и с нижней стороны семядолей, количество отложенных за сутки яиц практически одинаково (табл. 2).

По-видимому, небольшие размеры семядольных листьев позволяют клещам питаться на верхней стороне листовых пластинок и без существенных энергетических затрат перемещаться для откладки яиц на нижнюю их

Сортообразец	Доля клещей на верхней поверхности от их кол-ва на семядолях, % (среднее за 3-е суток ± ст. ошибка)	Сторона семядольных листьев	Кол-во яиц, отложенных самками клеща за 3-е суток, экз. (среднее ± ст. ошибка)
Гинга F1	44.9 ± 2.4	Верхняя	1.8 ± 0.6
		Нижняя	214.6 ± 15.8
Вязниковский 37	48.3 ± 2	Верхняя	8.8 ± 2.6
		Нижняя	179.9 ± 34.3

Таблица 2. Плодовитость самок паутиного клеща, выбравших для питания верхнюю или нижнюю сторону семядольных листьев огурца

Сортообразец	Сторона семядоли, с которой взяты клещи для опыта	Кол-во яиц, отложенных 1 самкой на дату учета, экз. (среднее ± ст. ошибка)			
		1	2	3	4
Гинга F1	Верхняя	11.4 ± 0.4	10.3 ± 0.4	7.9 ± 0.5	7 ± 0.6
	Нижняя	11.6 ± 0.4	10.3 ± 0.6	7.4 ± 0.3	6.6 ± 0.5
Вязниковский 37	Верхняя	9.8 ± 0.6	8.2 ± 0.7	7 ± 0.7	5.3 ± 0.4
	Нижняя	10.5 ± 0.5	8.8 ± 0.4	6 ± 0.6	5.3 ± 0.4

сторону, где яйца лучше защищены от неблагоприятных внешних факторов. Так, площадь семядольного листа может составлять 5–10 см², а настоящего листа – до 500 см² и более.

Сравнение данных по количеству яиц, отложенных самками вредителя на верхней и нижней сторонах семядольных листьев на вегетирующих проростках и на семядолях, размещенных в чашках Петри, показало диа-

метрально противоположные результаты. Если в первом случае клещи явно предпочитали откладывать яйца на нижнюю сторону семядолей (табл. 1), то на срезанных семядольных листьях суточная плодовитость самок на верхней стороне листовых пластинок была существенно выше в сравнении с нижней (табл. 3). Сортообразцы по плодовитости фитофага заметнее различались при питании самок на нижней стороне семядолей, в сравнении с верхней.

Таблица 3. Плодовитость самок паутинного клеща при питании на семядольных листьях огурца

Сортообразец	Сторона семядольных листьев	Кол-во яиц, отложенных самками клеща за 1 сутки, экз. (среднее ± ст. ошибка)	Влияние фактора поверхности субстрата, критерий Фишера (F)
Гинга F1	Верхняя	5.7 ± 0.1	103.1*
	Нижняя	3.5 ± 0.2	
Вязниковский 37	Верхняя	5.4 ± 0.2	117.6*
	Нижняя	2.5 ± 0.2	

Примечание: * – $p \leq 0.01$,

Наблюдения за развитием особей фитофага, развивающихся из яиц, отложенных самками паутинного клеща на верхнюю и нижнюю сторону семядольных листьев в условиях принудительного их содержания, выявили некоторые различия между вариантами по ряду популяционных показателей (табл. 4). В частности, на обоих изучаемых сортообразцах огурца при развитии вредителя на верхней стороне семядолей, в сравнении с нижней, личинки из яиц выходили более дружно. Образование молодых имаго из линяющих нимф на верхней стороне семядольных листьев по времени происходил раньше. На гибриде Гинга темпы выхода как самцов, так и самок были выше, чем на Вязниковском 37. При этом доля самок среди молодых имаго

была практически одинаковой во всех вариантах эксперимента. Влияние сортовых особенностей огурца очевидно в выживаемости преимагинальных особей, особенно при их развитии на нижней стороне семядольных листьев. Так, на Вязниковском 37 выживаемость неполовозрелых особей на абаксиальной стороне семядолей оказалась самой низкой.

Необходимо отметить, что в условиях пролонгированного опыта проявлялась регенерационная способность срезанных семядольных листьев: площадь семядолей в чашках Петри увеличивалась, в базальной их части формировались адвентивные корни.

Таблица 4. Динамика выхода имаго паутинного клеща при развитии из яиц на адаксиальной и абаксиальной сторонах семядольных листьев

Сортообразец Сторона семядольного листа	Гинга F1		Вязниковский 37	
	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя
Исходное количество яиц, экз.	194	146	188	143
Доля яиц, из которых отродились личинки на 6-е сутки, %	97.8 ± 1.7	71.3 ± 5.2	90.8 ± 3.2	60.4 ± 5.3
Выход имаго самцов, %:				
- на 10-е сутки	15.7 ± 4	0	4.1 ± 2.3	0
- на 11-е сутки	59 ± 5.4	12.1 ± 4.3	58.9 ± 5.8	0
- на 12-е сутки	21.7 ± 4.5	43.1 ± 6.5	32.9 ± 5.5	41.9 ± 8.9
- на 13-е сутки	1.2 ± 1.2	32.8 ± 6.2	2.7 ± 1.9	29 ± 8.1
- на 14-е сутки	2.4 ± 1.7	6.9 ± 3.3	0	22.6 ± 7.5
- на 15-е сутки	0	5.2 ± 2.9	1.4 ± 1.4	6.5 ± 1.4
Выход имаго самок, %:				
- на 10-е сутки	0.9 ± 0.9	0	0	0
- на 11-е сутки	34.9 ± 4.6	0	18.4 ± 3.8	0
- на 12-е сутки	47.7 ± 4.8	31 ± 5	66 ± 4.7	25 ± 6.2
- на 13-е сутки	11.9 ± 3.1	49.4 ± 5.4	13.6 ± 3.4	33.3 ± 6.8
- на 14-е сутки	3.7 ± 1.8	16.1 ± 3.9	1.9 ± 1.3	29.2 ± 6.6
- на 15-е сутки	0.9 ± 0.9	3.4 ± 1.9	0	12.5 ± 4.8
Выживаемость преимагинальных особей, %	99 ± 0.7	99.3 ± 0.7	94.7 ± 1.6	65.7 ± 4
Доля самок в дочернем поколении имаго, %	56.8 ± 3.6	60 ± 4.1	58.5 ± 3.7	60.8 ± 5.5

Примечание: показатели развития преимагинальных особей приведены, как средние значения ± ст. ошибка.

Результаты эксперимента показали, что условия обитания вредителя, возможности получения им полноценной пищи на верхней и нижней стороне семядольных листьев огурца различаются. Эти различия реализуются в развитии питающихся личинок и нимф паутинного клеща, что позволяет предполагать более результативную добычу

пищи и (или) более эффективное ее усвоение при обитании на адаксиальной стороне листовых пластинок. Однако установленные особенности выхода личинок из яиц на адаксиальной и абаксиальной поверхности семядольных листьев обоих сортообразцов огурца предполагают влия-

ние на развитие вредителя также иного фактора, способного воздействовать на эмбриогенез.

Выявлено, что на обоих изучаемых сортообразцах огурца личинки быстрее выходят из яиц на верхней стороне семядольных листьев в сравнении с нижней стороной (табл. 5). Так, если на абаксиальной стороне семядолей на

5-е сутки опыта наблюдалось 5.6–7.8% личинок от их конечной численности в эксперименте, то на адаксиальной стороне – 29.5–55.8%. На 6-е сутки существенных различий в доле вышедших личинок на верхней и нижней стороне семядольных листьев не выявлено.

Таблица 5. Динамика выхода личинок из яиц, отложенных самками паутиного клеща на верхней и нижней сторонах семядольных листьев огурца

Сортообразец	Сторона семядольного листа	Кол-во яиц на семядоле, экз. (среднее ± ст. ошибка)	Кол-во личинок на семядоле через 7 суток, экз. (среднее ± ст. ошибка)	Доля вышедших личинок от их кол-ва на 7-е сутки, % (среднее ± ст. ошибка)	
				на 5-е сутки	на 6-е сутки
Гинга F1	Верхняя	5.4 ± 0.6	5.3 ± 0.7	29.5 ± 9	84.3 ± 5.2
	Нижняя	5.4 ± 0.8	5.3 ± 0.8	5.6 ± 5.6	70.7 ± 8.8
Вязниковский 37	Верхняя	6 ± 0.7	5.4 ± 0.6	55.8 ± 10.1	93.2 ± 4.9
	Нижняя	4.8 ± 0.6	4.3 ± 0.7	7.8 ± 5.2	85 ± 6.5

Предположительно, на развитие яиц паутиного клеща могут влиять летучие вещества, выделяемые с поверхности семядольных листовых пластинок. По-видимому, от стороны поверхности семядоли зависит химический состав и (или) количество выделяемых веществ. Эксперимент с условиями, препятствующими рассеиванию летучих соединений, показал, что выделения с верхней поверхности семядолей способны ускорять развитие яиц вредителя на нижней их стороне (табл. 6). Так, под стеклянным цилин-

дром в опытном варианте, где находились чашки Петри с альтернативным размещением семядольных листьев, на 4-е сутки доля образовавшихся из яиц личинок на нижней стороне семядолей оказалась достоверно выше, чем в контроле (71.7 и 56.3% соответственно). В контрольном варианте, где в обеих чашках семядоли располагались адаксиальной стороной вверх, более ранний выход личинок (50.7%), вероятно, обусловлен повышенной концентрацией летучих веществ в стеклянном цилиндре.

Таблица 6. Влияние летучих веществ, выделяемых адаксиальной поверхностью семядольных листьев огурца Гинга F1, на развитие яиц паутиного клеща

Вариант	Расположение семядолей в чашках Петри	Кол-во яиц в варианте, экз	Доля яиц, из которых вышли личинки через 5 суток, % (среднее ± ст. ошибка)	Выход личинок на 4-е сутки, % (среднее ± ст. ошибка)	
				в 9-00 час	в 16-00 час
Контроль 1	Верхней стороной вверх	141	96.5 ± 1.5	50.7 ± 4.3	88.2 ± 2.8
Контроль 2	Нижней стороной вверх	136	94.1 ± 2	1.6 ± 1.1	56.3 ± 4.4
Опыт	Верхней стороной вверх	65	90.8 ± 3.6	0	91.5 ± 3.6
	Нижней стороной вверх	53	86.8 ± 4.6	0	71.7 ± 6.6

Ранее было показано, что на поведение и развитие паутиного клеща на настоящих листьях огурца могут влиять морфо-анатомические особенности листовых пластинок [Раздобурдин, Сергеев, 2016]. Однако, в отношении семядольных листьев данная проблематика изучена недостаточно. Возможно, в структуре семядольных листовых пластинок изучаемых сортообразцов существуют различия, которые являются одной из причин выявленных особенностей развития вредителя, в частности, невысокой в опыте выживаемости клеща на нижней стороне семядолей сорта Вязниковский 37. Известно также, что растения способны отвечать на воздействие фитофагов различными реакциями. В частности, установлено, что откладка яиц членистоногими способна активировать синтез растением

летучих соединений, которые могут иметь существенное значение во взаимодействиях консументов различного порядка [Hilker, Fatouros, 2016]. В литературе имеются также данные, показывающие, что адаксиальная и абаксиальная поверхности листа могут по-разному реагировать на воздействия со стороны фитофагов. На растениях бобов продемонстрировано, что летучие соединения, выделяемые верхней и нижней сторонами листовой пластинки при взаимодействии с клопом-щитником *Nezara viridula*, различны. Ольфакторными исследованиями показано, что паразитоид данного фитофага *Trissolcus basalidis* в условиях выбора между верхней и нижней сторонами листа, отдает предпочтение нижней [Fрати et al., 2017].

Заключение

Исследования взаимоотношений паутиного клеща и огурца в начальный период онтогенеза растений выявили некоторые особенности поведения и развития вредителя, которые связаны со спецификой его пищевой специализации. На вегетирующих проростках в фазе семядольных листьев вне зависимости от сортовых особенностей огурца самки фитофага, питаясь как на нижней, так и на верхней стороне листовых пластинок, предпочитали откладывать яйца на абаксиальной стороне семядолей. В условиях принудительного содержания клещей на верхней и

нижней сторонах семядольных листьев на адаксиальной стороне семядолей, в сравнении с абаксиальной, самки откладывали яиц в 1.5–2 раза больше. На верхней стороне семядолей наблюдалось ускоренное развитие преимагинальных особей, но соотношение полов среди молодых имаго было таким же, как и на нижней. Предполагается, что процесс добычи пищи и (или) ее усвоение вредителем на верхней стороне семядольных листьев, в сравнении с нижней, более эффективен. Влияние сортовых свойств огурца наиболее ярко проявлялось в выживаемости не-

половозрелых особей, в целом более низкой на Вязниковском 37. При этом сортообразцы наиболее существенно различались при развитии вредителя на нижней стороне семядольных листьев. На гибриде Гинга как самцы, так и самки выходили из линяющих нимф более дружно, чем на Вязниковском 37.

На обоих сортообразцах на верхней стороне семядолей, в сравнении с нижней, имело место ускоренное эмбриональное развитие вредителя – личинки по времени

раньше выходили из яиц. Возможно, это обусловлено воздействием летучих веществ, выделяющихся с поверхности семядольных листьев. При этом химический состав и (или) количество данных веществ на адаксиальной и абаксиальной стороне листовых пластинок, по-видимому, различен. Летучие соединения с верхней стороны семядолей показали способность ускорять развитие яиц клеща на нижней их стороне.

Публикация подготовлена по результатам исследований в рамках проекта № 0665-2018-0009 Государственного задания ФГБНУ ВИЗР на 2018 год по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий.

Библиографический список (References)

- Митрофанов В.И. Определитель тетраниховых клещей фауны СССР и сопредельных стран (*Tetranychidae, Bryobiidae*) / Митрофанов В.И., Стрункова З.И., Лившиц И.З. // Душанбе. Издательство «Дониш». 1987. 224 с.
- Раздобурдин В.А. Значение генотипа огурца в поведении и развитии паутинного клеща / Раздобурдин В.А., Кириллова О.С. // Информационный бюллетень ВПРС МОББ. 2017. N 52. С. 239–244.
- Раздобурдин В.А. Особенности пищевой специализации паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch: морфо-анатомическое строение листьев различных по устойчивости к фитофагу сортообразцов огурца / Раздобурдин В.А., Сергеев Г.Е. // Вестник защиты растений, 1(87). 2016. С. 22–28.
- Fрати F. Foraging behaviour of an egg parasitoid exploiting plant volatiles induced by pentatomids: the role of adaxial and abaxial leaf surfaces / Frati F., Cusumano A., Conti E., Colazza S., Peri E., Guarino S., Martorana L., Romani R., Salerno G. // Peer J. 2017. Vol. 5.
- Hilker M. Resisting the onset of herbivore attack: plants perceive and respond to insect eggs / Hilker M., Fatouros N.E. // Current Opinion in Plant Biology. 2016. Vol. 32. P. 9–16.
- Van Leeuwen T. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mites *Tetranychus urticae* and other important Acaty: A review / Van Leeuwen T., Vontas J., Tsagkarakou A., Dermauw W., Tirry L. // Insect Biochem. Mol. Biol. 2010. Vol. 40. P. 563–572.

Translation of Russian References

- Mitrofanov V.I. Keys to spider mites of the USSR fauna and adjacent countries (*Tetranychidae, Bryobiidae*) / Mitrofanov V.I., Strunkova Z.I., Livshits I.Z. // Dushanbe: Donish. 1987. 224 p. (In Russian).
- Razdoburdin V.A. Importance of genotype of cucumber in behavior and development of spider mite / Razdoburdin V.A., Kirillova O.S. // Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 62–66
- Informatsionnyy byulleten VPRS MOBB. 2017. N 52. P. 239–244. (In Russian).
- Razdoburdin V.A. Peculiarities of food specialization of *Tetranychus urticae* Koch: morpho-anatomic structure of leaves of cucumber grade samples differing by resistance to phytophage / Razdoburdin V.A., Sergeev G.E. // Vestnik zashchity rastenij. 2016. N 1(87). P. 22–28. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 62–66

PECULIARITIES OF BEHAVIOUR AND DEVELOPMENT OF SPIDER MITES ON CUCUMBER IN JUVENILE PERIOD OF PLANT ONTOGENESIS

V. A. Razdoburdin, O.S. Kirillova

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

The behaviour and development of spider mite on cotyledon leaves of cucumber grades Ginga F1 and Vyaznikovsky 37 were studied in laboratory experiments. It is shown on vegetative seedlings that females on both variety samples preferred to lay eggs on the abaxial surface of the leaf blades. However, in conditions of forced mites on cotyledons, females feeding on the upper side of cotyledon leaves laid 1.5–2 times more eggs on the upper side than on the down one. It is shown that on the adaxial side of cotyledons, the preimaginal development of the herbivore occurs faster than on the abaxial one. It is assumed that the difference in the rate of development of eggs on the upper and down sides of cotyledon leaves may be due to qualitative and (or) quantitative differences in volatile compounds emitted from the surface of the cotyledons.

