

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 632

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Учредитель - Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН (ВИЗР)

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

Главный редактор В.А.Павлюшин

Зам. гл. редактора К.В.Новожилов

Зам. гл. редактора В.И.Долженко

Отв. секретарь В.Г.Иващенко

Редакционный совет

А.Н.Власенко - академик РАСХН, СибНИИЗХИМ

В.И.Долженко - академик РАСХН, ВИЗР

Ю.Т.Дьяков - д.б.н., профессор, МГУ

В.А.Захаренко - академик РАСХН

С.Д.Каракотов - д.х.н., ЗАО Щелково-Агрохим

В.Н.Мороховец - к.б.н., ДВНИИЗР

В.Д.Надыкта - академик РАСХН, ВНИИБЗР

К.В.Новожилов - академик РАСХН, ВИЗР

В.А.Павлюшин - академик РАСХН, ВИЗР

С.Прушински - д.б.н., профессор, Польша

Е.Е.Радченко - д.б.н., ВИР, РАСХН

И.В.Савченко - академик РАСХН

С.С.Санин - академик РАСХН, ВНИИФ

С.Ю.Синев - д.б.н., ЗИН РАН

К.Г.Скрябин - академик РАН, РАСХН,
Центр "Биоинженерия" РАН

М.С.Соколов - академик РАСХН, РБК ООО
"Биоформатек"

С.В.Сорока - к.с.-х.н., Белоруссия

О.С.Афанасенко - чл.-корр. РАСХН

И.А.Белоусов - к.б.н.

Н.А.Белякова - к.б.н.

Н.А.Вилкова - д.с.-х.н., проф.

Н.Р.Гончаров - к.с.-х.н.

И.Я.Гричанов - д.б.н.

А.П.Дмитриев - д.б.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.Ф.Зубков - д.б.н., проф.

В.Г.Иващенко - д.б.н., проф.

М.М.Левитин - акад. РАСХН

Н.Н.Лунева - к.б.н.

А.К.Лысов - к.т.н.

Г.А.Наседкина - к.б.н.

В.К.Моисеева (секр.) - к.б.н.

Н.Н.Семенова - д.б.н.

Г.И.Сухорученко - д.с.-х.н., проф.

С.Л.Тютерев - д.б.н., проф.

А.Н.Фролов - д.б.н., проф.

И.В.Шамшев - к.б.н.

Редакция

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

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

E-mail: vizrspb@mail333.com

vestnik@icZR.ru

УДК 632.937.01

ЭНТОМОПАТОГЕННЫЕ МИКРОСПОРИДИИ (EUKARYA: OPISTHOKONTA: MICROSPORIDIA): ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ

В.А. Павлюшин, И.В. Исси, Ю.С. Токарев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Использование микроспоридий в защите растений началось с разработки и применения био-препаратов на основе их спор, чему посвящен большой объем исследований второй половины прошлого века. Тем не менее, в настоящее время в мире зарегистрированы и применяются лишь два препарата на основе спор *Paranosema (Nosema) locustae* против нестадных и стадных саранчовых. Другое направление применения микроспоридий - интродукция патогенов в свободные от них популяции вредителей для обеспечения долговременного эффекта подавления численности этих насекомых. Работы в данном направлении выполняются в отношении непарного шелкопряда и нестадных саранчовых. Третьим направлением стало использование данных по зараженности микроспоридиями популяций насекомых в прогнозах массовых размножений таких вредителей как капустная белянка, непарный шелкопряд, луговой мотылек в целях отмены или сокращения истребительных мероприятий. Дальнейшее развитие работ по практическому применению микроспоридий в защите растений требует углубленного изучения видового состава паразитирования каждой паразито-хозяйинной системы, включая особенности возникновения и протекания эпизоотий, для определения конкретных путей применения изучаемого вида паразита.

Ключевые слова: микроспоридии, защита растений, биопрепараты, интродукция, прогноз динамики численности вредителей.

Современная концепция защиты растений направлена на разработку стратегий и методов фитосанитарной оптимизации агроэкосистем. Эта концепция основана, помимо прочего, на активном применении микробиологического метода защиты растений, использующего энтомо- и фитопатогенные микроорганизмы или продукты их жизнедеятельности (Новожилов, Павлюшин, 1999). В их число входят микроспоридии - облигатные внутриклеточные паразиты, интерес к которым в последнее время все возрастает (Witner, 1999).

Микроспоридии - уникальный тип утративших митохондрии протистов (Исси, Воронин, 2007), родственные представителям царства Fungi. Данные первых исследований молекулярно-биологических особенностей микроспоридий, указывающих на их родство с грибами (Keeling, McFadden, 1998), носят несколько противоречивый характер; разные авторы приводят факты в пользу четырех различных гипотез происхождения микроспоридий, причем наиболее вероятным, по мнению Ю.Я.Соколовой (2009),

представляется сестринское положение микроспоридий к царству Fungi в целом. Согласно последним данным филогеномного анализа, микроспоридии занимают базальное положение по отношению к Fungi, представляя собой эволюционную линию, рано ответвившуюся от филогенетической ветви, в дальнейшем давшей начало грибам (Capella-Gutierrez et al., 2012). Вкупе с уникальными свойствами микроспоридий, обусловленными их совершенной адаптацией к облигатному внутриклеточному паразитизму, это позволяет рассматривать данную группу протистов как самостоятельный таксон ранга типа, сформировавшийся в результате арогенеза (пользуясь терминологией Северцева, 1987). Таким образом, систематическое положение типа Microsporidia в пределах монофилетической супергруппы Opisthokonta sensu Cavalier-Smith (1987), известной также как группа Fungi/Metazoa (Wainright et al., 1993), остается спорным, так как сборная группа Protista, заменившая собой устаревший тип Protozoa и состоявшая ранее из одноклеточных эукариот различного происхож-

дения, куда было принято относить микроспоридий (Исси, Воронин, 2007), не стала валидным таксоном филогенетической системы эукариот (<http://tolweb.org/Eukaryotes/>) по причине своей исключительной полифилетичности. В то же время, несмотря на общее происхождение, грибы и микроспоридии имеют очень мало общего, вследствие чего последние не могут рассматриваться как микологический объект и требуют особых методологических подходов. Это находит подтверждение в уникальности строения клеток (Keohane, Weiss, 1999; Vávra, Larsson, 1999), в физиологических и биохимических особенностях (Mathis, 2000; Долгих и др., 2002, 2010, 2011; Beznoussenko et al., 2007; Dolgikh et al., 2009, 2011) и паразитических свойствах микроспоридий (Исси, 1986; Dunn et al., 2001; Исси и др., 2005; Down et al., 2005; Исси, Воронин, 2007; Krebes et al., 2010; Andreadis et al., 2012), что отражено в сложившейся практике исследований этой группы облигатных внутриклеточных паразитов.

Микроспоридии паразитируют в животных всех крупных таксонов (ранга класса и выше) царства Animalia, а также в некоторых протистах (грегаринах, инфузориях), при этом наибольшее число видов этих паразитов описано для членистоногих (Исси, 1986; Vecnel, Andreadis, 1999). Многие виды микроспоридий вызывают заболевания микроспоридиозы, существенно влияющие на животных-хозяев на клеточном, организменном и популяционном уровнях и заканчивающиеся гибелью зараженных особей, что определяет их большое практическое значение (Гробов, 1983). Открытие и начало изучения микроспоридий связано именно с широкой эпизоотией микроспоридиоза у шелкопряда *Bombyx mori*, охватившей несколько стран и принесшей значительный урон шелководству Европы в начале XIX века (Исси, 1986).

Во второй половине XX века разработка методов использования микроспоридий для снижения численности вредных орга-

низмов была признана перспективной многими исследовательскими центрами мира, широко развернулись работы по созданию биопрепаратов на основе спор микроспоридий. Микроспоридии как облигатные внутриклеточные паразиты успешно размножаются только на живых насекомых. В лабораторных условиях в одном зараженном насекомом развивается до $5 \cdot 10^9$ спор (Henry, Oma, 1981). Микроспоридии, надежно заражавшие восприимчивых насекомых в лабораторных опытах и/или показавшие высокий эпизоотологический потенциал в природных условиях, рассматривались как перспективные продуценты препаратов против нематод (Canning, 1973), трематод (Canning, 1981), прямокрылых (Henry, 1971; Henry, Oma, 1981), чешуекрылых (Исси, 1974; Кауа, 1975; Wilson, 1977, 1980), а также двукрылых гематофагов (Исси и др., 1991; Andreadis, 2007).

Эти исследования с очевидностью показали, что для успешного применения микроспоридий в целях снижения численности вредителей необходимы: 1) создание условий для поддержания вирулентных свойств паразита; 2) разработка отлаженной системы массового культивирования микроорганизма-продуцента биопрепарата; 3) совершенствование препаративной формы, направленное на сохранение активности препарата в течение необходимого времени (Исси, Токарев, 2012). Проблемы, связанные с решением этих вопросов, существенно затормозили разработку микробиологических препаратов на основе спор микроспоридий.

Исследования, широко развернутые в прошлом веке по разработке технологий массового культивирования микроспоридий, в том числе и в несвойственных им хозяевах (Fowler, Reeves, 1975; Pilley et al., 1978; Higby et al., 1979), а также по разработке препаративных форм, устойчивых к высушиванию, замораживанию и ультрафиолетовому излучению (Teetor, Kramer, 1977, Teetor-Barsch, Kramer 1979) не дали результатов, обеспечиваю-

щих совершенствование микроспорициального препарата несмотря на большое количество перспективных продуцентов. Единственный представитель типа Microsporidia, служащий продуцентом биопрепаратов для борьбы с вредными организмами, - это *Paranosema* (= *Nosema*) *locustae*, заражающий исключительно широкий круг хозяев - более 100 видов насекомых отряда прямокрылых. Многочисленные полевые испытания препарата показали высокую эффективность этой микроспорицидии против вредных саранчковых при обработке пастбищ (Henry, Oma, 1981). При внесении спор *P. locustae* в сроки, когда популяция вредителя представлена преимущественно личинками третьего возраста, по прошествии 3-4 недель наблюдалось подавление численности саранчковых в среднем на 50%. Кроме того, у выживших особей отмечалось существенное снижение плодовитости и активности потребления пищи (Henry, Oma, 1981). В полевых и лабораторных условиях продемонстрировано снижение резистентности саранчковых, зараженных *P. locustae*, к таким химическим инсектицидам, как севин и демитоат (Morris, 1985), а также повышение восприимчивости к энтомопатогенному гифомицету *Metarrhizium acridum* (Tonou et al., 2008ab; Tokarev et al., 2011). Более того, сочетание биопрепарата на основе *P. locustae* с регулятором роста насекомых флюофенкурсоном

обеспечивало эффект снижения численности не только при низкой, но и при высокой численности нестадных саранчковых (Guo et al., 2012). Однократное внесение препарата обеспечивает стойкий эффект снижения численности вредителя в течение нескольких лет. Кроме того, заболевание может распространиться на близлежащие территории вследствие миграций зараженных насекомых, распространяющих инфекцию.