Keywords: *Tetranychus urticae*, adaxial and abaxial surfaces of cotyledon leaf, fertility of female, development of preimaginal individual.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 Раздобурдин Виктор Алексеевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: vrazdoburdin@mail.ru
 *Кириллова Ольга Сергеевна. Младший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ol-yurchenko@yandex.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 Razdoburdin Victor Alekseevich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: vrazdoburdin@mail.ru
 *Kirillova Olga Sergeevna. Junior Researcher, PhD in Biology, e-mail: ol-yurchenko@yandex.ru

* Ответственный за переписку

* Corresponding author

УДК 633.14:631.51(470.2)

ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ РЖИ НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ СТАЦИОНАРЕ МЕНЬКОВСКОГО ФИЛИАЛА АГРОФИЗИЧЕСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА

А.М. Шпанев

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

В результате проведенных исследований выявлено формирование вполне благоприятной фитосанитарной обстановки на посевах озимой ржи агроэкологического стационара Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института, расположенного в Гатчинском районе Ленинградской области. Ситуация осложняется за счет фитопатогенных объектов, в первую очередь снежной плесени. Высокая частота повторяемости сильного поражения озимой ржи данным заболеванием указывает на необходимость проведения защитных мероприятий. Наличие благоприятных погодных условий может привести к сильному поражению растений озимой ржи ринхоспориозом или бурой и стеблевой ржавчинами. В первом случае потребуется проведение двух фунгицидных обработок вегетирующих растений, во втором – одной обработки в фазу начала колошения. Проведение гербицидных обработок требуется только в годы совпадения сильного проявления снежной плесени и высокой численности зимующих видов сорных растений. Применение инсектицидов на посевах озимой ржи не требуется. Полученные данные должны быть востребованы при разработке интегрированной системы защиты озимой ржи от комплекса вредных организмов для Северо-Западного региона возделывания культуры.

Ключевые слова: озимая рожь, фитосанитарное состояние, сорные растения, болезни озимой ржи, защитные мероприятия.

Озимая рожь всегда считалась основной озимой зерновой культурой Северо-Западного региона РФ. В отличие от озимой пшеницы, более требовательной к условиям перезимовки, почвенной кислотности и плодородию, она характеризовалась стабильными высокими урожаями. За счет повышенной конкурентоспособности с сорными растениями озимая рожь являлась наилучшим предшественником для основной культуры данного региона картофеля. В условиях соблюдения системы земледелия обеспечивалось ее довольно широкое возделывание, которое за по-

следние два десятилетия снизилось до 1% в структуре посевных площадей [Архипов и др., 2014]. При этом по площадям возделывания озимая рожь уступает теперь не только озимой пшенице, но и тритикале. Тем не менее, изучение особенностей фитосанитарного состояния посевов озимой ржи современных сортов является важной и актуальной с позиций защиты этой культуры от вредных организмов задачей. В литературе такие сведения не многочисленны и в основном касаются фитопатологических объектов [Гультяева и др., 2018].

Материалы и методы исследований

Изучение фитосанитарного состояния посевов озимой ржи проводилось на агроэкологическом стационаре Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института (МФ АФИ), расположенном в Гатчинском районе Ленинградской области, в период 2013–2017 гг. Стационар представляет собой зерно-травяно-пропашной севооборот, в котором озимая рожь возделывается по сидеральному пару (люпин узколистый) и является предшественником ячменя. Площадь поля 0,6 га, севооборота – 4,2 га. В изучении находился сорт озимой ржи Славия, допущенный к возделыванию в Северо-Западном регионе с 2009 г. Фитосанитарное состояние посевов оценивалось по данным учета вредных организмов на постоянных площадках 0,1 м², расположенных на всей площади поля на протяжении периода вегетации культуры с фазы выхода в трубку до полного созревания [Шпанев, Голубев, 2008]. Исходя из схемы опыта, пред-

усматривающей разные уровни минерального питания ($N_0P_0K_0$, $N_{65}P_{50}K_{50}$, $N_{100}P_{75}K_{75}$) и защиты растений (без защиты, система интегрированной защиты), ежегодное количество постоянных площадок составляло 72, за все годы исследований – 360. На постоянных площадках велись визуальные наблюдения за культурными и сорными растениями, листовыми и стеблевыми болезнями, фитофагами и энтомофагами. Для учета корневых гнилей рядом с постоянными площадками брались разовые пробы, состоящие из 30 растений, которые затем анализировались в лабораторных условиях [Методические указания..., 2009]. В фазу полной спелости проводилась уборка урожая с каждой постоянной площадки в отдельности, в лабораторных условиях – структурный анализ урожая, с определением поврежденности зерна фитофагами и пораженности фитопатогенами [ГОСТ 12044-93, Семенов, Потлайчук, 1982].

Результаты исследований

За весь период исследований в посевах озимой ржи было выявлено 42 вида сорных растений, в том числе 26–32 вида в отдельные годы. Наиболее представительными оказались семейства астровые, гвоздичные, бобовые, капустные, яснотковые и гречишные (табл. 1). Стабильность видового состава сорных растений, произрастающих в посевах озимой ржи, подтверждается высокими коэффициентами Сьеренсена равными 0,75–0,84. При этом на единице площади посева в разные годы встречалось от 3 до 10 видов/м², в том числе 2–6 видов/м² – в фазу выхода в трубку

и 3–8 видов/м² – в фазу полной спелости. Это указывает на увеличение видового разнообразия сорных растений в посевах озимой ржи во второй половине вегетации культуры. Обычно оно связано с появлением таких видов как сушеница топяная (*Filaginella uliginosa* (L.) Opiz), ясколка дернистая (*Cerastium holosteioidees* Fries), вероника плющелистная (*Veronica hederifolia* L.), ситник жабий (*Juncus bufonius* L.), подорожник большой (*Plantago major* L.).

Посевы озимой ржи в большинстве случаев имели слабую засоренность, когда в фазу выхода в трубку на-

Таблица 1. Видовой состав сорной растительности в посевах озимой ржи агроэкологического стационара МФ АФИ

Семейство	Вид	Годы				
		2013	2014	2015	2016	2017
Астровые Asteraceae Dumort.	Бодяк щетинистый — <i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bess.	+	+		+	
	Бородавник обыкновенный — <i>Lapsana communis</i> L.	+	+	+	+	+
	Мать-и-мачеха обыкновенная — <i>Tussilago farfara</i> L.			+		
	Одуванчик лекарственный — <i>Taraxacum officinale</i> Wigg.				+	
	Осот полевой — <i>Sonchus arvensis</i> L.	+	+	+	+	+
	Ромашка непахучая — <i>Matricaria inodora</i> L.	+	+	+	+	+
	Скерда кровельная — <i>Crepis tectorum</i> L.					+
Бобовые Fabaceae Lindl.	Сушеница топяная — <i>Filaginella uliginosa</i> (L.) Opiz	+	+	+	+	+
	Горошек волосистый — <i>Vicia hirsute</i> (L.) S.F.Gray		+	+	+	+
	Горошек четырехсемянный — <i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb		+	+	+	+
	Горошек мышиный — <i>Vicia cracca</i> L.				+	
Бурачниковые Boraginaceae Juss.	Клевер луговой — <i>Trifolium pretense</i> L.	+	+	+	+	+
	Незабудка полевая — <i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill.	+	+	+	+	+
Гвоздичные Caryophyllaceae Juss.	Дивала однолетняя — <i>Scleranthus annuus</i> L.				+	
	Звездчатка средняя — <i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	+	+	+	+	+
	Торица полевая — <i>Spergula arvensis</i> L.	+		+	+	+
	Торичник красный — <i>Spergularia rubra</i> (L.) J. et C. Presl	+	+	+	+	+
Гречишные Polygonaceae Juss.	Ясколка дернистая — <i>Cerastium holosteoides</i> Fries	+	+	+	+	+
	Горец птичий — <i>Polygonum aviculare</i> L.		+		+	+
	Горец развесистый — <i>Persicaria lapathifolia</i>	+			+	+
	Гречишка вьюнковая — <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love			+	+	+
Дымянковые Fumariaceae Eaton	Щавель малый — <i>Rumex acetosella</i> L.	+	+	+	+	+
	Дымянка лекарственная — <i>Fumaria officinalis</i> L.					+
Заразиховые Orobanchaceae Vent.	Зубчатка обыкновенная — <i>Odontites vulgaris</i> Moench					+
	Желтушник левкойный — <i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	+				+
	Пастушья сумка обыкновенная — <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	+	+	+	+	+
Капустные Brassicaceae Burnet	Редька дикая — <i>Raphanus raphanistrum</i> L.		+	+	+	
	Ярутка полевая — <i>Thlapsi arvense</i> L.	+				
Кипрейные Onagraceae Juss.	Кипрей узколистый — <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	+		+		+
Маревые Chenopodiaceae Vent.	Марь белая — <i>Chenopodium album</i> L.	+	+	+	+	+
	Мятлики	Мятлики	+	+	+	+
Мятликовые Poaceae Barnhart	Мялик однолетний — <i>Poa annua</i> L.	+	+	+	+	+
	Пырей ползучий — <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	+	+	+	+	+
	Тимофеевка луговая — <i>Phleum pretense</i> L.	+	+	+	+	+
Подорожниковые Plantaginaceae Juss.	Подорожник большой — <i>Plantago major</i> L.	+	+	+	+	+
	Вероника плющелистная — <i>Veronica hederifolia</i> L.	+	+	+	+	+
	Вероника полевая — <i>Veronica arvensis</i> L.			+	+	
Ситниковые Juncaceae	Ситник жабий — <i>Juncus bufonius</i> L.	+			+	+
Фиалковые Violaceae Batsch	Фиалка полевая — <i>Viola arvensis</i> Murr.	+	+	+	+	+
	Мята полевая — <i>Mentha arvensis</i> L.		+			
Яснотковые Lamiaceae Lindl.	Пикульник двунадрезанный — <i>Galeopsis bifida</i> Boenn.	+	+	+	+	+
	Пикульник обыкновенный — <i>Galeopsis tetrahit</i> L.	+	+	+	+	+
	Чистец болотный — <i>Stachys palustris</i> L.	+		+		
		28	26	29	32	30

считывалось 38–233 экз./м² или 2.1–5.7% проективного покрытия, что не требовало проведения гербицидных обработок. Применение гербицидов оказалось востребовано только в 2016 г. при густоте сорных растений 433 экз./м² и проективном покрытии 18.7%. Такая ситуация явилась следствием неблагоприятной перезимовки культуры и изреженного стеблестоя, а также большой численности зимующих видов сорных растений, прежде всего фиалки

полевой (*Viola arvensis* Murr.) и пастушьей сумки обыкновенной (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.).

Для посевов озимой ржи оказался характерен малолетний тип засоренности, поскольку на долю малолетников приходилось 85–100% сорных растений (табл. 2). В весенний период, которому предшествовала теплая продолжительная осень, в посевах озимой ржи наблюдалось массовое присутствие зимующих видов. Так, численность фиалки

Таблица 2. Засоренность посевов озимой ржи агроэкологического стационара МФ АФИ

Показатели	Годы				
	2013	2014	2015	2016	2017
Фаза выхода в трубку					
- видовое обилие, видов/м ²	4	2	6	6	4
- густота, экз./м ²	94	38	183	433	233
многолетних	2	0	28	6	1
малолетних	92	38	155	427	232
- проективное покрытие, %	3.4	2.1	5.7	18.7	3.8
Фаза полной спелости					
- видовое обилие, видов/м ²	7	3	7	8	8
- густота, экз./м ²	281	65	97	723	216
- фитомасса, г/м ²	114.6	14.8	48.3	111.8	65.7
- масса 1 сорного растения, г	0.41	0.23	0.50	0.16	0.30
- доля в общей фитомассе снопа, %	6.7	0.9	1.8	5.2	2.5

полевой достигала 146–207 экз./м², пастушьей сумки – 89 экз./м², их относительное обилие составляло 48–63% и 21% соответственно (табл. 3). Если в осенний период складывалась неблагоприятная погода для прорастания зимующих сорных растений, то весной следующего года в посевах преобладали яровые ранние виды. Численность мари белой (*Chenopodium album* L.) достигала 81 экз./м², торичника красного (*Spergularia rubra* (L.) J. et C. Presl) – 31 экз./м² и на их долю приходилось 44 и 33% от общей засоренности.

Сорные растения с многолетним циклом развития были представлены пыреем ползучим (*Elitrigia repens* (L.) Nevski), осотом полевым (*Sonchus arvensis* L.), чистецом болотным (*Stachys palustris* L.), щавелем малым (*Rumex acetosella* L.), подорожником большим, реже бодяком щетинистым (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), мятой полевой (*Mentha arvensis* L.), одуванчиком лекарственным (*Taraxacum officinale* Wigg.) и мать-и-мачехой (*Tussilago farfara* L.). Их ранневесенняя численность была крайне низкой и только в 2015 г. она составила 28 экз./м².

Предуборочная густота сорных растений указывает на тот факт, что в течение весенне-летнего периода вегетации озимой ржи наблюдается рост численного состава сеgetалов, связанный в первую очередь в торичником красным, вероникой плющелистной, чистецом болотным и щавелем малым. Обратная ситуация наблюдалась в 2015 г., когда сорная растительность в большинстве своем была представлена марью белой, неспособной выживать в густом хорошо развитом посевах озимой ржи. Густота стояния мари белой в фазу полной спелости культуры составляла

только 9% от весенних значений.

Вегетативная масса сорных растений формируемая за период совместного произрастания с культурой характеризуется интервалом значений равным 14.8–114.6 г/м², что составляет 0.9–6.7% в общей фитомассе агрофитоценоза. При этом усредненная масса 1 сорного растения варьировала в пределах 0.16–0.50 г и зависела от состояния посева и преобладающих видов сорняков.

Фитопатогенный комплекс озимой ржи состоял из возбудителей, поражающих корневую систему, листья, стебли, колосья и зерна.

Наиболее вредоносным заболеванием озимой ржи в Северо-Западном регионе считается снежная плесень (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett). Для нее характерно умеренное и сильное проявление, реже – слабое (табл. 4). Максимальная величина гибели растений наблюдалась при перезимовке в 2017 году и составила 67.3%. Весенняя густота стеблестоя озимой ржи составила всего 490 экз./м². Столь сильному проявлению заболевания способствует затяжная весна и длительное сохранение на полях снежного покрова. Наименьшее число погибших от снежной плесени растений озимой ржи было зафиксировано в 2016 г., когда поля освободились от снега раньше обычного.

Корневая система поражалась корневыми гнилями фузариозно-гельминтоспориозного типа (*Fusarium*, *Helminthosporium* spp.). За все годы исследований развитие корневых гнилей на озимой ржи не превышало 15%, что указывает на слабую и умеренную степень проявления. При этом на вариантах с низким содержанием элементов питания в почве растения ржи имели более сильную степень поражения, по сравнению с вариантами, в которые вносились средние и высокие дозы минеральных удобрений [Шпанев, Рогожникова, 2014].

Из листостеблевых болезней на растениях озимой ржи регулярно проявлялись ринхоспориоз (*Rhynchosporium secalis* (Oudem.) Davis.) и стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f.sp. *secalis* (Erikss. et Henn.)), периодически – мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *secalis* Marchal), септориоз (*Septoria secalis* Prill. et Del.) и бурая листовая ржавчина (*Puccinia dispersa* Erikss. et Henning) (табл. 4).