На протяжении 80-х годов в США выданы патенты на девять препаратов, а также на основы и концентраты препаратов против прямокрылых (Insecta, Orthoptera): стадных и нестадных саранчковых (Acrididae), сверчковых (Gryllidae) и кузнечиков-мормонов *Anabrus* (Tettigoniidae). Три из них активны до сих пор, включая патенты на препараты нолобэйт (nolobait) и земаспор бэйт (semaspore bait) (таб.), которые в настоящее время производятся и продаются по цене 20-40 долларов США за кг при норме расхода от 1 кг/га (<http://www.amazon.com>; <http://www.greeffireshop.com>). Препараты применяются в виде приманок на пастбищах, лугах, в посевах сельхозкультур, по краям пахотных участков и на декоративных лужайках против вредных саранчковых и кузнечиковых, а также для обработки почвы в огородах против сверчковых (<http://www.pesticideinfo.org>).

Таблица. Список препаратов на основе спор *Paranosema* (*Nosema*) *locustae* (по информации базы данных пестицидов PAN, <http://www.pesticideinfo.org/>)

Коммерческое название препарата	Препаративная форма	Конц. спор, %	Год регистрации	Компания
Grasshopper attack	Смачиваемый порошок	0.05	1981	Woodstream Corporation
Locucide bait	Гранулы	0.05	1981	Laporte Insectaries
Mormon cricket spore	Смачиваемый порошок	0.08	1982	Woodstream Corporation
Nolobait	Дуст	0.05	1982	M&R Durango, Inc.
Nolo bb concentrate	Основа препарата	0.1	1982	Sutherland Industries Inc.
Noloc bait formulation	Гранулы	0.01	1980	Sandoz Agro Inc.
Semaspore	Готовый раствор	0.05	1987	Sparky Boy Enterprises
Semaspore bait	Готовый раствор	0.05	1988	Sparky Boy Enterprises
Semaspore C	Готовый раствор	1.0	1988	Sparky Boy Enterprises
Semaspore HC	Готовый раствор	10.0	1988	Sparky Boy Enterprises

Вследствие биологических свойств облигатных паразитов и особенностей их взаимоотношений со своими хозяевами биопрепараты на основе спор микроспоридий не могут подавить уже проявившуюся вспышку размножения вредителя в короткий срок; но их своевременное профилактическое применение будет способствовать поддержанию низкого уровня численности вредных саранчовых в течение длительного времени (Lomer et al., 2001). Таким образом, хотя возможности применения препаратов на основе спор микроспоридий ограничены, их основное преимущество - наличие длительного последствия на численность популяций вредных насекомых-хозяев (передача паразитов последующим поколениям, повышение восприимчивости к грибным, бактериальным и химическим препаратам) - говорит о целесообразности дальнейших работ в этом направлении.

В связи с этим в настоящее время приобретает актуальность другой подход к применению микроспоридий - интродукция их в популяции целевых объектов борьбы для создания очагов искусственных эпизоотий и/или поддержания зараженности вредных насекомых на уровне, способствующем долговременному эффекту снижения их численности. Данный подход так же, как и снижение численности с помощью биопрепаратов, основан на введении паразитов в те популяции вредителей, где этот вид паразита отсутствует. Однако основная ставка в этом случае делается не на максимальное снижение численности в результате гибели зараженных особей, а на сохранение паразитов в ряду поколений хозяев и формирование условий, обеспечивающих реализацию эпизоотологического потенциала микроорганизмов в случае нарастания численности вредного вида (Anderson, May, 1981; Anderson, 1982; Service, 1985). При этом интродукция паразитов может быть основана не только на внесении собственно инфекционных спор, но и на выпуске в данном биотопе зараженных особей, включая промежуточных или допол-

нительных хозяев, а также контаминированных микроспоридиями кладок яиц. В частности, для подавления численности комаров семейства Culicidae проводили внесение в биотоп спор микроспоридий (Reynolds, 1972; Anthony et al., 1978), выпуск зараженных личинок и куколок комаров (Vecnel, Johnson, 2000), а также промежуточных хозяев - копепоид (Andreadis, 1989). Внесение микроспоридий в популяции непарного шелкопряда проводили путем контаминации кладок яиц (Jeffords et al., 1988, 1989). Наиболее длительную историю имеют наблюдения за персистированием микроспоридии *P. locustae* в популяциях нестадных саранчовых в Северной (Henry, 1990) и Южной Америке (Lange, Azzaro, 2008). В разных паразито-хозяйинных системах (различающихся видами заражаемых насекомых) наблюдались разнообразные варианты развития событий, от отсутствия микроспоридий уже в следующем поколении насекомых до сохранения искусственно внесенного инфекционного начала на протяжении 10 лет и более, что в некоторых случаях сопровождалось эпизоотиями и заметным снижением численности целевых объектов.

Ключевые характеристики микроспоридий, подтверждающие их роль регуляторов численности своих хозяев и обеспечивающие эффективность их интродукции в популяции вредителей для регуляции их численности, включают: 1) умеренную вирулентность, которая быстро повышается в ответ на увеличение численности и плотности популяции вредного вида; 2) высокий потенциал и разнообразие путей как горизонтальной, так и вертикальной передачи; 3) синхронизацию развития с развитием хозяина; 4) совпадение биологических оптимумов паразита с таковыми насекомого-хозяина; 5) высокий уровень спорообразования; 6) длительное сохранение в ряду поколений хозяина слабовирулентных форм трансвариальной передачи. В то же время, быстрая потеря инфекционными спорами жизнеспособности вне организма хозяина

(Исси и др., 2011) может ограничить возможности использования спор некоторых паразитов для создания инфекционного фона и эпизоотий в популяциях вредителей.

В первую очередь этого следует ожидать при использовании паразитов, в цикле развития которых отсутствуют стадии трансовариальной передачи потомству хозяина или же нарушены другие условия, обуславливающие нормальную циркуляцию паразита в популяции хозяев (видовая принадлежность хозяина, синхронность сроков развития паразита и хозяина, пригодность условий внешней среды для сохранения инфекционности спор паразита и т.п.).

Однако в паразитарных системах, сложившихся естественным путем, известен ряд примеров, когда микроспоридии выступают в качестве ведущего фактора снижения численности вредных насекомых, способного подавлять вспышки массового размножения и сдерживать численность вредителей на уровне ниже ЭПВ. Все известные случаи относятся к чешуекрылым фитофагам - вредителям сельского и лесного хозяйства. Это еловая *Choristoneura fumiferana* (Wilson, 1980, 1981) и сосновая *Choristoneura pinus* листовертки-почкоеды, вредители леса в Канаде (van Frankenhuyzen et al., 2011), зеленая листовертка *Tortrix viridana* в Европе (Franz, Huger, 1971; Lipa, 1976), кукурузный мотылек *Ostrinia nubilalis* (Lewis et al., 2009) и непарный шелкопряд в США (Solter, Hajek, 2009), луговой мотылек *Loxostege sticticalis* (Фролов и др., 2008) и капустная белянка *Pieris brassicae* в России (Исси, 1980). В частности, для капустной белянки *Pieris brassicae* в агроценозах Северо-Запада России, в популяциях которой уровень зараженности микроспоридиями достигал 100% каждые 4-8 лет, этот показатель стал одним из самых важных критериев прогноза численности вредителя и отмены истребительных мероприятий.

Многолетнее изучение паразитарной системы микроспоридии *Vairimorpha*

mesnili и ее чешуекрылых хозяев семейства Pieridae показало, что такая паразитарная система могла сложиться только на фоне низкой численности и низкой плотности популяций насекомых-хозяев (Исси, 2002). Об этом убедительно свидетельствуют многочисленные пути передачи паразита от особи к особи белянки. Горизонтальное распространение происходит путем перорального заражения и инъекцией спор гусеницам младших возрастов зараженными паразитами и гиперпаразитами белянки. Пути вертикальной передачи еще многочисленнее - трансовариальный, транспермальный, псевдотрансовариальный, пероральный (часть зараженных насекомых теряет способность к окукливанию и доживает до выхода из яиц гусениц следующего поколения) и опять паразитическими насекомыми, которые также заражаются этой микроспоридией. Эта система является идеальной для ее воссоздания путем внесения микроспоридий в популяции, где их нет.

Было также показано, что благоприятные условия для развития насекомого-хозяина одновременно благоприятны и для развития микроспоридий, способных сдерживать вспышки массового размножения своего хозяина. Это позволило при достижении 50%-й зараженности популяции капустной белянки рекомендовать отмену любых истребительных мероприятий, что давало в 1980-х годах каждому крупному хозяйству Ленинградской области экономию от 3 до 6 млн руб. в год эпизоотии. Сходные показатели были включены в прогнозы численности непарного шелкопряда (Исси, 1986). В условиях Краснодарского края показано, что нарастание численности лугового мотылька наблюдается только при изобавлении его популяции от микроспоридиоза (Фролов и др., 2008; Малыш и др., 2011).

Важно отметить, что большое значение капустной белянки как вредителя капусты и сдерживающий эффект микроспоридий на Северо-Западе России отмечались в прошлом веке, однако в настоящее время в результате дестабилизации пара-

зито-хозяйинной системы под воздействием антропогенных факторов (включая интенсивное применение пестицидов в 80-х и резкое сокращение посевных площадей крестоцветных культур в 90-х годах) популяции насекомого перешли в состояние длительной депрессии с сохранением инфекционного запаса паразитов (рис.). Изредка наблюдающиеся всплески численности вредителя вызваны, скорее всего, миграционными процессами, не имевшими долговременных последствий.

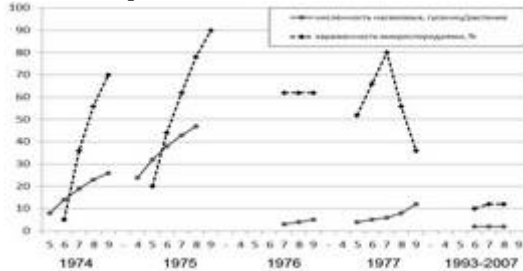


Рис. Динамика численности гусениц капустной белянки *Pieris brassicae* и их зараженности микроспоридией *Vairimorpha (Nosema) mesnili* на полях капусты в Ленинградской области в 1974-1977 и 1993-2007 гг.

Для любого из направлений исследований по применению микроспоридий в сельскохозяйственной энтомологии, будь то создание биопрепаратов, интродукция паразитов в биотопы насекомого-хозяина или использование сведений о зараженности насекомых в прогнозе численности вредителей, важное значение приобретает вопрос биологической безопасности этих паразитов для человека. Длительное время считалось, что микроспоридии узкоспецифичны и что верхний температурный порог их развития не превышает 30-32°C, поэтому паразит, заражающий беспозвоночных животных, не может инфицировать теплокровных позвоночных животных и человека (Weiser, 1961; Гробов и др., 1983; Sprague et al., 1992). Однако исследованиями последних лет установлены тревожные факты, требующие особого внимания к этой проблеме. Случаи заражения микроспоридиями человека как при иммунодефицитных состояниях

различной этиологии, так и в норме широко распространены во всем мире, сейчас описано уже семь видов возбудителей микроспоридиоза человека (Franzen, Müller, 1999). Однако связь заражения человека микроспоридиями с природными очагами циркуляции этих патогенов и филогенетические закономерности адаптаций микроспоридий к хозяевам различных систематических групп, могущие послужить индикатором опасности для человека, практически не изучены. Так, микроспоридия, описанная в 1970 г. как *Nosema algerae* из кишечника личинок кровососущих комаров, была в свое время рекомендована как продуцент биопрепарата против чешуекрылых и жесткокрылых вредителей сельского хозяйства. В результате недавних исследований она оказалась также паразитом человека и теплокровных животных и по современной морфологической систематике отнесена сперва к роду *Brachiola* (Koudela et al., 2001), а позднее по молекулярным данным переведена в род *Anncaliia* в связи с приоритетом последнего. Для микроспоридий данного рода характерен широкий круг хозяев и экспериментально подтверждена их способность заражать новых хозяев, далеких по систематическому положению от естественного хозяина (Franzen et al., 2006). Такими же свойствами обладают близкородственные *Anncaliia* микроспоридии рода *Tubulinosema* (см. ниже).

Среди микроспоридий, заражающих иксодовых клещей, выявлены паразиты, по морфологическим признакам принадлежащие к роду *Encephalitozoon*, представители которого - широко распространенные патогены рептилий, птиц и млекопитающих, включая человека (Ribeiro, Guimarães, 1998). Такая же способность микроспоридий переходить с эктопаразитических членистоногих на позвоночных-прокормителей обнаружена в паразитарной системе морская вошь *Lepeophtheirus salmonis* (Maxillopoda, Caligidae) - атлантический лосось *Salmo salar* (Actynoptergii, Salmonidae). С другой стороны, и для

микроспоридий, которые считаются типичными возбудителями заболеваний человека, например, *Trachipleistophora hominis*, показана способность развиваться в кровососущих комарах, что делает последних переносчиками этих паразитов (Weidner et al., 1999). Попутно следует отметить факт обнаружения нового вида паразита прямокрылых насекомых, *Enccephalitozoon romalae* (Lange et al., 2010), сородичи которого - типичные паразиты позвоночных (см. выше). И, пожалуй, самыми неожиданными можно считать два независимых случая заражения человека микроспоридией *Tubulinosema acridophagus*, основной хозяин которой - американская саранча *Schistocerca americana*, не имеющая прямых трофических связей с человеком (Choudhary et al., 2011; Meissner et al., 2012). Филогенетический анализ показывает, что все эти паразиты имеют в качестве близких родственников микроспоридий из хозяев различного систематического положения и экологических групп (Vossbrinck, Debrunner-Vossbrinck, 2005; Franzen et al., 2006; Tokarev, 2010; Malysh et al., 2013) и составляют, таким образом, филогенетические линии, которым свойственна экспансия в новые условия окружающей среды первого и второго порядков, в отличие от высокоспециализированных микроспоридий, характеризующихся тесными коэволюционными связями со своими хозяевами - пресноводными ракообразными и личинками двукрылых насекомых (Simakova et al., 2008; Krebes et al., 2010; Andreadis et al., 2012). В частности, микроспоридии родов *Anncaliia* и *Tubulinosema* составляют общую филогенетическую линию, соответствующую таксономической группировке ранга семейства (Franzen et al., 2006). Из

этого следует, что агрессивные формы микроспоридий обладают высоким инфекционным потенциалом и способны заражать широкий круг хозяев, который может одновременно включать беспозвоночных и позвоночных животных, а также человека; и эти свойства характерны для определенных филогенетических групп паразитов. Опасность заражения человека и сельскохозяйственных животных микроспоридиями повышается при контакте с зараженными ими кровососущими членистоногими-переносчиками, однако не ограничивается последними. В связи с этим для определения безопасности микроспоридий с медицинской и ветеринарной точек зрения необходимы их тщательная диагностика с привлечением анализа молекулярных особенностей видов, как циркулирующих в природных популяциях вредных членистоногих, так и вносимых в природу в виде биопрепаратов или интродуцентов.

Таким образом, микроспоридии представляют собой уникальную группу эукариотических микроорганизмов, перспективных в качестве регуляторов численности вредных членистоногих, для реализации широкого применения которых в практике сельскохозяйственной энтомологии необходимы дальнейшие исследования видового состава, распространенности, экологической роли, условий возникновения и развития эпизоотий и биотехнологических свойств этих паразитов.

Авторы благодарны Н.А.Вилковой (ВИЗР) за обсуждение текста рукописи.

Исследования поддержаны проектами РФФИ 12-04-00552 и 13-04-00693.

Литература

Гробов О.Ф., Засухин Д.Н., Шигина Н.Г. Микроспориозы животных и человека // Итоги науки и техники. ВИНИТИ. Зоопаразитология, 1983, 8, с. 103-149.
Долгих В.В., Семенов П.Б., Григорьев М.В. Особенности энергетического обмена микроспоридии *Nosema grylli* при внутриклеточном развитии // Паразитология, 2002, 36, с. 493-501.
Долгих В.В., Сендерский И.В., Павлова О.А., Безнусенко Г.В. Анализ экспрессии генов везикулярного

транспорта в авезикулярных клетках микроспоридии *Paranosema* (Antonospora) locustae // Цитология, 2010, 52, 1, с. 5-11.

Долгих В.В., Сендерский И.В., Павлова О.А., Наумов А.М. Уникальные особенности энергетического обмена микроспоридий, как результат длительной адаптации к внутриклеточному развитию // Паразитология, 2011, 45, с. 147-157.

- Исси И.В. Применение микроспоридий для биологической борьбы с насекомыми, вредящими сельскому хозяйству // Биол. средства защиты растений. М., Колос, 1974, с. 364-377.
- Исси И.В. Эпизоотология микроспоридиоза капустной белянки *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera, Pieridae) // Сб. "Перспективы использования микроорганизмов в защите растений". Труды ВИЗР, 1980, с. 5-16.
- Исси И.В. Микроспоридии как тип паразитических простейших // Микроспоридии. Серия: Протозоология, 1986, 10, с. 6-135.
- Исси И.В. Паразитарные системы микроспоридий. Описание и вопросы терминологии // Паразитология, 2002, 36, 6, с. 478-492.
- Исси И.В., Долгих В.В., Соколова Ю.Я., Токарев Ю.С. Факторы патогенности микроспоридий - внутриклеточных паразитов насекомых // Вестник сельскохозяйственной науки, 2005, 3, с. 17-26.
- Исси И.В., Кадырова М.К., Пушкарь Е.Н., Ходжаева Л.Ф., Крылова С.В. Микроспоридии мошек (определение и краткое описание видов мировой фауны). Узбекистан, ФАН, 1991, 123 с.
- Исси И.В., Воронин В.Н. Тип Microsporidia Микроспоридии // Руководство по зоологии. Протисты, 2007, 2, с. 994-1045.
- Исси И.В., Долгих В.В., Токарев Ю.С. Можно ли называть спору микроспоридий покоящейся стадией? // Паразитология, 2011, 45, 4, с. 324-337.
- Исси И.В., Токарев Ю.С. Оценка перспектив применения микроспоридий в биологической защите растений // Мат. XIV Съезда РЭО. Санкт-Петербург, 2012, с. 169.
- Мальш Ю.М., Токарев Ю.С., Зверев А.А., Ситникова Н.В., Мартемьянов В.В., Фролов А.Н. Динамика численности природных популяций лугового мотылька на территории Евразии // Мат. междунауч.-практ. конф. «Теория и практика интегрированной защиты растений». Прилуки, Беларусь, 2011, с. 886-887.
- Новожилов К.В., Павлюшин В.А. 70-летие (1929-1999) научного поиска ВИЗР - итоги и перспективы // Вестник защиты растений, 1999, 1, с. 5-21.
- Северцов А.С. Критерии и условия возникновения ароморфной организации // Эволюция и биоэкологические кризисы. 1987, М., Наука, с. 64-76.
- Соколова Ю.Я. Происхождение микроспоридий и их положение в системе зукариот // Микология и фитопатология, 2009, 43, 3, с. 177-192.
- Фролов А.Н., Мальш Ю.М., Токарев Ю.С. Особенности биологии лугового мотылька (*Pyrausta sticticalis* L.) в период его низкой численности в Краснодарском крае // Энтомологическое обозрение, 2008, 87, 2, с. 291-302.
- Anderson R.M., May R.M. The population dynamics of microparasites and their invertebrate hosts // Philos. Trans. R. Soc. London B, 1981, 291, p. 451-524.
- Anderson R.M. Theoretical basis for the use of pathogens as biological control agents of pest species // Parasitol., 1982, 84, p. 3.
- Andreadis T.G. Infection of a field population of *Aedes cantator* with a polymorphic microsporidium, *Amblyospora connecticus* via release of the intermediate copepod host, *Acanthocyclops vernalis* // J. Am. Mosq. Control Assoc., 1989a, 5, p. 81-85.
- Andreadis T.G. Microsporidian parasites of mosquitoes // J. Am. Mosq. Control Assoc., 2007, 23, p. 3-29.
- Andreadis T.G., Simakova A.V., Vossbrinck C.R., Shepard J.J., Yurchenko Y.A. Ultrastructural characterization and comparative phylogenetic analysis of new microsporidia from Siberian mosquitoes: evidence for coevolution and host switching // J. Invertebr. Pathol., 2012, 109, 1, p. 59-75.
- Anthony D.W., Savage K.E., Hazard E.L., Avery S.W., Boston M.D., Oldacre S.W. Field tests with *Nosema algerae* Vavra and Undeen (Microsporida: Nosematidae) against *Anopheles albimanus* Wiedmann in Panama // Misc. Pub. Entomol. Soc. Am., 1978, 2, p. 17-27.
- Beckel J.J., Andreadis T.G. Microsporidia in insects // The microsporidia and microsporidiosis. Washington, D.C., 1999, p. 447-501.
- Beckel J.J., Johnson M.A. Impact of *Edhazardia aedis* (Microsporida: Culicosporidae) on a seminatural population of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) // Biol. Control, 2000, 18, p. 39-48.
- Beznoussenko G.V., Dolgikh V.V., Morzhina E.V., Semenov P.B., Tokarev Y.S. et al. Analogs of the Golgi complex in microsporidia: structure and vesicular mechanisms of function // J. Cell Sci., 2007, 120, p. 1288-1298.
- Canning E.U. Protozoal parasites as agents for biological control of plant-parasitic nematodes // Nematologica, 1973, 19, p. 342-348.
- Canning E.U. Microsporidia for trematode control // Parasitology, 1981, 82, p. 120-121.
- Capella-Gutiérrez S., Marcet-Houben M., Gabaldón T. Phylogenomics supports microsporidia as the earliest diverging clade of sequenced fungi // BMC Biol., 2012, 10, p. 47.
- Cavalier-Smith T. The origin of fungi and pseudofungi // Evolutionary biology of Fungi. Cambridge, Cambridge Univ. Press., 1987, pp. 339-353.
- Choudhary M.M., Metcalfe M.G., Arrambide K., Bern C., Visvesvara G.S., Pieniazek N.J., Banea R.D., DeLeon-Carnes M., Adem P., Choudhary M.M., Zaki S.R., Saeed M.U. *Tubulinosema* sp. microsporidian myositis in immunosuppressed patient // Emerg. Infect. Dis., 2011, 17, p. 1727-1730.
- Dolgikh V.V., Seliverstova E.V., Naumov A.M., Senderskiy I.V., Pavlova O.A., Beznoussenko G.V. Heterologous expression of pyruvate dehydrogenase E1 subunits of the microsporidium *Paranosema* (Antonospora) locustae and immunolocalization of the mitochondrial protein in amitochondrial cells // FEMS Microbiol Lett., 2009, 293, p. 285-291.
- Dolgikh V.V., Senderskiy I.V., Pavlova O.A., Naumov A.M., Beznoussenko G.V. Immunolocalization of an alternative respiratory chain in *Antonospora* (*Paranosema*) locustae spores: mitochondria retain their role in microsporidian energy metabolism // Eukaryot Cell., 2011, 10, p. 588-593.
- Down R.E., Smethurst F., Bell H.A., Edwards J.P. Interactions between the solitary endoparasitoid, *Meteorus gyrator* (Hymenoptera: Braconidae) and its host, *Lacanobia glyceracea* (Lepidoptera: Noctuidae), infected with the entomopathogenic microsporidium, *Vairimorpha necatrix*