Одним из самых распространенных и ранних заболеваний озимой ржи в регионе является ринхоспориоз или окаймляющая пятнистость. Симптомы характерные для данного заболевания можно обнаружить на растениях практически сразу после таяния снега, особенно если растения благополучно перезимовали и имели хорошо

Таблица 3. Распространенные виды сорных растений в посевах озимой ржи

Вид	2013		2014		2015		2016		2017	
	экз./м ²	доля, %	экз./м ²	доля, %	экз./м ²	доля, %	экз./м ²	доля, %	экз./м ²	доля, %
Фиалка полевая	13	13.8	20	52.6	12	6.6	207	47.8	146	62.7
Пастушья сумка	8	8.5	0	0	9	4.9	89	20.6	2	0.9
Марь белая	12	12.8	1	2.6	81	44.3	12	2.8	57	24.5
Торичник красный	31	33.0	0	0	1	0.5	2	0.5	0	0
Пикульники	4	4.3	1	2.6	16	8.7	14	3.2	14	6.0
Бородавник обыкновенный	1	1.1	2	5.2	1	0.5	9	2.1	4	1.7
Редька дикая	0	0	1	2.6	7	3.8	42	9.7	2	0.9
Ромашка непахучая	2	2.1	1	2.6	9	4.9	33	7.6	3	1.3
Незабудка полевая	7	7.4	1	2.6	6	3.3	11	2.5	0	0

Таблица 4. Поражение озимой ржи болезнями на агроэкологическом стационаре МФ АФИ

Болезни	Годы				
	2013	2014	2015	2016	2017
Снежная плесень (фаза кущения)					
- гибель растений, %	33.9	11.1	15.5	3.8	67.3
Корневые гнили (фаза выхода в трубку)					
- пораженность растений, %	53.4	24.5	44.1	38.9	–
- интенсивность поражения, %	25.3	12.0	21.1	18.7	–
- развитие, %	14.6	2.1	10.3	8.4	–
Ринхоспориоз (фаза налива зерна)					
- пораженность 1-х подфлаговых листьев, %	40.9	46.6	33.1	35.8	25.2
- интенсивность поражения, %	27.0	38.8	25.6	27.1	16.1
- развитие, %	8.6	15.1	5.7	6.6	3.8
Мучнистая роса (фаза налива зерна)					
- пораженность 1-х подфлаговых листьев, %	3.9	0.2	0.0	0.0	0.0
- интенсивность поражения, %	5.2	5.0	0.0	0.0	0.0
- развитие, %	0.20	0.01	0.0	0.0	0.0
Буряя ржавчина (фаза налива зерна)					
- пораженность 1-х подфлаговых листьев, %	55.9	1.1	0.7	0.0	0.0
- интенсивность поражения, %	6.4	5.8	5.0	0.0	0.0
- развитие, %	3.3	0.06	0.04	0.0	0.0
Стеблевая ржавчина (фаза полной спелости)					
- пораженность стеблей, %	92.7	64.8	99.7	95.4	56.7
- интенсивность поражения, %	15.4	6.2	31.7	24.1	10.9
- развитие, %	14.2	3.7	31.6	23.0	5.5
Спорынья (фаза полной спелости)					
- пораженность зерен, %	0.02	0.03	0.0	0.03	0.01

развитую вегетативную массу. Дальнейшее развитие заболевания определяется погодными условиями. Благоприятными принято считать прохладные и дождливые дни, после которых ринхоспориоз в значительной степени покрывает листья самого нижнего припочвенного яруса и постепенно распространяется на более верхние листья растений. В фазу колошения ржи пораженным оказывается средний ярус растений, в фазу молочной и молочно-восковой спелости – верхний ярус, включая флаговый лист. В теплые засушливые годы развитие болезни может ограничиваться нижним ярусом и динамика поражения культурных растений будет отрицательной (рис. 1). По нашим данным развитие ринхоспориоза на 1-м подфлаговом листе варьировало по годам в пределах 3.8–15.1%. На вариантах с внесением высоких доз удобрений отмечалось более сильное развитие ринхоспориоза, которое в условиях 2014 г. достигало 4.6 и 17.4% соответственно на верхнем и среднем ярусах листьев [Шпанев, 2016].

Озимая рожь ежегодно поражалась стеблевой ржавчиной. Появление болезни отмечалось в фазу налива зерна, затем поражение усиливалось и максимума достигало в

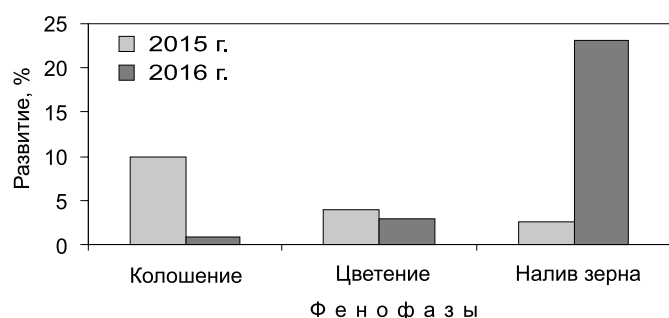


Рис. 1. Динамика поражения растений озимой ржи ринхоспориозом

фазу полной спелости (рис. 2). В годы с благоприятными погодными условиями, каковыми являются повышенная влажность и температура воздуха, развитие болезни достигало 30% и более. В прохладные и дождливые (2017 г.) или теплые и засушливые (2014 г.) развитие болезни не превышало 10%.

Устойчивыми низкими показателями развития в посевах озимой ржи характеризовались мучнистая роса, септориоз и буряя листовая ржавчина. В самом благоприятном по погодным условиям 2013 году развитие данных заболеваний составило 0.2, 0.02 и 3.3%. В этом же году обозначились явные различия двух возделываемых на полях МФ АФИ сортов озимой ржи по степени поражения листостеблевыми болезнями [Шпанев, 2016]. Так, развитие ринхоспориоза на 1-м подфлаговом листе в фазу налива зерна составило 9.2 и 4.7% соответственно на сортах Славия и Эра, бурой листовой ржавчины в фазу молочной спелости – 55.5 и 1.6%, стеблевой ржавчины в фазу молочно-восковой спелости – 14.2 и 4.4%. Таким образом, после первого же года возделывания не получила подтверждения информация, указываемая оригинатором в характеристике со-

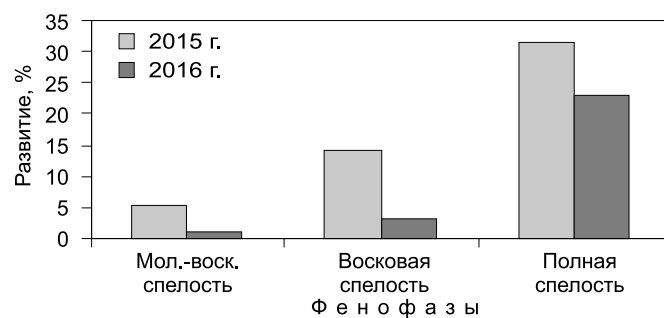


Рис. 2. Динамика поражения растений озимой ржи стеблевой ржавчиной

рта Славия, о его устойчивости к группе доминирующих болезней.

При анализе зерна чаще выявлялись виды грибов, вызывающие чернь колоса. Так, на грибы рода *Alternaria* (43%), *Epicoccum purpurascens* Ehrenb. (7%) и *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link. (3%) суммарно приходилось 53% зараженных зерен. Фузариевые грибы встречались на 7% зерновок и в основном были представлены двумя видами – *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. и *F. sporotrichioides* Sherb. Плесневые грибы и гриб *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker., один из возбудителей корневых гнилей, фиксировались на зернах в единичных случаях. Общая зараженность зерен грибами составляла по годам 53, 54, 54,

79 и 98%. Максимальные показатели зараженности зерна семенной инфекцией приходились на годы с избыточным увлажнением в период созревания культуры. Тогда же значительно возрастала доля фузариозных зерен в убранном урожае, которая в 2017 г. составила 19%.

Комплекс фитофагов озимой ржи был представлен синей и красногрудой пядицами (*Lema cyanella* L., *Oulema melanopus* L.), минирующей мухой (*Agromyza* spp.), черемухово-злаковой и большой злаковой тлями (*Rhopalosiphum padi* L., *Sitobion avenae* F.), обыкновенной зерновой совкой (*Apamea sordens* Hufn.) и мышевидными грызунами (табл. 5).

Таблица 5. Повреждение озимой ржи фитофагами на агроэкологическом стационаре МФ АФИ

Фитофаги	Годы				
	2013	2014	2015	2016	2017
Пьявицы (фаза налива зерна)					
- поврежденность 1-х подфлаговых листьев, %	1.0	0.2	0.0	0.3	0.5
- интенсивность повреждения, %	21.3	35.0		13.6	15.1
- общая степень повреждения, %	0.15	0.05	0.0	0.01	0.02
Минирующая муха (фаза налива зерна)					
- поврежденность 1-х подфлаговых листьев, %	0.2	0.2	0.0	0.1	0.3
- интенсивность повреждения, %	15.0	35.0		15.0	20.0
- общая степень повреждения, %	0.01	0.04	0.0	0.002	0.02
Злаковые тли (фаза налива зерна)					
- заселенность стеблей, %	6.6	2.6	11.9	1.7	2.1
- интенсивность заселения, экз./стебель	1.8	1.3	3.4	0.6	0.8
- численность, экз./м ²	49	21	212	10	14
Обыкновенная зерновая совка (фаза полной спелости)					
- поврежденность зерен, %	0.02	0.29	0.35	0.11	0.15
- интенсивность повреждения, %	25.0	23.5	27.2	22.5	32.3
- общая степень повреждения, %	0.002	0.05	0.06	0.01	0.01
Мышевидные грызуны (фаза полной спелости)					
- уничтожено стеблей, %	0.0	0.0	0.02	0.0	0.0

Личинками пядиц и минирующей мухи чаще всего повреждался 1-й подфлаговый лист. Таковых в посеве озимой ржи насчитывалось не более 1 и 0.3% соответственно. Интенсивность повреждения данного листа фитофагами составляла 13.6–35.0 и 15–35%.

Черемухово-злаковая тля при весеннем заселении агроценозов в меньшей степени избирала для дальнейшего развития посев озимой ржи. Также следует отметить и в отношении большой злаковой тли, заселенность стеблей ржи и плотность особей которой были крайне низкие. В большинстве годов на единице площади посева насчитывалось 10–49 экз./м² тлей и только в 2015 г. – 212 экз./м².

Поврежденность зерен гусеницами обыкновенной зерновой совки была стабильно низкой и составляла 0.02–0.35%. Низкой плотностью популяции объясняется малая доля стеблей, уничтожаемых мышевидными грызунами.

В результате проведенных исследований на посевах озимой ржи агроэкологического стационара МФ АФИ, расположенном в Гатчинском районе Ленинградской области, выявлено формирование вполне благоприятной

фитосанитарной обстановки. Ситуация осложняется за счет фитопатогенных объектов, в первую очередь снежной плесени. Высокая частота повторяемости сильного поражения озимой ржи данным заболеванием указывает на необходимость проведения защитных мероприятий. Наличие благоприятных погодных условий может привести к сильному поражению растений озимой ржи ринхоспориозом или бурой и стеблевой ржавчинами. В первом случае потребуются проведение двух фунгицидных обработок вегетирующих растений, во втором – одной обработки в фазу начала колошения. Проведение гербицидных обработок требуется только в годы совпадения сильного проявления снежной плесени и высокой численности зимующих видов сорных растений. Применение инсектицидов на посевах озимой ржи не требуется. Полученные данные должны быть востребованы при разработке интегрированной системы защиты озимой ржи от комплекса вредных организмов для Северо-Западного региона возделывания культуры.

Библиографический список (References)

Архипов М.В., Данилова Т.А., Сеницына С.М. Состояние и перспективы развития зерновой отрасли в Северо-Западном федеральном округе // Научное обеспечение развития производства зерна на северо-западе России. СПб., 2014. С. 4–15.

ГОСТ 12044–93. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М., 1993. 58 с.
Гуляева Е.И., Шайдаюк Е.Л., Шипилова Н.П., Левитин М.М., Маслово И.В., Вусатюк М.П., Колесникова О.А. Болезни зерновых культур

- в Северо-Западном регионе в 2017 г. // Защита и карантин растений. 2018. N 4. С. 19–21.
- Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб., 2009. 378 с.
- Семенов А.Я., Потлайчук В.И. Болезни семян полевых культур. Л., 1982. 128 с.
- Шпанев А.М., Голубев С.В. Биоценоз озимых зерновых культур (Юго-Восток ЦЧЗ). СПб., 2008. 284 с.
- Шпанев А.М., Рогожникова Е.С. Корневые гнили зерновых культур на северо-западе Нечерноземной зоны // Корневые гнили с.-х. культур: биология, вредоносность, системы защиты. Краснодар, 2014. С. 54–56.
- Шпанев А.М. Роль сорта в формировании фитопатологической ситуации на посевах озимой ржи в Северо-Западном регионе // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. СПб., 2016. С. 122.

Translation of Russian References

- Arkhipov M.V., Danilova T.A., Sinitsina S.M. Status and prospects of grain industry in the North-West Federal district // In: Nauchnoe obespechenie rasvitiya proizvodstva zerna na severo-zapade Rossii. Saint-Petersburg. 2014. P. 4–15. (In Russian).
- GOST 12044-93. Interstate standard. Seeds of agricultural crops. Methods for the determination of infestation of diseases. Moscow. 1993. 58 p. (In Russian).
- Gulyaeva E.I., Shaydayuk E.L., Shipilova N.P., Levitin M.M., Maslova I.V., Vusatyuk M.P., Kolesnikov O.A. Diseases of grain crops in the North-West region of 2017 // Zashchita i karantin rasteniy. 2018. N 4. P. 19–21. (In Russian).
- Methodical instructions on registration tests for fungicides in agriculture. Saint-Petersburg. 2009. 378 p. (In Russian).
- Semenov A.Y., Potlaichuk V.I. Diseases of field crops. Leningrad. 1982. 128 p. (In Russian)
- Shpanev A.M., Golubev S.V. Biocenosis of winter grain crops (South-East of the Central black earth region). Saint-Petersburg. 2008. 284 p. (In Russian).
- Shpanev A.M., Rogozhnikova E.S. Root rot of grain crops in the North-West of the non-Chernozem zone // In: Kornevie gnili selskokhochozyaystvennikh kultur: biologiya, vredenostnost, sistemi zashchiti. Krasnodar, 2014. P. 54–56. (In Russian).
- Shpanev A.M. Role of variety in formation of phytopathological situation on winter rye crops in the North-West region // In: Sovremennyye problemy immuniteta rasteniy k vrednym organizmam. Saint-Petersburg. 2016. P. 122. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 67–72

PHYTOSANITARY CONDITION OF WINTER RYE CROPS AT AGROECOLOGICAL STATIONARY OF MENKOVO BRANCH OF AGROPHYSICAL RESEARCH INSTITUTE

A.M. Shpanev

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

As a result of the conducted research on winter rye crops in the Gatchina district of the Leningrad region, the formation of a favourable phytosanitary environment was revealed. The situation is complicated by phytopathogenic objects, primarily snow mold. The high frequency of recurrence of severe winter rye damage by this disease indicates the need for protective measures. The presence of favourable weather conditions can lead to strong affection of winter rye plants with scab or brown and stem rust. In the first case, two fungicidal treatments of vegetating plants are required; in the second, one treatment in the phase of the beginning of earing. Carrying out of herbicide treatments is required only in the years of coincidence of strong manifestations of snow mold and high number of wintering species of weeds. The use of insecticides on winter rye crops is not required. The obtained data should be in demand in the development of integrated system of protection of winter rye from the complex of harmful organisms for the North-Western region of cultivation.

Keywords: winter rye, phytosanitary condition, weed, winter rye disease, protective measure.

Сведения об авторе

Агрофизический НИИ, Гражданский проспект, 14, 195220, Санкт-Петербург, Российская Федерация
Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Шпанев Александр Михайлович. Главный научный сотрудник (АФИ), Ведущий научный сотрудник (ВИЗР), доктор биологических наук, e-mail: ashpanev@mail.ru

Information about the author

Agrophysical Research Institute, Grazhdanskiy pr., 14, 195220, St. Petersburg, Russian Federation
All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Shpanev Aleksandr Mikhailovich. Principal Researcher (AFI), Leading Researcher (VIZR), DSc in Biology, e-mail: ashpanev@mail.ru

УДК: 632.951:635.11

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ИНСЕКТИЦИДОВ В БОРЬБЕ С ВРЕДИТЕЛЯМИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Л.А. Буркова, Т.И. Васильева

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Рассмотрены этапы формирования и совершенствования ассортимента инсектицидов против комплекса вредителей агробиоценоза сахарной свеклы, начиная с первых приемов применения высокотоксичных неорганической природы препаратов против свекловичных долгоносиков и разработкой энергосберегающих и экологически малоопасных технологий с использованием инсектицидов 3–4 классов опасности для млекопитающих в настоящее время. Показано, что одними из основных приемов оптимизации ассортимента химических средств защиты являются разработка новых препаративных форм инсектицидов в виде водно-диспергируемых гранул, водорастворимых и суспензионных концентратов, а также включение инсектицидов из новых химических классов с малыми нормами применения при сохранении их высокой биологической эффективности против основных вредителей сахарной свеклы.

Ключевые слова: сахарная свекла, инсектициды, биологическая эффективность, совершенствование ассортимента.

Вред, причиняемый многочисленными вредителями посевам сахарной свеклы, может привести к частичной или полной их гибели. По данным А.В. Рябчинского [2004], из 300 видов фитофагов, обитающих в агробиоценозе сахарной свеклы, около 30 могут нанести существенный вред культуре. В наиболее опасный период ее развития (прорастание семян – 1 пара настоящих листьев) вредоносны проволочники (сем. *Elateridae*), свекловичные блошки (*Chaetocnema spp.*), свекловичные долгоносики (сем. *Curculionidae*), щитовки (*Cassidae spp.*), свекловичная листовая тля (*Aphis fabae* Scop.) – переносчик вирусных заболеваний. В период от 1 пары листьев до пятого листа повреждения могут наносить свекловичная минирующая муха (*Pegomyia betae* Curt.), свекловичный долгоносик – стеблеед (*Lixus subtilis* Sturm.), луговой мотылек (*Pyrausta sticticalis* L.). В период развития новых листьев по спирали растения повреждают виды, вредящие факультативно – паутинный клещ (*Tetranychus urticae* Koch.), свекловичный клоп (*Polymerus cognatus* Fieb.) и другие.