(Microspora: Microsporidia) // Bull. Entomol. Res., 2005, 95, 2, p. 133-44.

Dunn A.M., Terry R.S., Smith J.E. Transovarial transmission in the microsporidia // Parasitology, 2001, 48, p. 57-100.

Fowler J.L., Reeves E.L. In vivo propagation of a microsporidian pathogenic to insect // J. Invertebr. Pathol., 1975, 25, p. 349-353.

Franz J.M., Huger A.M. Microsporidia causing the collapse of an outbreak of the green tortrix *Tortrix viridana* L. in Germany // Proc. Int. Colloq. Insect Pathol. 4th College Park, MD, 1971, p. 48-53.

Franzen C., Müller A. Molecular techniques for detection, species differentiation, and phylogenetic analysis of microsporidia // Clin Microbiol Rev., 1999, 12, 2, p. 243-85.

Franzen C., Nasonova E.S., Schoelmerich J., Issi I.V. Transfer of the Members of the genus *Brachiola* (Microsporidia) to the genus *Anncalia* based on ultrastructural and molecular data // J. Eukaryot. Microbiol., 2006, 53, p. 26-35.

Guo Y., An Z., Shi W. Control of grasshoppers by combined application of *Paranosema locustae* and an insect growth regulator (IGR) (cascade) in rangelands in China // J. Econ. Entomol., 2012, 105, 6, p. 1915-1920.

Henry J.E. Epizootiology of infections by *Nosema locustae* Canning (Microsporidia: Nosematidae) in grasshoppers // Acrida, 1971, 1, p. 111-120.

Henry J.E. Control of insects by Protozoa // New Directions in Biological Control: Alternatives for Suppressing Agricultural Pests and Diseases, 1990, p. 161-176.

Henry J.E., Oma E.A. Pest control by *Nosema locustae*, a pathogen of grasshoppers and crickets // Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980, New York, Academic Press, 1981., p. 573-586.

Higby G.C., Canning E.U., Pilley B.M., Bush P.J. Propagation of *Nosema eurytremae* (Microsporidia: Nosematidae) from trematode larvae, in abnormal hosts and in tissue culture // Parasitology, 1979, 78, 2, p. 155-170.

Jeffords M.R., Maddox J.V., McManus M.L., Webb R.E., Wieber A. Evaluation of the overwintering success of two European microsporidia inoculatively released into gypsy moth populations in Maryland // J. Invertebr. Pathol., 1989, 53, 2, p. 235-240.

Kaya H.K. Persistence of spores of *Pleistophora schubergi* (Cnidospora: Microsporidia) in the field, and their application in microbial control // J. Invertebr. Pathol., 1975, 26, 3, p. 329-332.

Keeling P.J., McFadden G.I. Origins of microsporidia // Trends Microbiol., 1998, 6, 1, p. 19-23.

Keohane E.M., Weiss L.M. The structure, function, and composition of the microsporidian polar tube // The Microsporidia and Microsporidiosis, Washington, DC: American Society for Microbiology, 1999, p. 196-224.

Koudela B., Visvesvara G. S., Moura H., Vávra, J. The human isolate of *Brachiola algerae* (Phylum Microspora): development in SCID mice and description of its fine structure features // Parasitology, 2001, 123, p. 153-162.

Krebes L., Blank M., Frankowski J., Bastrop R. Molecular characterisation of the Microsporidia of the amphipod *Gammarus duebeni* across its natural range revealed hidden diversity, wide-ranging prevalence and potential for co-evolution // Infect. Genet. Evol., 2010, 10, 7, p. 1027-1038.

Lange C.E., Azzaro F.G. New case of long-term persistence of *Paranosema locustae* (Microsporidia) in

melanopline grasshoppers (Orthoptera: Acrididae: Melanoplinae) of Argentina // J. Invertebr. Pathol., 2008, 99, 3, p. 357-359.

Lange C.E., Johny S., Baker M.D., Whitman D.W., Solter L.F. A new *Encephalitozoon* species (Microsporidia) isolated from the lubber grasshopper, *Romalea microptera* (Beauvois) (Orthoptera: Romaleidae) // J. Parasitol., 2010, 95, p. 976-986.

Lewis L.C., Bruck D.J., Prasifka J.R., Raun E.S. *Nosema pyrausta*: Its biology, history, and potential role in a landscape of transgenic insecticidal crops // Biological Control, 2009, 48, 3, p. 223-231.

Lipa J.J. Microsporidians parasitizing the green tortrix in Poland and their role in the collapse of the tortrix outbreak in Puszcza Niepoilonicka during 1970-1974 // Acta Protozool., 1976, 15, p. 529-536.

Lomer C.J., Bateman R.P., Johnson D.L., Langewald J., Thomas M. Biological control of locusts and grasshoppers // Annu. Rev. Entomol., 2001, 46, p. 667-702.

Mathis A. Microsporidia: emerging advances in understanding the basic biology of these unique organisms // Int. J. Parasitol., 2000, 30, 7, p. 795-804.

Malysh J.M., Tokarev Y.S., Sitnicova N.V., Matremyanov V.V., Frolov A.N., Issi I.V. *Tubulinosema loxostegi* sp.n. (Microsporidia: Tubulinosematidae) from the beet webworm *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Crambidae) in Western Siberia // Acta Protozoologica, 2013, in press.

Meissner E.G., Bennett J.E., Qvarnstrom Y., da Silva A., Chu E.Y., Tsokos M., Gea-Banacloche J. Disseminated microsporidiosis in an immunosuppressed patient // Emerg Infect Dis., 2012, 18, 7, p. 1155-1158.

Morris O.N. Susceptibility of the migratory grasshopper, *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae), to mixtures of *Nosema locustae* (Microsporidia: Nosematidae) and chemical insecticides // The Canadian Entomologist, 1985, 117, 1, p. 131-132.

Pilley B.M., Canning E.U., Hammond J.C. The use of a microinjection procedure for large-scale production of the microsporidian *Nosema eurytremae* in *Pieris brassicae* // J. Invertebr. Pathol., 1978, 32, p. 355-358.

Reynolds D.G. Experimental introduction of a microsporidian into a wild population of *Culex pipiens fatigans* Weid // Bull. Wld. Hlth. Org., 1972, 46, p. 807-812.

Ribeiro M.F., Guimaraes A.M. Encephalitozoon-like microsporidia in the ticks *Amblyomma cajennense* and *Anocentor nitens* (Acari: Ixodidae) // J. Med. Entomol., 1998, 35, p. 1029-1033.

Service M.W. Some ecological considerations basic to the biocontrol of Culicidae and other medically important insects // Integrated mosquito control methodologies. Academic Press, London, 1985, 2, p. 9-30.

Simakova A.V., Vossbrinck C.R., Andreadis T.G. Molecular and ultrastructural characterization of *Andreanna caspii* n. gen., n. sp. (Microsporidia: Amblyosporidae), a parasite of *Ochlerotatus caspius* (Diptera: Culicidae) // J. Invertebr. Pathol., 2008, 99, 3, p. 302-311.

Solter L.F., Hajek A.E. Control of gypsy moth, *Lymantria dispar*, in North America since 1878 // Use of microbes for control and eradication of invasive arthropods. Springer, New York, 2009, p. 181-218.

Sprague V., Becnel J.J., Hazard E.I. Taxonomy of phylum Microspora // Crit. Rev. Microbiol., 1992, 18, p. 285-395.

Teetor G.E., Kramer J.P. Effect of ultraviolet radiation on the microsporidia *Octospora muscaedomestica* with reference to protectants provided by the host *Phormia regina* // J. Invertebr. Pathol., 1977, 30, p. 348-353.

Teetor Barsch G.E., Kramer J.P. The preservation of infective spores of *Octospora muscaedomestica* in *Phormia regina*, of *Nosema algerae* in *Anopheles stephensi*, and of *Nosema whitei* in *Tribolium castaneum* by lyophilization // J. of Invertebr. Pathol., 1979, 33, p. 300-306.

Tokarev Y.S. Molecular phylogeny of entomopathogenic microsporidia, a review of the last five years of study // Euroasian Entomol. J., 2010, 9, p. 571-576.

Tokarev Y.S., Levchenko M.V., Naumov A.M., Senderskiy I.V., Lednev G.R. Interactions of two insect pathogens, *Paranosema locustae* (Protista: Microsporidia) and *Metarhizium acridum* (Fungi: Hypocreales), during a mixed infection of *Locusta migratoria* (Insecta: Orthoptera) nymphs // J. Invertebr. Pathol., 2011, 106, p. 336-338.

Tounou A.K., Kooyman C., Douro-Kpindou O.K., Poehling H.M. Combined field efficacy of *Paranosema locustae* and *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* for the control of sahelian grasshoppers // Biocontrol., 2008a, 53, p. 813-828.

Tounou A.K., Kooyman C., Douro-Kpindou O.K., Poehling H.M. Interaction between *Paranosema locustae* and *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, two pathogens of the desert locust, *Schistocerca gregaria* under laboratory conditions // J. Invertebr. Pathol., 2008b, 97, p. 203-210.

van Frankenhuyzen K., Ryall K., Liu Y., Meating J., Bolan P., Scarr T. Prevalence of *Nosema* sp. (Microsporidia: Nosematidae) during an outbreak of the jack pine budworm in Ontario // J. Invertebr. Pathol., 2011, 108, 3, p. 201-208.

Vávra J., Larsson J.I.R. Structure of the Microsporidia // The Microsporidia and Microsporidiosis. ASM Press, Washington, D.C., 1999, p. 7-84.

Vossbrinck C.R., Debrunner-Vossbrinck B.A. Molecular

phylogeny of the Microsporidia: ecological, ultrastructural and taxonomic considerations // Folia Parasitol., 2005, 52, p. 131-142.

Wainright P.O., Hinkle G., Sogin M.L., Stickel S.K. Monophyletic origins of the metazoa: an evolutionary link with fungi // Science, 1993, 260, 5106, p. 340-342.

Weiser J. Die Mikrosporidien als Parasiten der Insekten // Monogr. Angew. Entomol., 1961, 17, p. 1-149.

Weidner E., Canning E.U., Rutledge C.R., Meek C.L. Mosquito (Diptera: Culicidae) host compatibility and vector competency for the human myositic parasite *Trachipleistophora hominis* (Phylum Microspora) // J. Med. Entomol., 1999, 36, 4, p. 522-525.

Wilson G.G. Effects of the microsporidia *Nosema disstriae* and *Pleistophora schubergi* on the survival of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* (Lepidoptera: Lasiocampidae) // Canadian Journal of Entomology, 1977, 109, p. 1021-1022.

Wilson G.G. Effects of *Nosema fumiferanae* (Microsporidia) on rearing stock of spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) // Proceedings of the Entomological Society of Ontario, 1980, 3, p. 115-116.

Wilson G.G. *Nosema fumiferanae*, a natural pathogen of a forest pest: Potential for pest management // Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980. Academic Press, New York, 1981, p. 595-601.

Wittner M. Historic perspectives on the Microsporidia: expanding horizons // The Microsporidia and Microsporidiosis. ASM Press, Washington, D.C., 1999, p. 1-6.

http://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss_1?url=search-alias%3Daps&field-keywords=NOLO+baït

<http://www.greenfireshop.com/cart/index.php?productID=1656>

http://www.pesticideinfo.org/List_Products.jsp?Rec_Id=PC74

<http://www.tolweb.org/Eukaryotes/>

ENTOMOPATHOGENIC MICROSPORIDIA: PERFORMANCE OF APPLICATION AGAINST HARMFUL INSECTS

V.A.Pavlyushin, I.V.Issi, Y.S.Tokarev

The use of microsporidia in plant protection started with development and application of biopreparations based upon their spores. A huge number of papers of the second half of the past century were devoted to this problem. Nevertheless, only two biopreparations are registered and exploited nowadays based upon *Paranosema (Nosema) locustae* spores and designed against grasshoppers and locusts. Another direction of microsporidia usage is their introduction into the parasite-free populations to provide long-term suppressive effect. The respective works are being executed to control grasshoppers and gypsy moth. Finally, a third direction is the exploitation of microsporidia prevalence data in population dynamics forecasts of such pests as cabbage white, gypsy moth and beet webworm. This approach allows reducing costs of plant protection measures when applicable. Further progress in practical application of microsporidia in plant protection is impossible without profound examination of species composition of parasites, revealing the patterns of formation and functioning of each parasite-host system, including major epizootic trends, to determine specific ways of the parasite species usage.

Keywords: *microsporidia, plant protection, bioformulations, introduction, pest density dynamics, forecast.*

В.А.Павлюшин, академик РАСХН,
izrspb@mail333.com

И.В.Исси, д.б.н., профессор
Ю.С.Токарев, к.б.н.

УДК 632.1/4:633.1(470.5)

МОДЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ БОЛЕЗНЕЙ В АГРОЛАНДШАФТАХ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

В.В. Евсеев

Курганский государственный университет

Впервые для условий Восточного Урала установлен состав микробно-растительных ассоциаций зерновых культур. Предложена концептуальная модель управления ассоциативной микрофлорой зернового агроценоза, предусматривающая введение в агроэкосистему скороспелых сортов, обеспечивающих изменение биологического разнообразия, расширение экологической ниши антагонистов; комплекс агротехнических мероприятий: севооборот, удобрения, внекорневые подкормки растений; управление α -разнообразием микробно-растительных ассоциаций путем искусственной интродукции биоагентов в филлосферу и ризосферу растений. Разработаны и внедрены оригинальные методы мониторинга популяций микроорганизмов и регулирования динамики их структуры в условиях пестицидного прессинга.

Ключевые слова: микробно-растительные ассоциации, модель управления, иммуногенетическая система, экологическая ниша, баланс гумуса, антагонисты, внекорневые подкормки, пестицидный прессинг.

В развитии аграрного сектора б. СССР и современной России в последней четверти XX - начале XXI столетия отчетливо проявились три этапа: 1975-1991 гг. - подъем всего сельскохозяйственного производства; 1992-2005 гг. - глубокий разрушительный кризис, приведший к изменениям систем землепользования во всех регионах страны и фитосанитарной дестабилизации вследствие нарушения целостности агроэкосистем; с начала XXI столетия - оживление основных отраслей агропромышленного комплекса (Павлюшин, Танский, 2006).

Проведенным ранее анализом проявлений кризисной экологической и фитосанитарной обстановки в агроландшафтах многих регионов России (Жученко, 1994; Кирушин, 1996) обоснована необходимость более рационального использования природных ресурсов, адаптивного потенциала видов и сортов культурных растений, а также техногенных факторов. В настоящий период одним из условий реализации стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства является совершенствование систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, переход к экологическому управлению (Павлюшин и др., 2006, 2008), которое базируется на увеличении вклада в продукционный и средообразующий процессы

всех биологических компонентов агробиоценозов (растений, почвенной микрофлоры и др.). К сожалению, существующая защита растений по-прежнему остается не в полной мере ориентированной на положения развиваемой в настоящее время стратегии адаптивного растениеводства. Системы защиты, хотя и нацелены на преимущественное применение нехимических средств, в том числе устойчивых к вредным организмам сортов сельскохозяйственных культур, но пока в них продолжает доминировать химический метод, применяемый нередко без всесторонней оценки экологических последствий (Чернышев, 1998; Павлюшин и др., 2008).

Между тем, уже сейчас остро ощущается потребность в экологизированных и биологизированных растениеводческих технологиях в экологически неблагоприятных районах страны. Особое значение такие технологии имеют в техногенно загрязненных районах Урала (Челябинская, Курганская, Свердловская области), где применение пестицидов должно быть ограниченным. Здесь на смену традиционным должны прийти современные интегрированные технологии с высокой долей средств биологической защиты растений, которые включены сегодня в государственную программу развития АПК России.

Наш вклад в развитие концепции эко-

логически безопасной защиты растений состоял в исследованиях микробно-растительных ассоциаций (МРА) зерновых агроэкосистем, поиске приемов

управления полезными и нежелательными микробными популяциями в конкретных природно-климатических условиях Восточного Урала.

Методика исследований

Исследования проведены в различных почвенно-климатических зонах Курганской области, которая выбрана в качестве модельного полигона для отработки концепции экологически безопасной защиты растений на территории всего Уральского региона.

Погодные условия в годы проведения исследований соответствовали многолетнему гидротермическому режиму, характерному для территории области. Семь лет из 18 были засушливыми (1992, 1995, 1996, 1998, 2004, 2008, 2009), шесть лет с избыточным увлажнением (1993, 1994, 1997, 1999, 2000, 2002), пять лет с оптимальным увлажнением (2001, 2003, 2005-2007).

Изучение морфологических, биологических особенностей возбудителей листостеблевых пятнистостей и корневых гнилей культурных злаков, их сортовых связей с растениями-хозяевами проводили с привлечением традиционных методов: популяционного, микроскопического, анатомического, культурального.

Для выявления влияния ряда факторов на численность и динамику популяций микрофлоры зерновых культур были привлечены стандартные методики работы с микроорганизмами и новые, а также новые модернизированные нами методы.

Статистическая обработка эмпирических данных проведена методами дисперсионного и корреляционного анализа (Гатаулин, 1992). Дополнительно дана оценка уровня биологического разнообразия с использованием индексов Шеннона, Симпсона, коэффициентов Сьеренсена-Чекановского, Жаккара и оценка емкости экологической ниши для антагонистов, фитопатогенов и других микромицетов (Мэгар-

ран, 1992).

Интегральный показатель состояния иммуногенетической системы растения (IS) определяли путем преобразования значений исследуемых параметров растения в так называемую «шкалу желательности», на которой 0 соответствует неприемлемому состоянию параметра, а 1 - такому его значению, которое можно назвать идеальным. Промежуточные показатели параметров выражаются числами от 1 до 0, определяющими степень оптимальности каждого из них. Частные желательности (d_i) вычисляют путем преобразований: $d_i = N_i / N_{opt}$, если $N_i < N_{opt}$; $d_i = 1 - N_i / (10N_{opt})$, если $N_i > N_{opt}$. Здесь N_i - усредненное значение измеряемого параметра растения, N_{opt} - идеальное (желаемое) значение измеряемого параметра. Интегральный показатель состояния иммуногенетической системы растения определяли как среднее геометрическое частных d_i :

$$IIS = \sqrt[n]{d_1 d_2 d_3 \dots d_n}$$

При интерпретации полученных значений индекса шкалу желательности разбивали на интервалы:

Состояние иммуногенетической системы	IIS
Отличное	1 - 0.8
Хорошее	0.8 - 0.6
Удовлетворительное	0.6 - 0.4
Плохое	0.4 - 0.2

Прототипом для создания индекса иммуногенетической системы послужила функция желательности, используемая экологами в мониторинговых исследованиях состояния окружающей среды (Никитина, 1991).

Результаты исследований

Структура исследуемой системы следующая: «пшеница (ячмень) - возбудители заболеваний - сапротрофы (антагонисты, микофилы, конкуренты)». Система включает помимо растения-эдификатора 10 основных видов наиболее распространенных и вредоносных возбудителей заболеваний (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler.; *Pyrenophora graminea* S.Ito & Kurib.; *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.; *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc. и др. виды; *Stagonospora nodorum* (Berk.) Berk. (телеоморфа *Phaeosporium nodorum* E.Mull.); *Ustilago nuda* f. sp. *tritici* Schaffn.; *Ustilago hordei* (Pers.) Lagerh.; *Blumeria graminis* (DC.) Speer; *Puccinia triticina* Eriks.; *Puccinia graminis* Pers. f. sp.

tritici A.L. Guyot, Massenot & Saccas, и более 40 видов сапротрофной конкурентной или индифферентной микро- и микрофлоры.