Это обстоятельство определяет необходимость наличия и постоянного совершенствования ассортимента инсектицидов разного спектра и механизма действия для эффективной защиты культуры от комплекса вредителей, который предусматривает не только обеспечение высокой биологической эффективности препаратов в борьбе с вредителями, но и снижение их опасности для человека,

животных и полезных компонентов биоценозов сахарной свеклы.

Начало проведения мер борьбы с вредителями на посевах сахарной свеклы связано с одними из основных вредителей – свекловичными долгоносиками и относится ко второй половине XIX века. Борьба осуществлялась путем ручного сбора имаго и окапывания канавками полей. В начале XX века появились немногочисленные разработки мероприятий по применению кишечных неорганических инсектицидов (соединения мышьяка, фтора, бария, серы и др.) и первых хлорорганических инсектицидов – ДДТ (1939 г.) и Гексахлорана (1942 г.). В 50-е годы наступил период планового проведения защитных мероприятий с вредителями и болезнями растений в разных технологиях возделывания культуры и был связан с широким применением хлор- и фосфорорганических препаратов. Применение этих препаратов значительно повысило эффективность борьбы с долгоносиком, свекловичной минирующей мухой и другими вредителями. Главной задачей в этот период времени была ликвидация очагов массового их размножения. В 60-е годы ассортимент разрешенных для применения инсектицидов и акарицидов включал 11 инсектицидов из хлорорганических (ДДТ, гамма - изомеры ГХЦГ, Дилор) и фосфорорганических (Тиофос, диметоат - Рогор.) химических классов (табл. 1).

Таблица 1. Обеспеченность сахарной свеклы инсектицидами

Химический класс препаратов	Число препаратов/д.в. по годам				
	1960 г.	1961–1975 гг.	1986–1990 гг.	2000 г.	2018 г.
Хлорорганические	8	3	4	0	0
Фосфорорганические	3	15	17	22	30
Пиретроиды	0	1	6	20	34
Неоникотиноиды	0	0	0	1	11
Карбаматы		3	2	6	1
Другие + биопрепараты	0	2	3	8+4	19+6
Всего	11/11	24/22	32/25	57/21	95/22

Однако этот ассортимент совершенно не удовлетворял основным требованиям, предъявляемым к охране окружающей среды и безопасности человека из-за наличия высокотоксичных препаратов для млекопитающих ($LD_{50} = 129.6$ мг/кг – 2 класс опасности), высокой кумулятивной способности и низкой скорости их деградации. Это послужило основанием для сокращения объемов применения хлорор-

ганических препаратов, а затем в 90-е годы и полного запрещения их использования на посевах сахарной свеклы. В связи с этим возникла необходимость расширения исследований по изучению мирового ассортимента пестицидов и обновления существующего перечня инсектицидов.

В дальнейшем в результате комплексных исследований (биологических, токсикологических) в ассортимент

были внесены существенные коррективы. В 70-е годы были рекомендованы препараты, обладающие высокой биологической активностью – синтетические пиретроиды и карбаматы. Были исключены из ассортимента сильнодействующие, способные вызывать хронические отравления мышьяксодержащие препараты (парижская зелень, арсенат и арсенит кальция), высокотоксичные фосфорорганические (меркаптофос, тиофос и другие). Из-за устойчивости и кумулятивных свойств в объектах окружающей среды не разрешалось использовать препараты ДДТ, а позднее – Полидофен, Полихлорпиперин, Пентахлор, Севин, Полихлоркамфен, характеризующиеся в определенных условиях отрицательным последствием. В то же время хлорорганические инсектициды гамма - изомеры ГХЦГ и Дилор, лишенные кумулятивных свойств и малотоксичный для млекопитающих, были рекомендованы для обработки сахарной свеклы против обыкновенного свекловичного долгоносика.

Таблица 2. Санитарно - гигиенические показатели инсектицидов, применяемых на посевах сахарной свеклы

Годы	Число препаратов	Из них по классам опасности				Средний класс опасности	Средняя токсичность для крыс, ЛД ₅₀ , мг/кг
		1	2	3	4		
1960–1975	24	3	6	12	3	1.5	394.5
1986–1990	32	3	4	18	2	1.7	463.0
1999	33	6	8	12	7	1.7	694.2
2015	65	4	17	29	15	3.3	1055.2

Замена препаративных форм на экологически менее опасные водные (водно-диспергируемые гранулы, суспензионные и водорастворимые концентраты), позволили снизить класс опасности инсектицидов для млекопитающих и тем самым повысить уровень санитарной и гигиенической безопасности современного ассортимента в отношении млекопитающих и обеспечить защиту сахарной свеклы от комплекса вредителей. В частности, в отличие от производимых ранее инсектицидов Децис Экстра, КЭ (125 г/л) и Децис, КЭ (25 г/л) новый препарат в форме водно-диспергируемых гранул Децис Профи, ВДГ (250 г/л) менее токсичен, удобен при хранении, транспортировке, легко растворяется в воде, обладает высоким защитным эффектом в отношении комплекса вредителей [Васильева Т.И. и др., 2011].

Требованиям охраны окружающей среды способствует и технология применения препаратов. Наряду с опрыскиванием с 90-х годов стал развиваться метод обработки семян сахарной свеклы, позволяющий получить максимальный эффект при минимально отрицательном влиянии на компоненты агробиоценоза поля культуры. Были зарегистрированы препараты на основе карбофурана, что позволило снизить объемы обработок против комплекса вредителей всходов. Однако основным недостатком препаратов на основе карбофурана (Дайфуран, Фурадан, Адифур, Брифур) является токсичность, составляющая 8–14 мг/кг, что вызывает необходимость проведения обработок семян строго на специальных установках. В связи с этим при поиске новых препаратов для защиты сахарной свеклы наряду с их биологическими свойствами обращалось внимание на другой не менее важный аспект – безопасность для операторов и агробиоценозов полей сахарной свеклы. В ассортимент был включен инсектицид для обработки семян Промет, МКС (400 г/л) на основе фуратиокарба. В форме микрокапсулированной суспензии действующее

Существенные коррективы в формирование ассортимента средств борьбы с вредителями сахарной свеклы были внесены в результате расширения его инсектицидами из нового класса синтетических пиретроидов. Эти инсектициды с широким спектром токсического действия, особенно в отношении большинства видов чешуекрылых и на один – два порядка меньшими нормами расхода препаратов по сравнению с фосфорорганическими соединениями, получили наибольшее признание среди препаратов. Включение их в интегрированную борьбу с вредителями в оптимальные сроки способствовало снижению кратностей и общего объема применения инсектицидов.

Совершенствование средств защиты от вредителей в последующие годы было связано с поиском токсикантов со сниженной опасностью для млекопитающих (ЛД₅₀ – 463.0–1055.2 мг/кг) и изучением препаратов из новых химических классов в препаративных формах, повышающих их экологическую безопасность (табл. 2).

вещество заключено в полимерную оболочку, благодаря этому его ЛД₅₀ составляет >3000 мг/кг.

Регистрация препаратов из химического класса неоникотиноидов на основе имидаклоприда Табу, ВСК (500 г/л), Иמידор Про, КС (200 г/л), Нуприд, КС (600 г/л), тиаметоксама Круйзер, КС (600 г/л), Тиара, КС (350 г/л) и клоотианидина (Пончо Бета, Кс (400+53 г/л)) с наличием выраженного системного свойства (способности передвигаться от корней по сосудистой системе к листьям) расширила возможность защиты растений не только на стадии прорастания семян, но и в течение последующих этапов роста и развития, а также позволила значительно уменьшить влияние погодных условий на биологическую эффективность препаратов [Васильева Т.И. и др., 2008].

Ассортимент препаратов меняется в зависимости от фитосанитарной ситуации на сельскохозяйственных культурах. Так, в последнее десятилетие наблюдается увеличение численности как основных вредных видов, так и появление новых – в частности, свекловичного долгоносика-стебледа. В связи с этим были проведены исследования и определены регламенты эффективного применения инсектицидов Иמידор, ВРК (200 г/л), Тиара, КС (350 г/л), Протеус, МД (100 +10 г/л) в борьбе с этим вредителем. Установлено, что оптимальным сроком проведения защитных мероприятий является фаза 2–3 пар настоящих листьев в случае достижения ЭПВ – 2 имаго/ метр погонный. Однако в годы вспышек численности вредителя проведение одной обработки инсектицидами является недостаточным для снижения его вредоносности, поэтому целесообразно проведение второй обработки через 10–14 дней, если численность свекловичного долгоносика-стебледа превышает ЭПВ [Васильева Т.И. и др., 2015].

Современный ассортимент химических средств разработан в соответствии с требованиями экологической безопасности применения препаратов и достижениями в обла-

сти их создания [Долженко В.И., 2001, 2005] и позволяет успешно бороться с экономически значимыми вредителями: проволочниками, свекловичными долгоносиками и блошками, свекловичной минирующей мухой и молью, свекловичной щитаноской, мертвоедами, клопами, совками, тлями и другими вредными видами. Современные технологии возделывания сахарной свеклы предусматривают

многократное использование химических средств защиты растений от вредителей, сорной растительности и болезней, поэтому в настоящее время исследования в области защиты посевов культуры от различных вредителей сосредоточены на поиске новых экологически малоопасных препаратов и разработке технологий их применения.

Библиографический список (References)

Васильева Т.И. Буркова Л.А. Перспективная технология применения неоникотиноидов на сахарной свекле. // Сб. «Прогрессивные технологии применения химических средств защиты растений с целью предупреждения и ликвидации вредных организмов». СПб.: 2008. С. 19–25.
Васильева Т.И., Буркова Л.А. Децис Профи – эффективное средство в борьбе с вредителями всходов // Сахарная свекла. 2011. N 3. С. 36–38.
Васильева Т.И., Буркова Л.А., Чурикова В.Г., Анучин В.А. Эффективные инсектициды для защиты посевов сахарной свеклы от свекловичного долгоносика-стеблееда *Lixus subtilis* Sturm. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) // Сахарная свекла. 2015. N 6. С. 24–28.

Долженко В.И., Буркова Л.А. Экологические основы формирования современного ассортимента средств защиты растений // Агрохимический вестник. 2001. N 5. С. 5–6.
Долженко В.И. Биологическое обоснование формирования современного ассортимента средств защиты растений // Материалы II Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарное оздоровление экосистем». СПб.: 2005. Т. 2. С. 225.
Рябчинский А.В. Вредители сахарной свеклы // Защ. и карантин. растений, 2004. N 2. С. 31–32.

Translation of Russian References

Dolzenko V.I. Biological substantiation of formation of modern range of plant protection products // In: Materialy II Vserossijskogo s'ezda po zashchite rastenij "Fitosanitarное оздоровление экосистем". St. Petersburg. 2005. V. 2. P. 225. (In Russian).
Dolzenko V.I., Burkova L.A. Ecological bases of formation of modern range of plant protection products // Agrokhimicheskij vestnik. 2001. N 5. P. 5–6. (In Russian).
Ryabchinskii A.V. Pests of sugar beet // Zashchita i karantin rastenij. 2004. N 2. P. 31–32. (In Russian).

Vasilieva T.I., Burkova L.A. Decis Profi – an effective tool in shoots pest control // Sakharnaya svekla. 2011. N 3. P. 36–38. (In Russian).
Vasilieva T.I., Burkova L.A. Promising technology of application of neonicotinoids on sugar beet. // In: Progressivnye tekhnologii primeneniya khimicheskikh sredstv zashchity rastenij s tsel'yu uprezhdeniya i likvidatsii vrednykh organizmov. St. Petersburg. 2008. P. 19–25. (In Russian).
Vasilieva T.I., Burkova L.A., Churikova V.G., Anuchin V.A. Effective insecticides for protection of crops of sugar beet from *Lixus subtilis* Sturm. (Coleoptera: Curculionidae) // Sakharnaya svekla. 2015. N 6. P. 24–28. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 73–75

IMPROVEMENT OF INSECTICIDE RANGE FOR SUGAR BEET PEST CONTROL

L.A. Burkova, T.I. Vasilieva

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

Stages of formation and improvement of insecticide range against a complex of sugar beet pests are discussed, beginning from the first highly toxic inorganic preparations against Curculionidae to energy-efficient and ecologically safe insecticides of 3rd-4th classes of danger to mammals. It is shown that the basic ways of optimisation of insecticide range are working out new preparative forms, such as water-dispersible granules, water-soluble and suspension concentrates, and also insecticides from new chemical classes with small norms of application and with preservation of high biological efficiency against main sugar beet pests.

Keywords: sugar beet, insecticide, biological efficiency, assortment.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
*Буркова Людмила Алексеевна. Зав. сектором инсектицидов, кандидат биологических наук, e-mail: lab@iczr.ru
Васильева Тамара Ильинична. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoc2016@mail.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
*Burkova Ludmila Alekseevna. Head of Sector insecticides, PhD in Biology, e-mail: lab@iczr.ru
Vasilieva Tamara Ilinichna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: ecotoc2016@mail.ru

* Ответственный за переписку

* Corresponding author

УДК: 543.544.5.068.7: 632.954

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФЛОРАСУЛАМА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ

Е.Ю. Алексеев¹, Т.Д. Черменская²

¹ООО «Инновационный центр защиты растений», Санкт-Петербург

²Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Предлагается усовершенствованный метод определения флорасулама в зеленой массе, зерне и соломе зерновых культур. Были подобраны оптимальные условия для экстракции вещества и очистки полученных экстрактов от коэкстрактивных веществ с помощью патронов для твердофазной экстракции Диапак С. Для анализа флорасулама использовали изократическую обращенно-фазовую высокоэффективную жидкостную хроматографию с УФ-детектором. Достаточная чувствительность детектора и оптимальные хроматографические условия позволили определить флорасулам в концентрации 0.125 мкг/мл. Предел чувствительности определения в зерне составил 0.025 мг/кг, соломе и зеленой массе – 0.05 мг/кг. Степень извлечения флорасулама при использовании оптимизированного метода превышала 80%.

Ключевые слова: флорасулам, гербицид, ВЭЖХ, УФ-детектор, зерновые.

В современных условиях, когда в сфере обитания человека постоянно находится множество химических веществ антропогенного характера, потенциально опасных для жизни и здоровья, производство экологически безопасной продукции является важной задачей. Трудности в быстром решении этой задачи связаны с использованием пестицидов, так как вредители, болезни и сорные растения уничтожают около 30% урожая сельскохозяйственных культур [Защита растений..., 2003; Долженко, 2005; Долженко, Силаев, 2010], что вызывает необходимость разрабатывать более безопасные технологии их применения и методы контроля в защищаемых растениях, продуктах питания и окружающей среде. Методы определения действующих веществ пестицидов должны быть высокоточными, доступными, оперативными и постоянно совершенствоваться в связи с развитием технологий и инструментария [Зенкевич и др., 2002].

Для мониторинга остаточных количеств необходимы высокочувствительные методы анализа действующих веществ пестицидов, одним из которых является высокоэффективная жидкостная хроматография с ультрафиолетовым детектором (ВЭЖХ-УФ). Уже существующие методики анализа часто оптимизируют в связи с возможностью упрощения процедуры пробоподготовки, а также с усовершенствованием технической части лабораторий.

Флорасулам (2',6',8-трифтор-5-метокси[1,2,4]триазоло[1,5-с]-пиримидин-2-сульфонанилид) (рис. 1) – высокоактивный гербицид, только небольшое количество активного ингредиента необходимо по сравнению с тради-

ционными продуктами. Флорасулам поглощается листвой или корнями растений. Это системный гербицид, который нарушает процессы роста сорных растений, приводя их к гибели в течение 2–8 недель после применения [Чернуха, Свирина, 2017].

Флорасулам является действующим веществом многих гербицидов, используемых для защиты посевов зерновых культур – астэрикс, СЭ (300 г/л 2,4 Д + 6.25 г/л флорасулама); бомба, СЭ (563 г/л флорасулама + 173 г/л трибенурон-метила); дерби, СК (100 г/л флорасулама + 75 г/л флуметсулама) [Лаптев, Медведева, 2013; Маханькова, Долженко, 2013]. Ежегодно регистрируются и разрабатываются новые комплексные препараты с флорасуламом, предназначенные для борьбы с однолетними и многолетними двудольными сорняками, например, Примадонна, СЭ (3.77 г/л флорасулама + 200 г/л 2,4-Д), УНИКО, ККР (2.5 г/л флорасулама + 100 г/л флуороксипира) (АО «Щелково Агрохим») и др.