Многолетние наблюдения (1997-2009 гг.) за процессами формирования МРА зернового агроценоза, характером взаимодействия микроорганизмов-доминантов с растением и сопутствующей микрофлорой и последующая аналитическая обработка результатов позволили выделить три типа ассоциаций в зависимости от характера связей доминирующих микроорганизмов с растением-эдификатором:

1) детерминированная фитопатогенная ассоциация филлоферры и ризосферы злаков, где ведущую роль играют фи-

топатогенные грибы с эволюционно сложившимися, устойчивыми связями с питающим растением (например, «обыкновенная корневая гниль - стеблевая ржавчина - пыльная головня - растение-эдификатор»);

2) нестабильная фитопатогенная ассоциация, где доминируют фитопатогенные грибы с лабильными связями с питающим растением (например, «пиренофороз - септориоз - мучнистая роса - растение-детерминант»);

3) микробная ассоциация филлосферы и ризосферы здорового растения, то есть ассоциация, где доминируют сапротрофные микроорганизмы, не являющиеся возбудителями болезней, с широким спектром связей с растением-эдификатором: от симбиотических до индифферентных.

В ассоциациях первого типа доминирующие виды достаточно надежно защищены от биоценологических взаимодействий с сопутствующей микрофлорой и от влияния абиотических факторов: пыльная головня, например, имеет практически идеальную защиту от контактов с сапротрофной микрофлорой растения. Взаимоотношения консортов-доминантов с растением-эдификатором характеризуются достаточной стабильностью, обусловленной уровнем и типом устойчивости сорта.

В ассоциациях второго типа, наоборот, доминирующие фитопатогенные консорты вступают в гораздо более тесные биоценологические связи с окружающей микрофлорой, испытывают несравненно большее влияние со стороны абиотических факторов среды. Такие ассоциации отличаются значительной нестабильностью, неустойчивостью характера взаимодействий консорта-доминанта с растением-эдификатором.

Специфика ассоциаций третьего типа, где ведущую роль играют сапротрофные микроорганизмы, в том, что такие системы включают не одного, а несколько доминантов консорции (например, в филлосфере растения могут одновременно присутствовать дикие дрожжи, гифомицеты рр. *Alternaria*

sp., *Cladosporium* sp.), между которыми складываются сложные взаимодействия, часто по типу протокооперации, причем каждая популяция может существовать в отсутствие партнера. Такой тип взаимоотношений достаточно распространен в микробных сообществах филлосферы и ризосферы растений.

Кроме рассмотренных здесь трех типов МРА, различающихся характером связей доминантов с эдификатором, были выделены еще три типа микробных систем, формирующиеся в разные периоды онтогенеза пшеницы (ячменя): на всходах (I - IV этапы органогенеза); на растениях в фазах выхода в трубку и колошениз; на семенах и колосе. Все эти МРА имеют общие и различительные характеристики. Они специфичны по видовому составу микрофлоры, по пространственно-временным характеристикам распределения микроорганизмов в онтогенезе на растениях, определяемым механизмами иммуногенетической системы растения-эдификатора.

Уровень заселения филлосферы и ризосферы растений микрофлорой и устойчивость зерновых культур к возбудителям болезней в начальный период развития определяются преимущественно анатомо-морфологическими факторами - степенью опушенности листьев, толщиной кутикулы, уровнем лигнификации тканей листьев и корней, степенью развития клеток мезофилла листа, а также водным статусом клеток и тканей растений.

Наблюдения показали, что ассоциация всходов отличается невысоким видовым разнообразием микроорганизмов, а состояние иммуногенетической системы растения далеко от идеального. Так, степень опушенности листьев в стадии кущения у широко районированного по области сорта мягкой яровой пшеницы Жигулевская не превышает 19-20 волосков на 1 мм², что значительно ниже желаемого уровня (более 50 волосков/мм² (Вилкова, Конарев, 2010)). Толщина кутикулы (0.57 мкм - фактическая; желаемый уровень - 1.5 мкм), уровень накопления лигнина (0.21

мг/г - фактический; более 0.48 мг/г - желаемый уровень) и содержание в листьях сухих веществ (8% - фактическое; 11% и более - желательное) также существенно ниже оптимального уровня. Индекс состояния иммуногенетической системы растения (IIS), рассчитанный по 8 показателям, не превышает 0.6, что соответствует только удовлетворительному уровню.

Второй период вегетации зерновых культур характеризуется большим видовым разнообразием консортной микрофлоры. Уровень заселения растений микроорганизмами и устойчивость их к возбудителям болезней определяется уже не только анатомо-морфологическими, но в не меньшей степени физиологическими факторами иммуногенетической системы эдификатора. Водоудерживающая способность листьев растений (фаза выколашивания) в среднем находится на уровне 75.3% (частная желательность d_i равна 0.94, то есть показатель близок к оптимальному), содержание воды в листьях 87.3% ($d_i=0.97$), содержание сухих веществ - 10.8% ($d_i=0.83$), вымываемость органических веществ из листьев (количество органических веществ на 1 г сырого веса листьев в мл 0.01 н. $KMnO_4$ - 10.6, $d_i=0.90$) почти в норме. Все это обеспечивает хорошие условия для развития в филлосфере растений сапротрофной непатогенной микрофлоры, среди которой встречается немало антагонистов возбудителей болезней.

Вместе с тем в системе иммуногенетических барьеров растения имеются и узкие места. Так, в популяциях районированных сортов яровой пшеницы преобладают биотипы с малым числом хлоренхимных тяжей в стебле (соломине) - $n=32$ ($d_i=0.53$), тяжи широкие и представляют собой отличную нишу для внедрения стеблевой ржавчины, способной сформировать в таких тяжах крупные пустулы с большим числом спор. Листовые пластинки имеют значительную ширину (в среднем 9.2 мм, $d_i=0.65$), слабое опушение (29-30 волосков/ mm^2 , $d_i=0.59$), недостаточную толщину кутикулы (1.98 мкм, $d_i=0.79$; устой-

чивость к мучнистой росе обеспечивает толщина кутикулы не менее 2.5 мкм) и относительно слабую лигнификацию тканей (0.38 мг/г, $d_i=0.79$). Общее состояние иммуногенетической системы растения (IIS = 0.8) оценивается только как хорошее.

Особое положение среди рассматриваемых МРА занимает микробная сингузия колоса и зерна. Для нее характерен ограниченный круг доминирующих видов микроорганизмов, высокая частота встречаемости микромицетов, адаптированных к обитанию в сложных и гетерогенных экологических нишах, таких, например, как почва. Не случайно, на колосе и зерне появляются типичные почвообитающие микромицеты - *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Bipolaris* sp. и др. Ведущее значение в формировании этой специфической сингузии имеют анатомо-морфологические параметры колоса.

Для управления популяциями микроорганизмов и сукцессионными процессами в микробных системах с целью оптимизации фитосанитарного состояния посевов, повышения адаптивного потенциала культурных растений и экологической устойчивости агроэкосистем в целом необходима принципиально новая доктрина управления экологической устойчивостью агроэкосистем. Она должна предусматривать использование технологий, способствующих усилению стабилизирующего отбора в популяциях вредных видов и механизмов регуляции их численности. При этом методы и средства защиты растений должны быть нацелены на сохранение биоразнообразия агроценозов и сдерживание процессов адаптивной микроэволюции в популяциях фитопатогенов.

На практике благоприятная с позиций защиты растений биоценотическая обстановка должна поддерживаться сбалансированным по абиотическим компонентам севооборотом, иммунными сортами и агротехникой. Защитные мероприятия целесообразно проводить так, чтобы воздействовать на вредные объекты в местах их непосредственного взаимодействия с растениями - в агроценоконсорциях (Зубков, 2005).

В соответствии с этим нами разработа-

на концептуальная модель управления ассоциативной микрофлорой зернового агроценоза. Отдельные блоки модели представляют собой основные компоненты экосистемы и функциональные связи, отражающие количественную зависимость (рис.).

Блок «агробиоценоз» представляет собой зернопаропропашной севооборот с 12.5% чистого пара, 67.5% зерновых культур, среди которых 50% составляет яровая пшеница. Урожайность зерновых культур должна поддерживаться на стабильном уровне - 2.0-2.5 т/га. В этом блоке могут присутствовать все три типа МРА, либо преобладать одна из них.

Блок «почва» отражает фрагмент структуры почвенного покрова, типичного для лесостепи Восточного Урала. Доминирующее положение в составе почвенных комбинаций занимают черноземы выщелоченные, имеющие мощный пахотный слой (0-30 см), 5.0-5.5% гумуса.

Блок «климат» отражает основные агроклиматические показатели двух зон - лесостепи и колючей степи: лесостепь - ГТК = 1.0-1.3, сумма положительных температур 1900-2100°C, среднегодовая сумма осадков 380-400 мм; колючая степь -

ГТК= 0.8-1.0, сумма положительных температур 2100-2200°C, за теплый период выпадает до 200 мм осадков.

Блок «управляющие воздействия» предусматривает следующие ключевые подходы к управлению консортными и биоценотическими связями в МРА зернового агробиоценоза:

1) введение в агроэкосистему новых сортов, обеспечивающих изменение биологического разнообразия, расширение экологической ниши антагонистов, превалирование стабилизирующего типа естественного отбора в популяциях патогенов;

2) комплекс агротехнических мероприятий: севооборот, обработка почвы, макро- и микроудобрения, внекорневые подкормки растений азотом и фосфором, биопрепараты; создание фонда семян с высокими посевными и фитосанитарными показателями, сроки посева;

3) использование пестицидов, преимущественно в сниженных нормах расхода и в сочетании с минеральными подкормками и биопрепаратами (иммунокорректорами);

4) управление α -разнообразием МРА путем искусственной интродукции биоагентов в филлосферу и ризосферу растений.

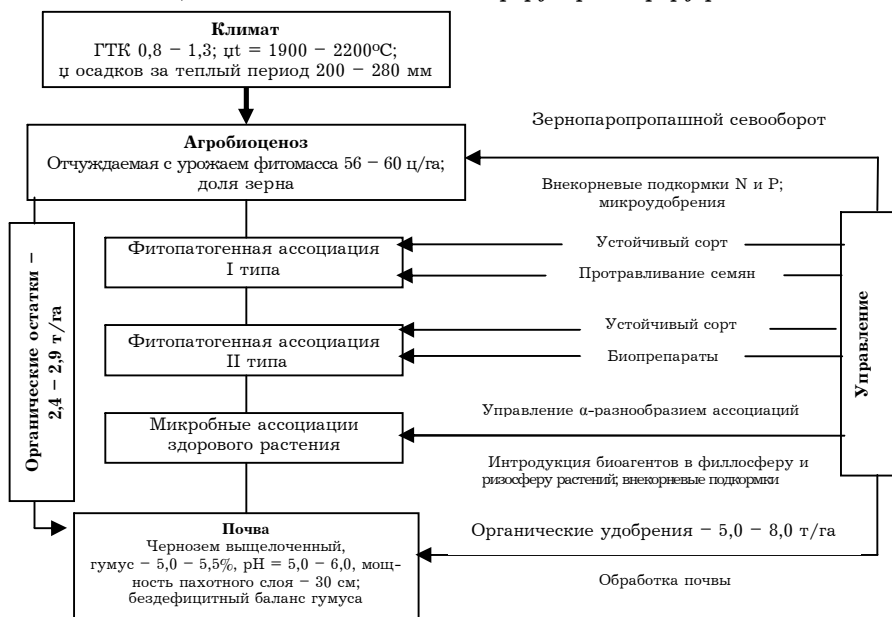


Рис. Концептуальная модель управления ассоциированной микрофлорой зерновой агроэкосистемы лесостепи Восточного Урала

Принципиально важными в представленной модели являются такие управляющие воздействия на агроэкосистему, как внедрение новых устойчивых к неблагоприятным факторам сортов, плодосменный севооборот, внесение органических и минеральных удобрений с целью активации гумификационных процессов в почве и создания бездефицитного баланса гумуса, зональная дифференцированная обработка почвы, направленная на максимальное накопление и сохранение влаги, целенаправленное управление агрообразом микробных сообществ путем внекорневых подкормок растений макро- и микроэлементами и интродукции биоагентов-антагонистов в филлосферу и ризосферу растений.