Официальные методики определения флорасулама в растительных образцах включают стадии экстракции органическими растворителями, очистки экстрактов в системе несмешивающихся растворителей и на патронах для твердофазной экстракции, а также стадию метилирования, с последующим определением методом ВЭЖХ-УФ [МУК 4.1.1442-03, 2009; МУК 4.1.2453-09, 2009]. Более простым в пробоподготовке и точным является метод, использующий ВЭЖХ с масс-спектрометрическим детектированием [Li et al., 2013]. Однако его применение требует наличие высокотехнологичного оборудования и дорогих расходных материалов. Максимально допустимый уровень (МДУ) содержания флорасулама в зерне хлебных злаков, просе, сорго составляет 0.05 мг/кг, что вполне достижимо и при использовании ВЭЖХ-УФ. Поиск новых подходов и валидация существующих методов определения остаточных количеств гербицида необходимы для изучения его поведения в объектах окружающей среды и растительном сырье [Mukherjee et al., 2014; Dong et al., 2015].

Цель данной работы – оптимизация метода определения остаточных количеств флорасулама в зеленой массе, зерне и соломе зерновых культур для сокращения потерь в процессе извлечения вещества и времени исследования.

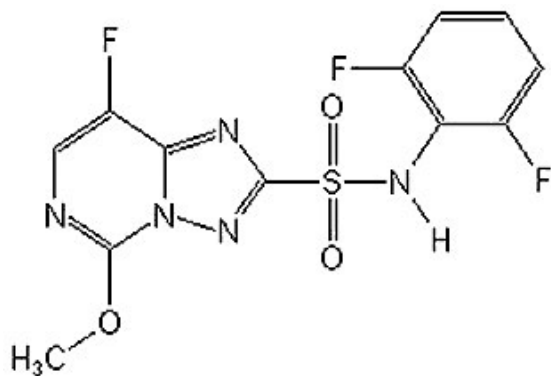


Рисунок. 1. Структурная формула флорасулама.

Методы исследований

Стандартные растворы флорасулама готовили из аналитического стандарта, содержащего 95.8% основного вещества (НПК «Блок-1»).

Аппаратура

Для анализа использовали высокоэффективный жидкостный хроматограф “Alliance” фирмы “Waters” с УФ-детектором, дегазатором, автоматическим пробоотборником и термостатом колонки. Хроматографическая колонка Sun Fire C-18, длиной 250 мм с внутренним диаметром 4.6 мм и зернением фазы 5 мкм (Waters).

При проведении работы использовали: мельницу зерновую A11B (Германия), ультразвуковую ванну Elmasonic S 30H (Elma-Hans), ротационный вакуумный испаритель R-205 (Buchi), воздушный испаритель “VLM” (Германия), систему для пробоподготовки (Waters) с мембранным насосом V-850 (Buchi).

Методика работы

Основной стандартный раствор флорасулама с концентрацией 0.5 мг/мл готовили растворением 0.05 г аналитического образца в ацетонитриле в мерной колбе вместимостью 100 мл. Градуировочные растворы с концентрациями флорасулама 0.125, 0.25, 0.5 и 1.0 мкг/мл готовили методом последовательного разбавления по объему, используя подвижную фазу. Градуировочную кривую строили по серии стандартных растворов, содержащих от 0.125 до 1.0 мкг/мл флорасулама в подвижной фазе.

При изучении полноты извлечения флорасулама использовали ацетонитрильные растворы вещества, приготовленные из основного раствора методом последовательного разбавления по объему ацетонитрилом.

Измельченные образцы зеленой массы (10 г), зерна (20 г) или соломы (5 г) экстрагировали дважды смесью ацетон-вода в соотношении 1:1 по объему в ультразвуковой ванне в течение 10 минут (70+50 мл). Полученные экстракты фильтровали через широкопористый бумажный фильтр. Фильтр промывали 20 мл ацетона. Ацетон из объединенных экстрактов упаривали в токе воздуха. К водному остатку добавляли 2М H_3PO_4 до pH 3 и экстрагировали флорасулам хлористым метиленом 2 раза по 35 мл (в делительной воронке). Органический слой отделяли от водной фазы и пропускали через слой безводного Na_2SO_4 . Слой осушителя промывали 20 мл ацетона. Объединенный органический экстракт упаривали в токе воздуха. Сухой остаток растворяли в

1 мл ацетона, добавляли 5 мл гексана и наносили на патрон Дипак С (заполнен слабокислым сорбентом на основе силикагеля с постоянной активностью), предварительно промытый 2.5 мл смеси гексан–ацетон (1:1), затем 3 мл смеси гексан–ацетон (9:1). Патрон с нанесенным образцом промывали 5 мл смеси гексан–ацетон (9:1) и 5 мл смеси гексан–ацетон (5:1). Флорасулам элюировали 6 мл смеси гексан–ацетон (1:1), элюат упаривали досуха.

Условия определения флорасулама методом ВЭЖХ-УФ

Подвижная фаза — смесь ацетонитрила и 0.005 М H_3PO_4 в соотношении 40:60.

Скорость потока элюента составляла 1 мл/мин, температура колонки — 30 °С, длина волны 260 нм. Объем вводимой пробы 20 мкл.

Линейный диапазон. В методе ВЭЖХ-УФ использовали метод абсолютной градуировки. На каждом из 4 уровней концентраций флорасулама в диапазоне 125–1000 нг/мл проводили по 3 измерения. Градуировочный график линейен с коэффициентом корреляции 0.999875.

Полноту извлечения флорасулама определяли на двух уровнях концентраций, в пяти повторностях. После этого вычисляли среднее значение полноты извлечения и среднее квадратичное (стандартное) отклонение.

Изучение динамики разложения флорасулама и определение его остаточных количеств в урожае (зерно и солома) при однократной обработке гербицидом УНИКО, ККР с рекомендуемой нормой расхода 1.75 л/га. Опыт проводили на делянках, площадью 25 м², расположение рендомизированное. Повторность четырехкратная. Обработку вегетирующих растений проводили с помощью опрыскивателя, расход рабочей жидкости 200 л/га. Отбор проб проводили в соответствии с “Унифицированными правилами отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания, объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов”, утвержденными 21.08.1979 г. № 2051-79. Пробы отбирали отдельно с каждой повторности опыта, а также с контрольных вариантов, необработанных пестицидом. Пробы зеленой массы замораживали при температуре –18 °С и хранили при этой же температуре до дня анализа. Отобранные пробы зерна и соломы хранились в хлопчатобумажных пакетах при комнатной температуре.

Результаты и обсуждение

Процедуру определения остаточных количеств флорасулама можно разделить на две стадии. Первая – пробоподготовка, включающая экстракцию аналита и очистку полученных экстрактов. Вторая – качественное и количественное определение вещества с использованием ВЭЖХ с УФ детектором. При анализе флорасулама по известным методам [МУК 4.1.1442-03, 2009; МУК 4.1.2453-09, 2009], было выявлено, что большая часть вещества теряется в ходе подготовки. В связи с этим была произведена проверка всех этапов пробоподготовки.

В ходе проверки поведения флорасулама при удалении растворителя из экстрактов, результаты которой представлены в табл. 1, было выявлено, что при быстром упаривании часть флорасулама отгоняется вместе с растворителем. Наименьшие потери при разных вариантах отгонки наблюдались при использовании хлористого метилена. Чтобы максимально минимизировать потери, упаривание лучше производить в токе воздуха без нагрева.

Таблица 1. Поведение флорасулама при упаривании из растворов*

Варианты удаления растворителя	Количество флорасулама после упаривания растворителя, %		
	Хлористый метилен	Этилацетат	Диэтиловый эфир
Роторный испаритель при $t = 40\text{ }^\circ\text{C}$	98	50	20
Ток воздуха при $t = 40\text{ }^\circ\text{C}$	91	95	50
Ток воздуха при комнатной температуре	99	100	100

*– 50 мл растворителя + 1 мкг флорасулама

Было установлено, что флорасулам частично адсорбируется на осушителе при удалении остатков влаги из хлористометиленовых экстрактов путем пропускания их

через безводный сульфат натрия. Поэтому рекомендуется использовать широкопористый фильтр вместо ваты, а безводный сульфат натрия после фильтрации промывать

ацетоном. Можно также минимизировать потери, если заменить безводный сульфат натрия на хлористый кальций, однако промывка осушителя всё равно необходима.

При очистке первичного экстракта после удаления ацетона в системе несмешивающихся растворителей некоторое количество анализа переходило в хлористый метилен, вследствие чего нам пришлось отказаться от этого этапа.

Для экстракции флорасулама опробовали растворители различного типа. Вещество хорошо растворяется в ацетоне, ацетонитриле, этилацетате, метаноле, хлористом метиле – 123, 72.1, 15.9, 9.8, 3.75 г/л соответственно. Растворимость флорасулама в воде: 84 мг/л при рН 5; 6.36 и 94.2 г/л при рН 7 и 9, соответственно [The pesticide manual, 2003]. Степень извлечения флорасулама из 100 мл подкисленной воды (рН 3) достигала 57, 83 и 94% при однократной экстракции диэтиловым эфиром, хлористым метиленом и этилацетатом соответственно. Принимая во внимание вышеупомянутые исследования и то, что при достаточно высокой степени извлечения, в него переходит меньше коэкстрактивных веществ, чем в этилацетат, мы остановили свои предпочтения на хлористом метиле.

До хроматографирования необходима очистка экстрактов от нежелательных примесей. Для этого использовали патрон для твёрдофазной экстракции (ТФЭ) Диапак С. Были проверены две схемы: 1) Сухой остаток в колбе, полученный при упаривании экстракта, количественно переносили двумя 1 мл порциями смеси гексан - этилацетат 1:1 на кондиционированный патрон Диапак С. Патрон промывали 10 мл смеси гексан-этилацетат 1:1. Элюировали флорасулам сначала 6 мл смеси гексан-этилацетат 1:9, затем 6 мл этилацетата. Суммарный выход флорасулама составил 62.0%.

2) Сухой остаток в колбе, полученный при упаривании экстракта, растворяли в 1 мл ацетона, затем добавляли 5 мл гексана. Далее элюировали флорасулам фракциями по 5 мл смеси гексан-ацетон с увеличивающимся содержанием ацетона. Максимальный выход флорасулама был достигнут во фракции гексан-ацетон 1:1. Суммарный выход составил 96.5%. Для повышения эффективности очистки, рекомендуется использовать систему из двух патронов.

Таким образом, для извлечения флорасулама из растительных проб нами была подобрана схема, приведенная в разделе Материалы и методы.

Нам удалось значительно сократить время подготовки проб к анализу за счет уменьшения количества стадий переконденсации, исключения стадии метилирования и хорошо подобранной схемы очистки только на одном типе патрона для ТФЭ. Достаточная чувствительность детектора и оптимальные условия хроматографирования позволяют

определять флорасулам в концентрации 0.25 мкг/мл, что соответствует содержанию в зерне 0.025 мг/кг, в соломе и зеленой массе – 0.05 мг/кг (рис. 2). Степень извлечения флорасулама при использовании оптимизированной методики превышала 80% (табл. 2).

Таблица 2. Полнота извлечения флорасулама из растительных матриц ($n = 10$, $P = 0.95$)

Объект анализа	Диапазон определяемых концентраций, мг/кг	Степень извлечения, $X_{\text{ср}} \pm SD$, %
Зеленая масса	0.05–0.5	83.2 ± 5.50
Зерно	0.025–0.25	80.3 ± 3.85
Солома	0.05–0.5	85.2 ± 3.29

При использовании ВЭЖХ-МС и пробоподготовки по QuEChERS [Li et al., 2013] степень извлечения флорасулама находилась в пределах от 75.3 до 99.2% в зависимости от величины внесения в диапазоне 0.01–0.1 мг/кг для зерна и зеленой массы и 0.05–0.5 мг/кг для соломы, что практически не отличается от полученных нами результатов.

Предложенный метод был апробирован при изучении динамики разложения флорасулама, входящего в состав нового гербицида фирмы АО «Щелково Агрохим» УНИКО, ККР (2.5 г/л флорасулама + 100 г/л флуороксира) при обработке зерновых культур в трех климатических зонах. Флорасулам был обнаружен в день обработки в зеленой массе пшеницы и ячменя (табл. 3). В последующих точках отбора проб на 10, 20, 30 сутки после обработки и в день сбора урожая анализ зафиксирован не был. Ранее исследователями был установлен период полураспада флорасулама в растениях пшеницы 1.1–1.4 дня [Mukherjee et al., 2014] и 2.76–10.83 дня [Dong et al., 2015] в зависимости от климатических условий и зон.

Таблица 3. Содержание флорасулама в пробах зеленой массы зерновых колосовых культур в день обработки при применении препарата УНИКО, ККР в условиях трех климатических зон

Вариант	Количество	
	мкг/мл	мг/кг
Ленинградская область Яровая пшеница	0.489	0.049
Ростовская область Яровой ячмень	0.649	0.065
Краснодарский край Озимая пшеница	0.499	0.050

Таким образом, оптимизированная методика определения флорасулама в зерновых культурах позволяет точно производить качественный и количественный анализ пестицида за счёт минимизации потерь на стадии пробоподготовки.

Библиографический список (References)

- Долженко В.И. Биологическое обоснование формирования современного ассортимента средств защиты растений / В.И. Долженко // Фитосанитарное оздоровление экосистем. Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений. Т. 2. СПб.: 2005. С. 225.
- Долженко В.И. Защита растений: состояние, проблемы и перспективы их решения в зерновом производстве / В.И. Долженко, А.И. Силаев // Агро XXI. 2010. N 7–9. С. 3–5.
- Защита растений в устойчивых системах земледелия. Книга 2 / Д. Шпаар [и др.]. Торжок: ООО «Вариант», 2003. 374 с.
- Зенкевич И.Г. Выбор оптимальных аналитических параметров для хроматографической идентификации пестицидов / И.Г. Зенкевич, О.К. Остроухова, В.И. Долженко // Журнал аналит. химии. 2002. Т. 57. N 1. С. 43–48.
- Лаптев А.Б. Современные гербициды в защите посевов ячменя ярового / А.Б. Лаптев, О.В. Медведева // Зерновое хозяйство России. 2013. N 3. С. 61–67.
- Маханькова Т.А. Современный ассортимент гербицидов для защиты зерновых культур / Т.А. Маханькова, В.И. Долженко // Защита и карантин растений. 2013. N 10. С. 46–50.
- МУК 4.1.1442–03. Методические указания по определению остаточных количеств Флуметсулама и Флорасулама в воде, почве, зерне и соломе зерновых колосовых культур методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды. Сб. метод. указ. Вып. 4. М., 2009. С. 59–76.

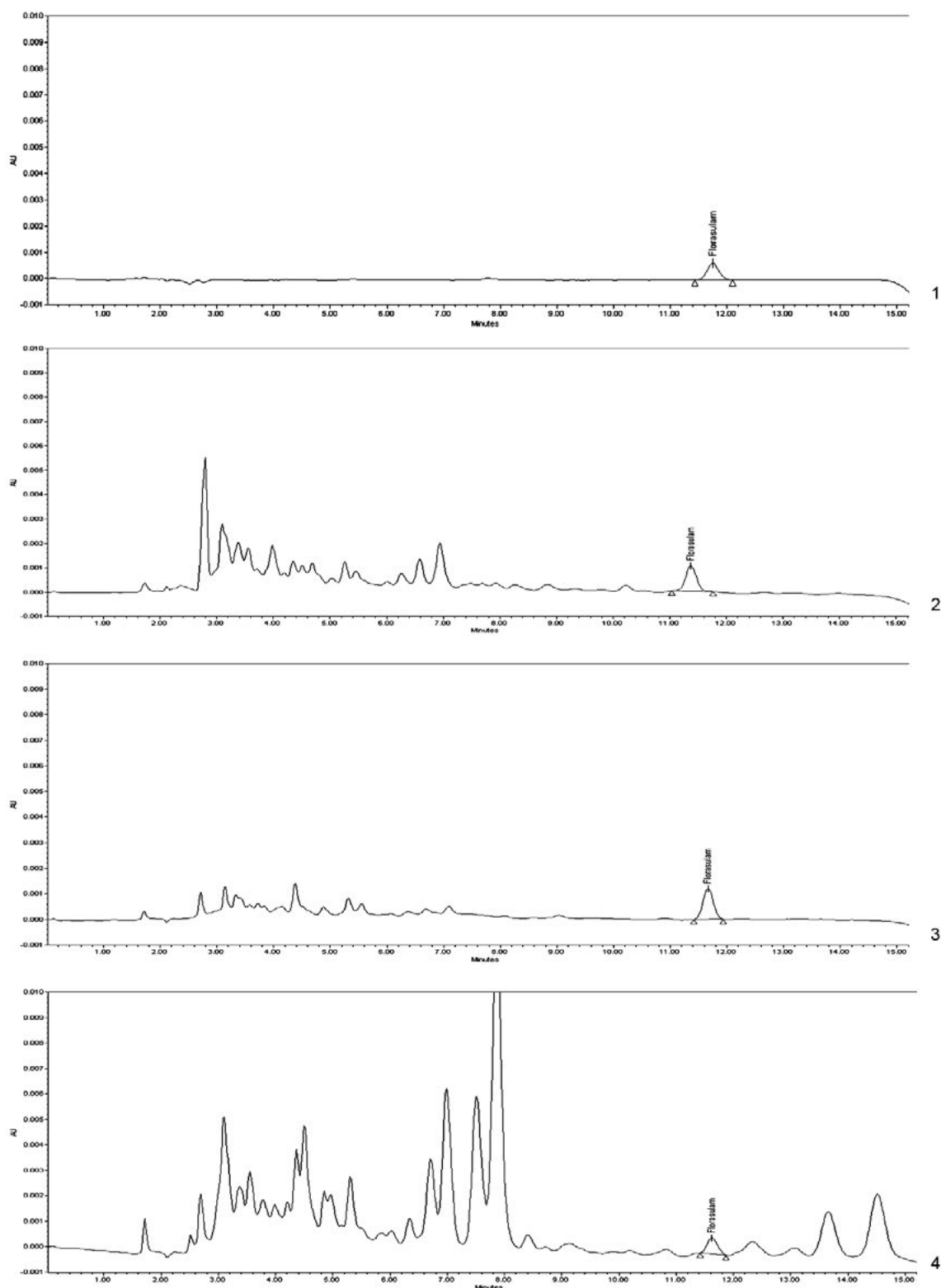


Рисунок 2. Хроматограммы стандартного раствора флорасулама 0.25 мкг/мл (1), экстракта зеленой массы с внесением флорасулама на уровне 0.05 мг/кг (2), экстракта зерна с внесением флорасулама на уровне 0.025 мг/кг (3) и экстракта соломы с внесением флорасулама на уровне 0.05 мг/кг (4) (ось абсцисс – время, мин; ось ординат – интенсивность, AU).