Особо важным звеном в модели является севооборот, культуры которого обуславливают количество и качественный состав поступающих в почву растительных остатков, в значительной степени регулирует формирование комплексов почвенной микрофлоры. Под влиянием различных культур и их остатков меняется соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов, возрастает биологическая активность почвы, улучшаются взаимосвязи и взаимозависимости в системе растение - почва - микроорганизмы, следствием чего является повышение плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур (Свистова, 1990).

Высока роль севооборотов в микробиологических процессах образования гумуса, что особенно важно для условий Зауралья. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что на протяжении всего 20-го столетия наблюдалась систематическая дегумификация почвенного покрова сельскохозяйственных ландшафтов Восточного Урала. В начале века черноземы Курганской области содержали 10-12% гумуса. Обобщение же данных второго тура масштабного обследования производственных территорий выявило снижение содержания гумуса в почвах пашни до 4-5% в пределах лесостепной зоны, и до 2-4% - в пределах колючей степи.

Общеизвестно, что деградация гумуса приводит к постепенному утрачиванию почвами агрономически ценных свойств: снижается поглотительная и водоудерживающая способность, разрушается структура, возрастает плотность, снижается микробиологическая активность почвы, ее антагонистический потенциал и фунгистатическая способность. Поэтому в концептуальной модели управления микробными ассоциациями агроценозов предусмотрено обеспечение бездефицитного баланса гумуса в региональных типах почв путем направленности агротехнологий и систем земледелия на оптимизацию микробиологических процессов гумусообразования в почвах, то есть на чередование зерновых культур с парами, пропашными и зерновыми бобовыми культурами, однолетними и многолетними травами.

Для решения вопроса поддержания и улучшения почвенного плодородия ключевое значение имеет оценка баланса гумуса, основной приходной статьей которого в пахотных почвах является синтез его из продуктов трансформации пожнивнокорневых остатков сельскохозяйственных культур и вносимых в почву органических удобрений. Расход гумуса может происходить по различным каналам, но главным образом за счет его минерализации. При разработке концептуальной модели управления зерновой агроэкосистемой были определены некоторые основные параметры для блоков «Агробиоценоз» и «Почва», в частности проведен расчет статей гумусового баланса. Исходными условиями были: урожай зерна яровой пшеницы - 2.4 т/га; органические удобрения не применяются. Количество пожнивнокорневых остатков определяли умножением величины урожая на коэффициент накопления пожнивнокорневых остатков, приняв его равным 1.1 (Лозановская и др., 1987): $2.4 \times 1.1 = 2.6$ т/га. Количество синтезируемого за сезон гумуса, выраженное в тоннах на 1 га площади, будет равно $2.6 \times 0.15 = 0.39$, где 0.15 - коэффициент гумификации пожнивнокорневых

остатков зерновых культур (Жуков, Попов, 1988).

Известно, что в почвах может складываться отрицательный, положительный или бездефицитный баланс гумуса. В данном случае, когда количество накопившегося за сезон гумуса составляет 0.39 т/га, а расход гумуса за этот период равен 1.2 т/га (расчет убыли гумуса из почвы проведен по балансу азота в агроэкосистеме) – баланс отрицательный, причем дефицит составляет 0.81 т/га, то есть за год запас гумуса под пшеницей уменьшится на 0.81 т/га. Обычно в агроэкосистемах черноземной зоны Зауралья складывается отрицательный гумусовый баланс. Между тем в модели баланс гумуса должен быть бездефицитным. Этого можно достичь только за счет внесения органических удобрений, в первую очередь навоза, а при его недостатке (средняя насыщенность пахотных почв навозом составляет в Курганской области 2 т/га) – соломы.

Важную роль в достижении благоприятной фитосанитарной ситуации в зерновом агроценозе играет подбор оптимальных способов механической обработки почвы. Способы обработки почвы должны не только обеспечивать формирование оптимального физического режима почв для растений, но и оказывать должное воздействие на видовой состав и биохимическую деятельность почвенной микрофлоры. Возможности управления микробиологической деятельностью почв используются сейчас далеко не достаточно.

В экологически безопасной системе защиты растений одно из ключевых мест принадлежит биологическому методу борьбы (Казаков, 2008). Управление искусственно интродуцированной и естественной полезной микрофлорой нужно рассматривать в перспективе одним из основных способов использования микроорганизмов для защиты растений, хотя вопросы регулирования микрофлоры в настоящее время изучены еще слабо. В этой связи нами в 2002–2005 гг. изучались условия адаптации гриба *Trichoderma lignorum* (основа биопрепарата триходер-

мин) в филлосфере яровой пшеницы и отработывались приемы повышения длительности эффективного действия биоагента в природном местообитании путем выбора оптимальной для гриба экологической ниши и параметров популяции интродуцента.

Предварительными наблюдениями установлено, что низкий титр рабочей споровой суспензии *T. lignorum* (1×10^6 – 2×10^6 спор/мл) не обеспечивает эффективное его закрепление на листовой поверхности злаков. При таком уровне внесения численность популяции гриба падает в течение суток практически до нуля. Поэтому интродукцию биоагента в филлосферу проводили путем опрыскивания растений концентрированной спорово-мицелиальной суспензией. Наблюдения показали, что численность пропагул биоагента в контрольном варианте не превышает в первые 8 суток 2 тыс. клеток/г биомассы колоса, а к 18–20 суткам составляет не более 200–500 спор/г колоса, но полного исчезновения объекта на протяжении 20 суток не происходило, что свидетельствует о лучшей адаптации *T. lignorum* к сложным экологическим нишам.

Динамика численности гриба в варианте «споровая концентрированная суспензия» имела незначительные отличия от контрольного варианта. Существенные отличия в поведении популяции микромицета были характерны для варианта, где на колос наносили спорово-мицелиальную суспензию. Отмечена серия спадов и подъемов численности интродуцента, но обилие объекта никогда не было меньше 10.5 тыс. пропагул/г колоса. Начиная с 14-х суток после постановки опыта численность биоагента стабильно возрастала, достигнув к 20-м суткам первоначальных значений обилия. С использованием методики гербаризированных колосьев была подтверждена способность триходермы успешно осваивать колос злаковых культур и тем самым сужать экологическую нишу фитопатогенных грибов pp. *Fusarium* и *Alternaria* (Патент РФ № 2261271; Евсеев,

2005).

Микологическая экспертиза колосьев пшеницы контрольного варианта (без обработки триходермином) показала, что здесь доминировала альтернания. Доля колосковых чешуй, занятых этим грибом, составляла 100%. Кроме того, встречались грибы р. *Cladosporium* - 6.02%, *Rhizopus* sp. - 0.93%, *Bipolaris* sp. - 0.23%, *Curvularia* sp. - 0.23%, *Fusarium* sp. - 3.94%. В варианте с применением спорово-мицелиальной суспензии триходермы доминирующее положение занимала триходерма - доля колосковых чешуй со спороношением этого гриба составила 76.62%. Полностью были вытеснены из экологической ниши грибы рр. *Bipolaris* sp., *Rhizopus* sp. и *Cladosporium* sp.

Таким образом, использование спорово-мицелиальной суспензии позволяет грибу-антагонисту эффективно адаптироваться в различных экологических нишах (колос, листовая поверхность) в течение длительного периода времени (до 20 суток и более). При этом можно не прибегать к повторным обработкам растений, что важно в экономическом плане и с точки зрения охраны окружающей среды (Патент РФ № 2285406; Евсеев, 2006).

Способность агроэкосистем к саморегуляции, в том числе к адаптивному реагированию на абиотические и биотические стрессы, во многом зависит от их биологического разнообразия. Управление биологическим разнообразием можно осуществлять не только в пределах крупной агроэкосистемы, но и на уровне микроместообитания (филлосфера растения или группы растений). Это так называемое точечное или α -разнообразие, проблема регулирования которого у практиков вызывает наибольший интерес.

Для того чтобы эпифиты выполняли роль надежного барьера на пути фитопатогенных микроорганизмов, необходимо увеличить разнообразие антагонистов, достичь максимально возможной равномерности распределения видовых обилий. Управление фитосанитарным состоянием агроэкосистем

должно быть нацелено на сужение экологических ниш вредных организмов и расширение экологических ниш полезных и нейтральных видов (эпифиты, антагонисты) (Чулкина и др., 1998). Среди конкретных приемов регулирования емкости ниши микроорга-низмов выделим следующие:

1) повышение устойчивости культурных растений за счет модификации их генетического аппарата;

2) увеличение биологического разнообразия агроценозов;

3) повышение сопротивления среды путем улучшения условий для естественного микробного сообщества и активации антагонистов.

Мощным фактором, определяющим структуру ассоциаций микроорганизмов, а также тесноту и характер связей микрофлоры с культурными растениями, являются агрохимикаты. Их действие на популяции микроорганизмов может быть как отрицательным, так и положительным. В значительной степени пестициды влияют на генетическую структуру и эволюцию популяций микроорганизмов. Их неправильное использование ускоряет возникновение резистентных форм.

Была изучена реакция эпифитной микрофлоры листьев яровой пшеницы на гербицид диален, примененный как отдельно, так и совместно с мочевиной (табл.).

Таблица. Разнообразие форм эпифитных бактерий по вариантам опыта (Курган, 1997-1999 гг.)

Варианты	Индекс Шеннона (H)	
	на 2-е сутки	на 10-е сутки
Контроль	1.14	0.98
Диален - 1.5 л/га	0.46	0.98
Диален - 1 л/га + мочев - 5 кг/га	1.14	1.41
Диален - 1 л/га + мочев - 10 кг/га	1.02	1.16

Гербицид действовал на грибное и бактериальное сообщество филлосферы как стрессовый фактор, снижая биологическое разнообразие (индекс Шеннона составил 0.46-0.98) и вызывая отклонения в его структуре. Коэффициент сходства сообщества микромицетов с таковым в контроле-

ном варианте на 2-е сутки был очень низким - 22.2%, доминирующие формы микромицетов представлены только стерильными мицелиями.