МУК 4.1.2453-09. Определение остаточных количеств флорасулама в кукурузном масле методом высокоэффективной хроматографии. Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 16 с.

Чернуха В.Г. Применение гербицида Статус Макс, ВДГ в посевах пшеницы яровой в Ленинградской области / В.Г. Чернуха, Н.В. Свирина // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Научное обеспе-

чение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. СПб., 2017. С. 177–179.

Dong B. Dissipation kinetics and residues of florasulam and tribenuron-methyl in wheat ecosystem / B. Dong, W. Qian, J. Hu // *Chemosphere*, 2015. V. 120. P. 486–491.

Li Z. Determination and study on residue and dissipation of florasulam in wheat and soil under field conditions / Z. Li, W. Guan, H. Hong, Y. Ye, Y. Ma // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2013. V. 90. P. 280–284.

Mukherjee S. Persistence behaviour of a mixed formulation (florasulam 10% + halauxifen methyl 10.4% WG) in wheat / S. Mukherjee, A. Goon,

B. Ghosh, A. Kundu, K. Chakrabarti, S. Roy, A. Bhattacharyya // J. Crop and Weed., 2014. V. 10, N 2. P. 414–418.

The pesticide manual /Ed. C. Tomlin. Surrey: Brit. Crop. Prot / Council, 2003. 1344 p.

Translation of Russian References

- Chernuha V.G., Svirina N.V. Application of the herbicide Status Max, WDG in wheat spring in the Leningrad Region. In: Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the conditions of import substitution: sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava «Nauchnoe obespechenie razvitiya sel'skogo hozjajstva i snizhenie tehnologicheskikh riskov v prodovol'stvennoj sfere»: v 2-ch. St.-Petersburg, 2017, P. 177–179 (In Russian).
- Dolzhenko V.I. Biological basis for the formation of a modern range of plant protection products. In: Phytosanitary rehabilitation of ecosystems. Proc. Second All-Russian Congress on Plant Protection. V. 2. St.-Petersburg, 2005, P. 225 (In Russian).
- Dolzhenko V.I., Silaev A.I. Plant protection: condition, problems and prospects for their solution in grain production. Agro XXI, 2010. N 7–9. P. 3–5 (In Russian).
- Laptiev A.B., Medvedeva O.V. Modern herbicides in the protection of spring barley crops. Zernovoe hozjajstvo Rossii, 2013. N 3. pp. 61–67 (In Russian).
- Makhan'kova T.A., Dolzhenko V.I. A modern range of herbicides for the protection of cereals. Zashhita i karantin rastenij, 2013. N 10. P. 46–50 (In Russian).
- MUK 4.1.1442-03. Methodical instructions for determination of residual amounts of Flumetsulam and Florasulam in water, soil, grain and straw of cereal crops using high-performance liquid chromatography. In: Opredelenie ostatocnykh kolichestv pesticidov v pishhevyykh produktah, sel'skohozijskijstvennom syr'e i ob'ektah okruzhajushhej sredy. Iss. 4, Moscow, 2009. P. 59–76 (In Russian).
- MUK 4.1.2453-09. Determination of residual amounts of florasulam in corn oil by high-performance chromatography. Methodical instructions. Moscow: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2009. 16 p. (In Russian).
- Plant protection in sustainable land use systems. Book 2 / D. Shpaar [etc]. Torzhok: OOO «Variant», 2003. 374 p. (In Russian).
- Zenkevich I.G., Ostroukhova O.K., Dolzhenko V.I. Selection of optimal analytical parameters for chromatographic identification of pesticides. Zhurnal analiticheskoy himii. 2002, V. 57. N 1. P. 43–48 (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 76–80

OPTIMIZATION OF THE METHOD OF DETERMINATION OF THE RESIDUAL AMOUNTS OF FLORASULAM IN AGRICULTURAL CROPS

E. Yu. Alekseev¹, T.D. Chermenskaya²

¹Ltd. «Innovation Center of Plant Protection», St. Petersburg, Russia

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

The improved method for determination of florasulam in green mass, grain and straw of cereal crops was presented in this paper. Optimal conditions were chosen for extraction of the substance and purification of the obtained extracts from co-extractive substances by cartridges for solid-phase extraction of Diapak C. For the analysis of florasulam, isocratic reversed-phase high-performance liquid chromatography with a UV detector was used. Sufficient sensitivity of the detector and optimal chromatographic conditions allowed us to determine florasulam at a concentration of 0.125 µg/ml. The detection limit in the grain was 0.025 mg/kg, in straw and green mass – 0.05 mg/kg. The percentage of florasulam using the optimized method exceeded 80%.

Keywords: florasulam, herbicide, HPLC, UV detector, cereal.

Сведения об авторах

ООО «Инновационный центр защиты растений», 196607, Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Пушкинская, д. 20, лит. А, пом. 7-Н
Алексеев Елисей Юрьевич. Младший научный сотрудник,
e-mail: ya.lis2013@yandex.ru
Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608
Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
*Черменская Таисия Дмитриевна. Ведущий научный сотрудник,
кандидат биологических наук, e-mail: tchermenskaya@yandex.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

Ltd. «Innovation Center of Plant Protection», Pushkinskaya str., 20-A, 7-H,
St. Petersburg, Pushkin, 196607, Russia
Alekseev Elisey Yur'evich. Researcher,
e-mail: ya.lis2013@yandex.ru
All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608,
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
*Chermenskaya Taisiya Dmitrievna. Leading Researcher, PhD in Biology,
e-mail: tchermenskaya@yandex.ru

* Corresponding author

УДК: 632.951:632.952:632.95.026.4

ЭФФЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА ВСХОДОВ СОИ ОТ ПРОВОЛОЧНИКОВ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

С.А. Семеренко, Н.А. Бушнева

Всероссийский НИИ масличных культур имени В. С. Пустовойта, Краснодар

Рассмотрены результаты исследований по эффективности инсектицидных протравителей: Табу Нео, СК (400 + 100 г/л) – 1.2 л/т; Семафор, ТПС (200 г/л) – 2.0 л/т; Командор, ВРК (200 г/л) – 2.0 л/т и Акиба, ВСК (500 г/л) (эталон) – 1.0 л/т против одного из опасных вредителей всходов сои проволочников. Полевые испытания проводились в 2016 и 2017 годах в условиях Центральной зоны Краснодарского края на сорте сои Лира. Биологическая эффективность инсектицидного протравителя Табу Нео, СК (400+100 г/л) против проволочников была высокой 93.0–97.5% и превосходила эталон. Инкрустация семян сои препаратом Табу Нео, СК (400+100 г/л) – 1.2 л/т, позволила получить дополнительный урожай

0.13–0.16 т/га. Полученные результаты позволяют рекомендовать использовать препарат для защиты семян и всходов сои против проволочников.

Ключевые слова: соя, почвообитающие вредители, проволочники, полевая всхожесть, численность, биологическая эффективность, инсектициды.

Соя является одной из востребованных культур в сельском хозяйстве Краснодарского края, где почвенно-климатические условия благоприятствуют ее возделыванию. За последние 10 лет посевные площади под культурой увеличились в 2 раза, достигнув 166 тыс. га в 2015 г., а валовой сбор составил 254.6 тыс. т [Кривошлыков и др., 2016]. В связи с принятием поправок к закону № 725-КЗ «О сохранении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края» можно ожидать дальнейшего увеличения площадей под сою. Руководители многих хозяйств стали проявлять к культуре повышенный интерес и сейчас соя – одна из наиболее рентабельных культур. Уже созданы высокопродуктивные сорта, разработаны технологии их возделывания. На высоком агрофоне, при соблюдении технологии современные сорта сои имеют потенциальную урожайность семян до 3.5–4.5 т/га. К сожалению, потенциальная продуктивность современных сортов сои реализуется только на 45–50%. Одна из главных причин – снижение урожайности от вредных организмов (вредителей, болезней и сорных растений) [Пивень, 2017].

В соевом агроценозе формируется комплекс из более чем 50 насекомых-вредителей, который оказывает негативное влияние на рост и развитие культуры. Заселение посевов сои в течение вегетационного периода вредителями происходит в разное время и связано с фазами вегетации сои [Шабалта, Чат, 1995; Литвиненко, 2001; Пивень, Бушнева, 2009].

В начальный период роста и развития сои опасность представляют личинки жуков щелкунов (проволочники).

Материалы и методы

Материалом для написания статьи послужили результаты лабораторных и полевых испытаний инсектицидов против проволочников на сое, проведенных в 2016–2017 гг. в лаборатории защиты растений ФГБНУ ВНИИМК и на базе ФГУП «Березанское», Кореновского района Краснодарского края. Объектами исследований являлись инсектицидные протравители: Табу Нео, СК (400+100 г/л) – 1.2 л/т; Акиба, ВСК (500 г/л) (эталон) – 1.0 л/т; Семафор, ТПС (200 г/л) – 2.0 л/т и Командор, ВРК (200 г/л) – 2.0 л/т.

Инкрустацию семян сои указанными инсектицидными протравителями проводили на лабораторном инкрустаторе «Неге». Для определения влияния протравителей на посевные качества в лабораторных условиях определяли энергию прорастания и всхожесть семян сои согласно ГОСТ [ГОСТ -12038-84., 2011].

Мелкоделяночные полевые опыты по испытанию инсектицидных протравителей для защиты всходов сои против про-

Результаты исследований

В лабораторных исследованиях установлено, что испытываемые инсектицидные протравители не оказывали отрицательного влияния на посевные качества семян сои. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян в оба года были на уровне с контрольным вариантом.

Полевая всхожесть семян сои, инкрустированных инсектицидными протравителями, в 2016 году варьировала от 81.0 до 89.0%. В варианте с Табу Нео, СК (400 + 100 г/л) она была, в сравнении с другими вариантами опыта, наибольшей, а превышение относительно контроля

высокая численность проволочников вызывает выпадение всходов, что в дальнейшем приводит к пересеву культуры [Орлов, Зеленская, 2017]. На полях сои в Краснодарском крае встречаются 3 вида щелкунов: западный (*Agriotes ustulatus* Scchall.), черный (*A. thous niger* L.) и буроногий (*Melanotus brunnipes* Germ.) [Шабалта, 1989]. В связи с тем, что проволочники широко распространены и ведут достаточно скрытый образ жизни, меры борьбы с ними весьма затруднительны. На фоне достаточно успешного применения ряда агротехнических и биологических мер защиты всходов от повреждения проволочниками, наиболее эффективным остается химический способ, в частности инкрустация семян инсектицидными протравителями способна подавить вредителя еще до того, как он нанесет существенный вред растению.

В настоящее время для защиты растений от личинок жуков-щелкунов зарегистрировано не менее 5 действующих веществ инсектицидов. Так, пиретроиды представлены препаратами на основе бифентрина, тефлутрина. Неоникотиноиды – препаратами на основе имидаклорида, клотианидина и тиаметоксама. Рекомендован и комбинированный препарат на основе имидаклоприда и клотианидина [Илларионов, Королев, 2017].

Цель нашей работы – оценка биологической эффективности инсектицидных протравителей для защиты всходов сои от проволочников в производственных условиях Краснодарского края.

лочников заложены в соответствии с методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов [Методические указания..., 2009] на сорте Лира в 3-кратной повторности, размещение делянок – рендомизированное, площадь делянки 50 м². Посев проводили сеялкой СКС-6А, норма высева семян 450 тыс./га.

Учёты численности проволочников проводили методом почвенных раскопок до посева сои и после, в фазы всходов и ветвления (появление второго тройчатосложного листа). Биологическую эффективность препаратов определяли по величине снижения численности вредителя с поправкой на контроль по формуле Аббота [Abbott, 1925].

Уборку урожая семян сои проводили комбайном поделяночно. Семена с учётной площади каждой делянки взвешивали, определяли влажность. Урожай приводили к стандартной (14%) влажности чистых семян [Лукомец и др., 2010]. Статистическая обработка данных проводилась по Доспехову [Доспехов, 1985].

составляло 18%.

В 2017 году полевая всхожесть семян сои в опыте была на уровне 74.0–88.0%. У семян, проинкрустированных инсектицидами, она превышала контроль на 6.0–14.0%, а в варианте с Табу Нео, СК (400+100 г/л), как и в предыдущем году, была максимальной (табл.1).

В результате почвенных раскопок, проведенных в 2016 г. перед посевом семян сои, было установлено, что численность проволочников в среднем была существенно выше пороговых значений и находилась на уровне 8.0 экз./м² (табл. 2).

Таблица 1. Лабораторная и полевая всхожесть семян сои сорта Лири, инкрустированных инсектицидными протравителями ФГБНУ ВНИИМК, ФГПУ «Березанское», 2016–2017 гг.

Вариант опыта	Норма расхода препарата, л/га	Энергия прорастания, %		Лабораторная всхожесть, %		Полевая всхожесть, %	
		2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
Контроль	без обработки	83.0	84.0	90.0	92.0	71.0	74.0
Акиба, ВСК (500 г/л) (эталон)	1.0	82.0	82.0	89.0	90.0	84.0	82.0
Табу Нео, СК (400+100 г/л)	1.2	83.0	84.0	91.0	91.0	89.0	88.0
Семафор, ТПС (200 г/л)	2.0	81.0	82.0	90.0	91.0	77.0	80.0
Командор, ВРК (200 г/л)	2.0	81.0	82.0	89.0	90.0	81.0	81.0

Таблица 2. Биологическая эффективность инсектицидных протравителей для защиты всходов сои от проволочников Сорт Лири, ФГПУ «Березанское», Кореновский район, 2016–2017 гг.

Вариант опыта	Норма расхода препарата, л/га	Средняя численность вредителя, экз./м ²			Биологическая эффективность, %	
		перед посевом сои	в фазу всходов	в фазу ветвления (второй тройчато-сложный лист)	в фазу всходов	в фазу ветвления (второй тройчато-сложный лист)
2016 г.						
Контроль	без обработки	8.0	8.0	3.0	–	–
Акиба, ВСК (500 г/л) (эталон)	1.0	9.0	0.4	0.2	95.0	93.3
Табу Нео, СК (400+100 г/л)	1.2	9.0	0.2	0.0	97.5	100.0
Семафор, ТПС (200 г/л)	2.0	10.0	0.9	0.5	88.8	83.3
Командор, ВРК (200 г/л)	2.0	8.0	0.5	0.3	93.8	90.0
2017 г.						
Контроль	без обработки	11.0	10.0	3.5	–	–
Акиба, ВСК (500 г/л) (эталон)	1.0	10.5	1.5	0.4	85.0	88.6
Табу Нео, СК (400+100 г/л)	1.2	10.0	0.7	0.1	93.0	97.2
Семафор, ТПС (200 г/л)	2.0	11.0	2.0	0.6	80.0	82.9
Командор, ВРК (200 г/л)	2.0	10.3	1.8	0.5	82.0	85.7

После появления всходов сои проводился второй учёт численности проволочников по вариантам опыта. В контроле численность вредителя была на уровне предыдущего учёта и составила 8 экз./м², а в вариантах с инсектицидными протравителями она находилась на уровне 0.2–0.9 экз./м². Меньшее количество проволочников выявлено в варианте с Табу Нео, СК (400+100 г/л) – 0.2 экз./м². Биологическая эффективность препаратов в опыте варьировала от 88.8 до 97.5%, наибольшей она была у Табу Нео, СК (400+100 г/л) – 97.5%, в эталонном варианте Акиба, ВСК (500 г/л) гибель проволочников составила 95.0%.

Учёт, проведённый в фазу ветвления, показал, что численность проволочников в контроле снизилась и достигала в среднем 3.0 экз./м², а в вариантах с обработкой семян она находилась на уровне 0.1–0.6 экз./м². Биологическая эффективность препаратов Акиба, ВСК (200 г/л) и Табу Нео, СК (400+100 г/л) была наибольшей и составила 93.3 и 100%.

В ходе почвенных раскопок, проведённых в 2017 году, установлено, что средняя численность проволочников до посева сои была несколько выше, чем в предыдущем году – 10.0 экз./м². В фазу всходов в вариантах с обработкой

семян инсектицидами количество проволочников было 2.0–0.7 экз./м², что значительно ниже, чем в контроле. Полученные результаты подтвердили высокую эффективность испытываемых инсектицидов, биологическая эффективность препаратов Табу Нео, СК (400+100 г/л) и эталона Акиба, ВСК была наибольшей и составила 93.0 и 85.0% соответственно. В фазу ветвления сои гибель проволочников относительно контроля варьировала с 82.9 до 97.2%, в вариантах с Табу Нео, СК (400+100 г/л) и Акиба, ВСК (500 г/л) снижение численности вредителя было наибольшим – 97.2% и 88.6% соответственно.

Завершающим этапом исследований являлось установление хозяйственной эффективности испытываемых инсектицидных протравителей. Урожайность сои в контроле в годы исследований составила 1.15 и 1.23 т/га. Применение инсектицидов способствовало сохранению урожая сои в 2016 г. до 0.05–0.16 и в 2017 г. – до 0.05–0.13 т/га. Достоверно выше урожайность сои получена в оба года исследований в варианте с Табу Нео, СК (400+100 г/л) – 0.16 и 0.13 т/га по сравнению с контролем (табл. 3).

Таблица 3. Хозяйственная эффективность инсектицидных протравителей Сорт Лири, ФГПУ «Березанское», Кореновский район, 2016–2017 гг.

Варианты опыта	Норма расхода препарата, л/га	Урожайность, т/га		Сохранённый урожай, т/га ± к контролю	
		2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
Контроль	без обработки	1.15	1.23	–	–
Акиба, ВСК (500 г/л) (эталон)	1.0	1.26	1.31	+ 0.11	+ 0.08
Табу Нео, СК (400+100 г/л)	1.2	1.31	1.36	+ 0.16	+ 0.13
Семафор, ТПС (200 г/л)	2.0	1.20	1.28	+ 0.05	+ 0.05
Командор, ВРК (200 г/л)	2.0	1.28	1.30	+ 0.13	+ 0.07
HCP ₀₅		0.14	0.11		

Заключение

Полевыми испытаниями, проведенными в условиях Центральной почвенно-климатической зоны Краснодарского края РФ, было установлено, что биологическая эффективность инсектицида Табу Нео, СК (400 г/л имидаклоприда+100 г/л клопотианидина) для инкрустации семян сои с нормой расхода 1.2 л/т против проволочников составила

93.0–100% и была выше эталона. Обработка семян сои препаратом Табу Нео позволила снизить численность проволочников и получить сохраненный урожай 0.13–0.16 т/га. Полученные результаты позволяют рекомендовать использовать препарат для защиты семян и всходов сои против проволочников.

Библиографический список (References)

ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 1986-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2011. 30 с.
Доспехов Б.А. Методика полевого опыта, М.: Колос. 1985. 351 с.
Илларионов А.И., Королев М.Д. Биологическое обоснование выбора инсектицида для защиты подсолнечника от личинок жуков щелкунов и чернотелок. В сборнике: Агротехнологии XXI века Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию Воронежского государственного аграрного университета. 2017. С. 67–74.
Кривошлыков К.М., Рошина Е.Ю., Козлова С.А. Анализ состояния и развития производства сои в мире и России // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИ маслич. культур. 2016. N 3. С. 164.
Литвиненко Е.В. Видовой состав и методы мониторинга доминирующих вредителей сои // Биологизация защиты растений: состояние и перспективы: материалы докладов Междунар. науч.-практ. конф. (18–21 сентября 2000 г.). Краснодар. 2001. С. 53–54.
Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. В.М. Лукомца. Краснодар. 2010. 327 с.

Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и рентицидов в сельском хозяйстве / Под ред. В.И. Долженко. СПб.: 2009. 321 с.
Орлов В.Н., Зеленская О.М. Жуки-щелкуны в агроценозах Юга-Запада Европейской части России // Вестник защиты растений. 2017. N 3(93). С. 60–62.
Пивень В.Т. Вредные объекты в посевах сои и меры борьбы с ними. Краснодар. 2017 г. 128 с.
Пивень В.Т., Бушнева Н.А. Защита посевов сои от акациевой огневки и хлопковой совки // Защита и карантин растений. 2009. N 7. С. 22–24.
Шабалта О.М. Вредители всходов сои в Краснодарском крае // НТБ ВНИИМК. Краснодар. 1989. Вып. 2. С. 28–30.
Шабалта О.М., Чат Н.Т. Видовой состав насекомых соевых агробиоценозов. Краснодарский край // НТБ ВНИИМК. Краснодар. 1995. Вып. 116. С. 57–62.
Abbott W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide // J. Econ. Entomol. 1925, N 18. С. 265–267.

Translation of Russian References

Dolzhenko V.I. (Ed.). Methodical instructions on registration tests of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture / St. Petersburg, 2009. 321 p. (In Russian).
Dospikhov B.A. Methodology of field experience. Moscow: Kolos. 1985. 351 p. (In Russian).
GOST 12038-84. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination. 1986–07–01. Moscow: Izd-vo standartov, 2011. 30 p. (In Russian).
Illarionov A.I., Korolev M.D. Biological substantiation of choice of insecticides for protection of sunflower from larvae of click beetles and darkling beetles. In: Agrotekhnologii XXI veka: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvjashchennoj 105-letiju Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. P. 67–74. (In Russian).
Krivoshlykov K.M., Roshchina E.Yu., Kozlova S.A. Analysis of the state and development of soybean production in the world and Russia // In: Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIИ maslich. kul'tur. 2016. N 3. P. 164. (In Russian).

Litvinenko E.V. Species composition and monitoring methods for dominant soybean pests // In: Biologizatsija zashchity rastenij: sostojanie i perspektivy: materialy dokladov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (18–21 sentyabrja 2000 g.). Krasnodar. 2001. P. 53–54. (In Russian).
Lukomets V.M. (Ed.). Technique of conducting field agrotechnical experiments with oilseeds / Krasnodar. 2010. 327 p. (In Russian).
Orlov V.N., Zelenskaya O.M. Click-beetles in agroecosystems of the South-West of the European part of Russia // Vestnik zashchity rastenij. 2017. N 3 (93). P. 60–62. (In Russian).
Piven V.T. Harmful objects in soybean crops and measures to their control. Krasnodar. 2017. 128 p. (In Russian).
Piven V.T., Bushneva N.A. Protection of soybean crops from acacia pyralid and cotton worm // Zashchita i karantin rastenij. 2009. N 7. P. 22–24. (In Russian).
Shabalta O.M. Pests of soybean sprouts in the Krasnodar Territory // Krasnodar: NTB VNIИМК. 1989. Issue. 2. P. 28–30. (In Russian).
Shabalta O.M., Chat N.T. Species composition of insects of soybean agroecosystems in Krasnodar Territory // Krasnodar: NTB VNIИМК. 1995. Vyp. 116. P. 57–62. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 80–83

EFFECTIVENESS OF SOYBEAN SPROUT PROTECTION FROM WIREWORMS IN THE CENTRAL ZONE OF KRASNODAR TERRITORY

S.A. Semerenko, N.A. Bushneva

V.S. Pustovoit All-Russian Institute of Oilseeds, Krasnodar, Russia

The results of studying effectiveness against wireworms of insecticidal protectants Tabu Neo, SK (400+100 g/l), 1.2 l/t, Semaphore, TPS (200 g/l), 2.0 l/t, Commander, VRK (200 g/l), 2.0 l/t are provided; with the pests, which are among the most dangerous pests of crop sprouts. Field tests were conducted in 2016 and 2017 in conditions of the central zone of Krasnodar Territory, on the Lira variety. As a chemical standard, the preparation Akiba, VSC (500 g/l) (standard), 1.0 l/t, was used. The biological effectiveness of the insecticide disinfectant Tabu Neo, SK (400+100 g/l) against wireworms was quite high (93.0–97.5%) and even higher than the chemical standard. Incrustation of soybean seeds with Tabu Neo, SK (400+100 g/l), 1.2 l/t, yielded additionally 0.13–0.16 t/ha. The results obtained allow us to recommend the use of the drug to protect the seeds and seedlings of soybean against wireworms.

Keywords: soybean, soil pest, wireworm, field germination, number, biological efficiency, insecticide.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ масличных культур имени В. С. Пустовойта, Филатова 17, 350038, Краснодар, Российская Федерация
*Семеренко Сергей Анатольевич. Ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией защиты растений агротехнологического отдела, кандидат биологических наук, e-mail: alkonost_s@mail.ru
Бушнева Надежда Анатольевна. Старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: protection@vniimk.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds named after V. Pustovoit, Filatova 17, 350038, Krasnodar, Russian Federation
*Semerenko Sergey Anatolievich. Leading Researcher, Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: alkonost_s@mail.ru
Bushneva Nadezhda Anatolievna. Senior Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: protection@vniimk.ru

* Corresponding author

УДК 632.51:633.2 (470.23)

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ ОДНОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ ТРАВ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н. Мысник

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Однолетние кормовые травы являются важной составляющей рациона сельскохозяйственных животных. Цель исследования – выявить наиболее стабильные сорные компоненты в посевах однолетних трав на территории Ленинградской области. Проведены систематизация данных мониторинга посевов, ретроспективный и флористический анализы видового состава, оценка постоянства встречаемости видов. Выявлено 129 видов из 90 родов и 27 семейств. Выделены группы из 14 доминирующих и 14 сопутствующих видов. Проведено сравнение видовых составов сорных растений посевов трав II и V-1 агроклиматических районов. Показано их сходство и различие. Выделены группы доминирующих (14 и 18 видов соответственно) и сопутствующих (18 и 10 соответственно) видов. Дан прогноз сохранения выявленных тенденций в представленности видов сорных растений в посевах однолетних трав, стабильного присутствия 28 видов сорных растений, составляющих ядро засоренности, в агрофитоценозах кормовых трав.

Ключевые слова: сорные растения, однолетние травосмеси, видовой состав, доминирующие виды, сопутствующие виды, сходство, различия.

Ленинградская область является регионом с развитой животноводческой специализацией. Поэтому вопрос обеспечения сельскохозяйственных животных необходимым количеством кормов нужного качества всегда стоит на повестке дня.

Кормовые травы являются основой рациона сельскохозяйственных животных, возделывают как многолетние, так и однолетние травосмеси. В 2017 году площадь, занятая под посевы однолетних кормовых трав в Российской Федерации составила 4101.79 тыс. га (5.1% от общей посевной площади под все культуры) [Посевные площади..., 2018]. Из 225.1 тыс. га посевных площадей Ленинград-

ской области однолетние кормовые травы были высеяны на 18.3 тыс. га [Степанова, 2018].

Применение однолетних травосмесей в животноводстве разнообразно. Скошенная трава используется как зеленый корм, для получения сена и силосной массы, других видов кормов (брикеты, гранулы, травяная мука).

Так как качество получаемой продукции животноводства зависит от качества кормов, то вопрос о засоренности посевов однолетних травосмесей имеет большое практическое значение.

Соответственно, цель исследования – выявить наиболее стабильные сорные компоненты в посевах однолетних кормовых трав на территории Ленинградской области.

Материалы и методы

Для реализации поставленной цели применялся метод ретроспективного анализа: материалами для исследования послужили данные мониторинга посевов однолетних кормовых трав (преимущественно вико-овсяная смесь – примерно 40% овса и 60% вики) на территории Ленинградской области за период с 1999 по 2016 г., осуществленного сотрудниками сектора (ранее лаборатории) гербологии ВИЗР. Материалы получены методом маршрутного обследования [Лунева, 2009]. Систематизация данных в соответствии с поставленной задачей проведена при помощи

герботологической базы данных ВИЗР [Мысник, 2015] и программы «Герболог-Инфо» [Свидетельство..., 2016]. Структура видового состава сорных растений в агрофитоценозах однолетних травосмесей установлена методом флористического анализа [Толмачев, 1986], степень сходства видовых составов отдельных агроклиматических районов выявлена путем расчета коэффициента флористического сходства Жаккара [Марков, 1972]. Постоянство встречаемости видов сорных растений оценено по методике Казанцевой [Казанцева, 1971].

Результаты исследований и их обсуждение

В результате ретроспективного анализа многолетних данных мониторинга посевов однолетних травосмесей на территории Ленинградской области выявлено 129 видов сорных растений из 90 родов, входящих в 27 семейств.

Виды распределены по семействам неравномерно. В состав 10 ведущих по численности семейств входят 74.42% зарегистрированных видов. Первые три позиции по численности занимают семейства Астровые, Мятликовые и Капустные (рис. 1). Это соответствует выявленным закономерностям для флоры Европейской России [Шмидт, 1984] и подтверждает тот факт, что сорные растения подчиняются тем же природным закономерностям, что и дикорастущие. Доля мало видовых семейств (1–2 вида) довольно велика и составляет 40.74%.

В результате оценки встречаемости видов сорных растений по классам постоянства выделена группа из 14 доминирующих видов (III – V классы постоянства встречаемости). Все эти виды входят в семейства, составляющие

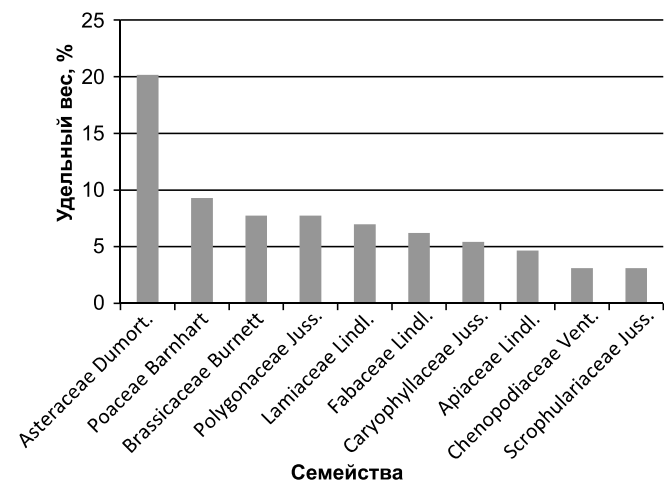


Рисунок 1. Группа ведущих семейств сорных растений в посевах однолетних травосмесей на территории Ленинградской области (1999–2016 гг.).

группу ведущих. Виды распределились по классам следующим образом:

V класс постоянства встречаемости (81–100%) – марь белая (*Chenopodium album* L.);

IV класс постоянства встречаемости (61–80%) – звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.), персикария щавелелистная (*Persicaria lapathifolia* (L.) S.F. Gray), ромашка непахучая (*Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.);

III класс постоянства встречаемости (41–60%) – фаллопия вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Loeve), лепидотека душистая (*Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt.), жерушник болотный (*Rorippa palustris* (L.) Bess.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), торица полевая (*Spergula arvensis* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), желтушник левкойный (*Erysimum cheiranthoides* L.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.).

Также была выделена группа из 14 сопутствующих видов сорных растений (2 класс постоянства встречаемости): одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), марь сизая (*Chenopodium glaucum* L.), пикульник двунадрезанный (*Galeopsis bifida* Voenn.), лютик ползучий (*Ranunculus repens* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), подорожник большой (*Plantago major* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), яснотка пурпурная (*Lamium purpureum* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), череда трехраздельная (*Bidens tripartita* L.), крестовник обыкновенный (*Senecio vulgaris* L.), незабудка полевая (*Myosotis arvensis* (L.) Hill.). Встречаемость видов данной группы на полях однолетних трав составила от 21.35% до 34.83%.

Около половины всех зарегистрированных видов сорных растений в посевах однолетних кормовых трав имеют встречаемость ниже 5%. Они выделены в группу редко встречающихся видов сорных растений. Из них 74.13% были отмечены всего 1–2 раза за изучаемый период; соответственно, такие виды не имеют потенциальной возмож-

Таблица 2. Состав групп ведущих семейств сорных растений в агрофитоценозах однолетних кормовых трав на территории Ленинградской области (1999–2016 гг.).

Агроклиматический район II		Агроклиматический район V-1	
Семейство	Удельный вес, %	Семейство	Удельный вес, %
Asteraceae Dumort.	19.05	Asteraceae Dumort.	23.17
Brassicaceae Burnett	9.52	Brassicaceae Burnett	9.76
Polygonaceae Juss.	9.52	Poaceae Barnhart	9.76
Caryophyllaceae Juss.	8.33	Lamiaceae Lindl.	7.32
Lamiaceae Lindl.	8.33	Polygonaceae Juss.	7.32
Poaceae Barnhart	5.95	Fabaceae (Bieb.) Fisch.	6.10
Chenopodiaceae Vent.	3.57	Chenopodiaceae Vent.	4.88
Equisetaceae Rich. ex DC	3.57	Caryophyllaceae Juss.	3.66
Fabaceae (Bieb.) Fisch.	3.57	Apiaceae Lindl.	2.44
Ranunculaceae Juss.	3.57	Ranunculaceae Juss.	2.44

Основу данных групп составляют те же 8 семейств, что присущи и агрофитоценозам однолетних травосмесей Ленинградской области в целом: Астровые, Капустные, Гречишные, Мятликовые, Гвоздичные, Яснотковые, Бобовые, Маревые. Семейство Бурачниковые в обоих агрорайонах вытеснено семейством Лютиковые; семейство Сельдерей-

ности оказать влияние на посеvy культуры. Данная группа включает в себя заносные виды, случайно попавшие на поля с семенным материалом (подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L.), ластовень острый (*Cynanchum acutum* L.); сорную примесь другой культуры (гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench.)); виды, характерные для местной флоры, но заходящие на окраины полей довольно редко (зубчатка обыкновенная (*Odontites vulgaris* Moench), дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris* L.)); виды, северная граница ареала которых проходит по территории Ленинградской области (паслен черный (*Solanum nigrum* L.), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.)).

Наибольшее количество обследованных полей однолетних кормовых трав сосредоточены в пригородном (V-1) и II агроклиматических районах Ленинградской области [Журина, 2004]. Поэтому данные агрорайоны были выбраны для сравнения.

Как показывают данные таблицы 1, сорный компонент агрофитоценозов однолетних кормосмесей сравниваемых районов имеет примерно одинаковые показатели по количеству таксономических единиц. Следовательно, отличия будут иметь качественный характер.

Таблица 1. Таксономические показатели видового состава сорных растений в агрофитоценозах однолетних кормовых трав на территории Ленинградской области (1999–2016 гг.).

Таксономические показатели	Агроклиматический район	
	II	V-1
Число семейств	24	25
Число родов	64	67
Число видов	84	82

Полученное значение коэффициента Жаккара (46.90%) показало довольно высокое флористическое сходство сорных компонентов посевов однолетних трав обоих агроклиматических районов.

Проведенное сравнение групп 10 ведущих семейств сорных растений обоих агрорайонов также продемонстрировало их большое сходство (табл. 2).

Таблица 2. Состав групп ведущих семейств сорных растений в агрофитоценозах однолетних кормовых трав на территории Ленинградской области (1999–2016 гг.).

Агроклиматический район II		Агроклиматический район V-1	
Семейство	Удельный вес, %	Семейство	Удельный вес, %
Asteraceae Dumort.	19.05	Asteraceae Dumort.	23.17
Brassicaceae Burnett	9.52	Brassicaceae Burnett	9.76
Polygonaceae Juss.	9.52	Poaceae Barnhart	9.76
Caryophyllaceae Juss.	8.33	Lamiaceae Lindl.	7.32
Lamiaceae Lindl.	8.33	Polygonaceae Juss.	7.32
Poaceae Barnhart	5.95	Fabaceae (Bieb.) Fisch.	6.10
Chenopodiaceae Vent.	3.57	Chenopodiaceae Vent.	4.88
Equisetaceae Rich. ex DC	3.57	Caryophyllaceae Juss.	3.66
Fabaceae (Bieb.) Fisch.	3.57	Apiaceae Lindl.	2.44
Ranunculaceae Juss.	3.57	Ranunculaceae Juss.	2.44

ные сохраняет свою ведущую роль в агрорайоне V-1, но вытесняется семейством Хвощевые в агрорайоне II.

Для обоих агрорайонов также были выделены группы доминирующих видов сорных растений. Основу этих групп составляют 9 видов сорных растений, выходящих в доминанты в обоих агроклиматических районах, а также

на уровне агроценозов данной культуры на уровне области в целом: пастушья сумка обыкновенная, марь белая, фаллопия вьюнковая, лепидотека душистая, персикария щавелелистная, горец птичий, жерушник болотный, звездчатка средняя, ромашка непахучая.

Очевидно, что, несмотря на выявленную общность состава, группы доминирующих видов сорных растений в обоих агроклиматических районах имеет свою специфику.

В посевах однолетних кормовых трав II агроклиматического района в доминанты выходят 14 видов сорных растений. Помимо 9 общих, данную группу составляют еще 5 видов. Из них 2 – редька дикая, торица полевая являются доминантами и на уровне области в целом, а пырей ползучий, одуванчик лекарственный, тысячелистник обыкновенный из группы сопутствующих на уровне области перешли в группу доминант на уровне агрорайона.

В посевах однолетних кормовых трав V-1 агроклиматического района в доминанты вошли также 14 видов сорных растений. Помимо 9 общих, представлено еще 5 видов. Из них бодяк щетинистый, желтушник левкойный, осот полевой являются доминантами на уровне области в целом; 2 вида (марь сизая, подорожник большой) из группы сопутствующих на уровне области перешли в группу доминант на уровне агрорайона.

Состав группы сопутствующих видов сорных растений в посевах однолетних кормовых трав обоих сравниваемых районов тоже имеет свою специфику.

Для II агроклиматического района группу сопутствующих составляют 18 видов сорных растений. Из них 7 видов являются таковыми и на уровне области в целом (лютик ползучий, пикульник двунадрезанный, ярутка полевая, фиалка полевая, марь сизая, яснотка пурпурная, подорожник большой); 3 вида на уровне области являются доминирующим (бодяк щетинистый, осот полевой, желтушник левкойный). Восемь видов сорных растений дополняют группу сопутствующих в данном агрорайоне: пикульник красивый (*Galeopsis speciosa* Mill.), мята полевая (*Mentha arvensis* L.), дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis* L.), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.), щавель длиннолистный (*Rumex longifolius* DC), звездчатка злаковая (*Stellaria graminea* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.).

Для пригородного агроклиматического района группу сопутствующих составляют 10 видов сорных растений. Из них 5 видов являются таковыми и на уровне области в целом (череда трехраздельная, лютик ползучий, крестовник обыкновенный, одуванчик лекарственный, пикульник двунадрезанный); 2 вида на уровне области являются доминирующими (редька дикая, торица полевая). Три вида сорных растений дополняют группу сопутствующих в данном агрорайоне: капуста полевая (*Brassica campestris* L.), мятлик однолетний, лебеда простертая (*Atriplex prostrata* Bouscher ex DC).

Также следует обратить внимание на виды, которые по своим показателям встречаемости находятся на границе вхождения в группу сопутствующих сорных растений на

уровне Ленинградской области в целом (капуста полевая, дымянка лекарственная, пикульник красивый – встречаемость 20.22%). К тому же эти виды уже вошли в группы сопутствующих на уровне сравниваемых агрорайонов.

Анализ видового состава доминирующих и сопутствующих видов сорных растений по продолжительности жизни показал, что в данных группах обоих агрорайонов преобладают малолетние виды (II агрорайон – 75.0%, V-1 агрорайон – 62.5%). Более высокая доля многолетних видов в посевах однолетних травосмесей может быть обусловлена более низким уровнем агротехники в хозяйствах данного района.

Некоторые виды из числа доминирующих и сопутствующих могут оказать вредное воздействие на состояние сельскохозяйственных животных при поедании их в больших количествах: виды мари и лебеды вызывают понос, желтушник левкойный влияет на дыхательную систему, виды пикульника – на нервную систему, звездчатка злаковая вызывает общую слабость и поражение двигательного аппарата. Крапива двудомная причиняет контактные повреждения. Поедаемые коровами полынь обыкновенная, тысячелистник обыкновенный придают молоку горечь, ярутка полевая и редька дикая – специфический привкус [Дударь, 1980; Вильнер, 1974]. Поэтому присутствие этих видов в посевах трав нежелательно.

Таким образом, видовой состав сорных растений в посевах однолетних кормовых травосмесей представлен 129 видами из 90 родов и 27 семейств. Около $\frac{3}{4}$ видов входят в ведущие по численности 10 семейств. Половина зарегистрированных видов имеют встречаемость ниже 5%, и следовательно, существенного влияния на состояние посевов оказать не могут.

Ядро засоренности образовано 28 видами сорных растений, составляющими группы доминирующих и сопутствующих на уровне области в целом; большинство из них сохраняют свой статус и на уровне сравниваемых агроклиматических районов. В то же время, некоторые из доминирующих на уровне области видов несколько теряют свои позиции и переходят в группу сопутствующих на уровне агрорайона и наоборот.

Видовые составы сорных растений посевов однолетних кормовых травосмесей II и V-1 агроклиматических районов имеют как выраженное сходство по количественным таксономическим показателям, составу групп ведущих семейств, доминирующих и сопутствующих видов, так и различия. Каждый из агрорайонов имеет свою специфику в составе групп доминирующих и сопутствующих видов, которые дополняются новыми видами.

При отсутствии кардинальных климатических изменений а также существенных изменений в технологии выращивания однолетних травосмесей можно прогнозировать сохранение выявленных тенденций представленности видов сорных растений в посевах данной культуры на территории Ленинградской области; стабильного присутствия 28 видов сорных растений, составляющих ядро засоренности, в агрофитоценозах данной культуры.

Исследование выполнено по Государственному заданию ФГБНУ ВИЗР (проект № 0665-2018-0001)

Библиографический список (References)

Вильнер А.М. Кормовые отравления. Л.: «Колос», 1974. 408 с.

Дударь А.К. Ядовитые растения лугов, сенокосов и пастбищ. М.: Россельхозиздат, 1980. 112 с.

Журина Л.Л. Методические указания по составлению агроклиматической характеристики хозяйства (района) для студентов агрономических специальностей (Ленинградская область). СПб, 2002. 20 с.

- Казанцева А.С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАССР // Вопросы агрофитоценологии. Казань, 1971. С. 10–74.
- Лунева Н.Н. Технологические методы учета и мониторинга сорных растений в агроэкосистемах // Высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы фитосанитарного мониторинга. СПб: ВИЗР, 2009. С. 39–56.
- Марков М.В. Агрофитоценология. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1972. 272 с.
- Мысник Е.Н. Гербологическая база данных – необходимый инструмент фитосанитарного мониторинга // Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений: Материалы Международной конференции с элементами научной школы для молодых ученых, аспирантов и студентов. 2015. С. 219–224.
- Посевные площади Российской Федерации в 2017 г. Федеральная служба государственной статистики. Главный межрегиональный центр. 2018. [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516 (дата обращения: 18.04.2018).
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2016610137. Рос. Федерация. Герболог-Инфо / Н.Н.Лулева, Е.Г. Лебедева, Е.Н. Мысник; правообладатель ФГБНУ ВИЗР. № 2016610137; заявл. 17.11.2015; зарегистр. 11.01.2016; опубл. 20.02.2016, Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. N 2. 1 с.
- Степанова Н.Г. Перезалужение многолетних трав – точка роста урожайности и качества кормов. Комитет по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области. 2017. [Электронный ресурс] URL: http://agroprom.lenobl.ru/Files/file/stepanova_09_06_2017_den_polya_2017.pdf (дата обращения: 18.04.2018).
- Толмачев А. И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск, 1986. 195 с.
- Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. 176 с.

Translation of Russian References

- Dudar' A.K. Poisonous plants of meadows, haymakings and pastures. Moscow: Rossel'khozizdat, 1980. 112 p. (In Russian).
- Kazantseva A.S. Main agrophytocenoses in districts near Kama of TASSR // Voprosy agrofytosenologii. Kazan', 1971. P. 10–74. (In Russian).
- Luneva N.N. Technological methods of account and monitoring of weed plants in agroecosystems // In: Vysokoproizvoditel'nye i vysokotochnye tekhnologii i metody fitosanitarnogo monitoringa. Saint-Petersburg: VIZR, 2009. P. 39–56. (In Russian).
- Luneva N.N., Lebedeva E.G., Mysnik E.N. Certificate on state registration of computer program № 2016610137 "Gerblog-Info". Moscow, Russian Federation. Registered 11.01.2016; published 20.02.2016. Programmy dlya EVM; Bazy dannykh: Topologii integralnykh mikroskhem. 2016. N 2. 1 p. (In Russian).
- Markov M.V. Agrophytocenology. Kazan': Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1972. 272 p. (In Russian).
- Mysnik E.N. Weed database – necessary instrument of the modern phytosanitary monitoring // In: Sovremennye sistemy i metody fitosanitarnoy ekspertizy i upravleniya zashchitoy rasteniy Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii s elementami nauchnoy shkoly dlya molodykh uchenykh, aspirantov i studentov. 2015. P. 219–224. (In Russian).
- Shmidt V.M. Statistical methods in comparative floristics. Leningrad: Izd-vo Leningr. un-ta, 1980. 176 p. (In Russian).
- Sown areas in the Russian Federation in 2017. Moscow: Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Glavnyy mezhregional'nyy tsentr. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Glavnyy mezhregional'nyy tsentr. 2018. [Http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (accessed: 18.04.2018). (In Russian).
- Stepanova N.G. Meadow re-formation perennial grasses – a point increase of productivity and quality of forage. In: Komitet po agropromyshlennomu i rybkhozyaystvennomu kompleksu Leningradskoy oblasti. 2017. [Http://agroprom.lenobl.ru/Files/file/stepanova_09_06_2017_den_polya_2017.pdf](http://agroprom.lenobl.ru/Files/file/stepanova_09_06_2017_den_polya_2017.pdf) (accessed: 18.04.2018). (In Russian).
- Tolmachev A. I. Methods of comparative floristics and problem of florogenesis. Novosibirsk, 1986. 195 p. (In Russian).
- Vilner A.M. Poisonings with forage herbs. Leningrad: Kolos, 1974. 408 p. (In Russian).
- Zhurina L.L. Study guide on compiling agroclimatic characteristics of a farm (district) for students of agronomical specialities (Leningrad Region). Saint-Petersburg, 2002. 20 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 84–87

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF WEEDINESS OF ANNUAL FODDER HERB CROPS ON THE TERRITORY OF LENINGRAD REGION

E.N. Mysnik

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

Annual fodder herbs are an important component of diet of farm animals. Research objective is to reveal the most stable weed components in crops of annual herbs on the territory of Leningrad Region. The results of crop monitoring, retrospective and floristic analyses of specific composition, assessment of constancy of species occurrence are carried out. The specific structure is presented by 129 species, 90 genus, 27 families. Groups of 14 dominating and 14 accompanying species are allocated. Comparison of specific composition of weed plants of crops of herbs of agroclimatic areas II and V-1 is carried out. Their similarity and distinction are shown. Groups of dominating (14 and 18 species respectively) and accompanying (18 and 10 species respectively) species are allocated. The forecast of preservation of the revealed tendencies in representation of species of weed plants in crops of annual herbs, of stable presence of 28 weed species, which are the center of weediness in agrophytocenoses of this culture, is given.

Keywords: weed plant, annual fodder herb, species composition, dominating species, accompanying species, similarity, difference.

Сведения об авторе

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

Information about the author

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

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.

Полный перечень требований к оформлению рукописей доступен на сайте ВИЗР (<http://vizr.spb.ru/>), во вкладке «Вестник защиты растений». Здесь же мы хотим обратить внимание авторов на основные ошибки в оформлении статей, часто допускаемые при их подготовке.

Так заголовок **не следует** набирать прописными буквами – они должны быть лишь там, где необходимо (в именах собственных, аббревиатурах и т.п.).

Имена авторов под заголовком должны начинаться с инициалов. В информации же об авторах, приводимой в конце рукописи следует приводить фамилию, имя и отчество полностью (именно в таком порядке), затем указывать должность, ученую степень, звание и e-mail.

Следует обратить внимание на то, что дробную часть в десятичных числах в нашем журнале принято отделять **точкой, а не запятой**.

Кроме того, хотелось бы привлечь внимание авторов к требованиям, касающимся иллюстраций.

Иллюстрации, таблицы и подписи к ним размещают в тексте. Оптимальная ширина рисунков и таблиц – 8,7 см (по ширине колонки) либо 18 см (по ширине страницы).

Диаграммы и графики строятся **без использования цветных элементов**, стандартными средствами Microsoft Word, либо (предпочтительно) в программе Microsoft Excel (в этом случае необходимо **предоставить дополнительные файлы (.xls) с оригиналами**). Они должны оставаться доступными для редактирования.

Растровые изображения (**фотографии, рисунки**), помимо размещения в тексте статьи, также **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).

Хотите подписаться на журнал?

Сделать это совсем не сложно! Россияне и жители других государств СНГ могут оформить подписку в ближайших отделениях связи. Заказать подписку можно и в редакции, по e-mail: vkm@icZR.ru. В заказе надо обязательно указать свой почтовый адрес.

Научное издание.

Индекс 36189

Подписано к печати 17 сентября 2018 г.

Формат 60x84/8. Объем 11 п.л. Тираж 250 экз. Заказ