Внесение мочевины увеличивало биологическое разнообразие эпифитных бактериальных и грибных популяций. В варианте пестицид + мочевина в дозе 5 кг/га по д.в. коэффициент сходства оставался постоянно высоким, что свидетельствует о стабилизирующем действии мочевины на структуру сообщества эпифитов. Поступление дополнительного источника минерального азота усиливало микробиологическую деятельность, возрастало биологическое разнообразие в филлосфере растений, что приводило к снижению площади поражения листьев болезнями.

Эпифитная микрофлора реагировала на способ применения препарата, что было связано с изменением токсичности листового сока пшеницы, которую определяли на семенах биотеста. При мелкокапельном опрыскивании гербицид лучше задерживался на поверхности листьев, сок становился токсичным уже на вторые сутки после применения препарата. При обычном (крупнокапельном) опрыскивании сок оказался токсичным только на десятые сутки. Соответственно наблюдались изменения в численности и структуре популяций эпифитов.

Полученная в опытах информация, анализ ранее проведенных исследований и обобщение данных литературы (Кожевин, 1989; Круглов, 1991) относительно механизма нейтрализации отрицательного воздействия пестицидов на микробные сообщества позволяют сделать вывод о целесообразности совместного использования пестицидов с внекорневыми подкормками растений азотом для управления динамикой и структурой популяций эпифитной микрофлоры (Патент РФ № 2225112; Евсеев, 2004).

Дополнительный источник минерального азота в виде раствора мочевины способствует переводу экосистемы в ненасыщенное состояние, повышается скорость по-

ступления азота, необходимого для накопления биомассы микроорганизмов и оптимизации структуры и динамики микробного сообщества эпифитов. При этом, как показывают наши наблюдения, нет оснований опасаться существенного размножения (наряду с эпифитными микроорганизмами) фитопатогенных форм и ослабления действия фунгицида.

В заключение рассмотрим возможность целенаправленного регулирования состава ассоциативной микрофлоры и накопления антагонистов фитопатогенов в филлосфере растений за счет подбора сортов. Специфические функции иммуногенетической системы растения, как биоценотического регулятора, определяют качественные и количественные характеристики потока вещества и энергии по цепям питания; специфику взаимодействий консументов и редуцентов различных уровней; специфику их аутоэкологических и популяционных характеристик; закономерности формирования и функционирования консорциев различных типов; направленность и темпы микрорволюционных преобразований в популяциях биотрофов (Вилкова, Конарев, 2010).

Проведенная нами оценка биологического разнообразия, доминирования и сходства ассоциаций эпифитных микромицетов по сортам ярового ячменя с привлечением индексов Симпсона (D), Шеннона (H'), коэффициента сходства Жаккара показала, что комплекс эпифитных микромицетов на сорте Прерия заметно отличался от синузид эпифитных грибов на сортах Московский-3, Омский-86 и Донецкий-8 (оценка по индексу Жаккара - S_j). Степень сходства на уровне 50% установлена для комплексов грибов на сортах Московский-3 и Омский-86, Донецкий-8 и Омский-86. Сорта Прерия и Московский-3 характеризовались высокой степенью сходства комплексов эпифитных грибов. Возможно, это объясняется тем, что в группу доминантов на этих сортах входили дрожжи-криптококки. Оценка степени биологического разнообразия и доминирования ассоциаций микромицетов в филлосфере сор-

тов ячменя по индексу Симпсона и Шеннона также показала, что биологическое разнообразие эпифитных микромицетов было выше на сортах Московский-3 и Прерия ($D=7.1$; $H'=2.5$). Для сортов Донецкий-8 и Омский 86 показатели D и H' составили 6.3-2.4 и 5.9-2.3 соответственно.

Таким образом, сортовые особенности растений сказываются на составе эпифитной микрофлоры, в отдельных случаях способствуя накоплению в филлосфере растений антагонистов возбудителей болезней.

Наше внимание привлекло обилие дрожжей на листьях сортов ячменя Прерия и Московский-3. В литературе имеются данные, что дрожжи могут выступать в качестве антагонистов фитопатогенных грибов благодаря высокой скорости размножения и способности к быстрой колонизации поверхности, создавая дискомфорт для возбудителей болезней. Эпифитные дрожжи обладают также способностью растворять кутины эпидермальных клеток листа. Кутикула становится проницаемой для продуктов клеточного метаболизма, улучшается снабжение питательными веществами микроорганизмов филлосферы, усиливается размножение сапротрофных бактерий, обладающих антагонистическими свойствами (Возняковская, 1969). Антагонистическое действие дрожжей и дрожжеподобных грибов отмечено против возбудителей септориоза злаков (Чулкина, 1991), гнилей и плесеней (Коробко, 1997).

Возможности эпифитных дрожжей в защите филлосферы зерновых культур от экспансии фитопатогенов изучались нами путем проведения комплексных микробиологических и фитопатологических наблюдений за становлением МРА в посевах десяти различных сортов ярового ячменя. По признаку скороспелости все сорта были распределены на три группы: раннеспелые - Донецкий-8, Омский-86; среднеспелые - Прерия, Вереск, Нутанс-776, Омский-90, Уреньга; среднепоздние - Сонет, Челябинский-96, Московский-3. В период вегетации определяли численность эпифитной микрофлоры методом отпечатков двухсантимет-

ровых отрезков листьев на поверхности плотной питательной среды КГА, количество колоний дрожжей и дрожжеподобных грибов. Параллельно выполняли определенные степени развития гелиминтоспориозных пятнистостей листьев.

Невысокий уровень развития полосатой пятнистости был характерен для сортов раннеспелой группы - Донецкий-8 и Омский-86 (1.4-3.8%), среди группы среднеспелых сортов выделялся в течение всех трех лет наблюдений сорт Прерия (4.4-10.6%), а для среднепозднеспелых сортов меньшим уровнем поражения отличался сорт Московский-3 (первые два года степень развития болезни не превышала 10.2%). Однако в 2002 г. степень развития пятнистости составила на этом сорте более 22%. Среднеспелые и среднепоздние сорта в основном поражались листовыми пятнистостями достаточно интенсивно, особенно восприимчивыми были Уреньга и Нутанс 776 (степень развития болезни у растений в фазу выхода в трубку на 2-м ярусе листьев достигала 24%).

Микробиологические анализы выявили высокую частоту встречаемости и обилие дрожжей и дрожжеподобных грибов в филлосфере сортов раннеспелой группы, а также сортов Прерия (среднеспелый, вегетационный период 71-73 дня, по длине вегетационного периода приближается к раннеспелому сорту Донецкий-8) и Московский-3. При этом установлена средней силы отрицательная корреляционная связь между уровнем развития полосатой пятнистости листьев ячменя и обилием в филлосфере дрожжей. Коэффициент корреляции $r = -0.63$, уравнение регрессии: $y = 18.23 - 0.34x$. Можно заключить, что дрожжевая флора в местных почвенно-климатических условиях может быть конкурентом в отношении некоторых возбудителей листовых инфекций.

Примечательно, что больше всего дрожжей накапливается в филлосфере раннеспелых сортов ячменя. И это заслуживает более подробного обсуждения.

Известно, что основной тенденцией в селекционных преобразованиях растений является получение форм с улучшенными

хозяйственно-ценными признаками, обладающих высокой продуктивностью. И в совершенно противоположном направлении работает естественный отбор, преимущественно на адаптивность и устойчивость к факторам окружающей среды. Искусственный отбор на высокую продуктивность (крупные семена, большая биомасса и т.д.) сопряжен с отбором на позднеспелость, так как высокая урожайность может быть реализована только в условиях достаточно длинного вегетационного периода. Для реализации потенциальной продуктивности зерновых культур, например, особенно важна длительность периода налива зерна (Бороевич, 1984).

В процессе domestikации растений подвергается существенной трансформации их иммуногенетическая система, в результате чего снижаются ее защитные функции. Таким образом, селекция растений на высокую продуктивность нередко ведет к значительному ослаблению иммунологических свойств у возделываемых форм растений по сравнению с дикорастущими и к снижению их экологической устойчивости (Павлюшин и др., 2008).

В то же время идут эволюционные процессы и в популяциях фитопатогенов, причем восприимчивость или устойчивость сорта, а также скорость прохождения растением фаз развития существенным образом сказываются на соотношении различных по признаку агрессивности рас в популяции патогена. На хорошо адаптированном к факторам окружающей среды, устойчивом сорте популяция патогена находится в ослабленном состоянии, и развитие болезни имеет депрессивный характер. При этом в популяции патогена преобладают среднеагрессивные и слабо-

агрессивные расы, на долю которых может приходиться от 50 до 70% изолятов (Ван дер Планк, 1972).

Известно, что ослабленная популяция патогена менее конкурентоспособна и у нее появляется больше антагонистов, способных эффективно сдерживать ее. В случае возделывания высокопродуктивного позднеспелого и восприимчивого сорта развитие болезни принимает, как правило, эпифитотийный характер, в популяции возбудителя доминируют высокоагрессивные расы (60-90% от общего числа изолятов), с которыми антагонистам справиться нелегко.

В свете сказанного представляется не случайной отмеченная нами высокая частота встречаемости антагонистической микрофлоры в филлосфере именно скороспелых сортов. Вероятно, отбор на скороспелость способствует селективному накоплению антагонистов, но чаще - меньшей поражаемости фитопатогенами вследствие устойчивости избегания, а в засушливые годы - способности формирования урожайности до периода наибольшего проявления дефицита влаги. С учетом этих особенностей появляется реальная возможность целенаправленного изменения структуры микробных сообществ растений и перехода на экологически безопасную защиту растений за счет внедрения в агроэкосистемы раннеспелых, устойчивых к болезням и засухе сортов. Именно поэтому в концептуальной модели управления ассоциативной микрофлорой зернового агроценоза предусмотрено введение в агроэкосистему таких скороспелых сортов, способствующих расширению экологической ниши антагонистов.

Заключение

Последствия периода глубокого разрушительного кризиса в аграрном секторе России (1992-2000 гг.), приведшего к изменениям систем землепользования во всех регионах страны и фитосанитарной дестабилизации, не были преодолены в последующие 2001-2009 гг., поскольку объе-

мы защищенных пестицидами площадей достигли показателей 1990 г. лишь в 2008-2009 гг. Производственная защита растений в условиях нарушенных севооборотов, низкой доли устойчивых сортов, минимальной обработки почвы и нехватки минеральных удобрений и малотоксичных

для полезной биоты химических препаратов не обеспечила в должной мере требуемое фитосанитарное состояние важнейших сельскохозяйственных культур в Уральском регионе. Это особенно ярко проявилось на фоне периодически повторяющихся засух, высокого радиационного фона, техногенного загрязнения сельскохозяйственных ландшафтов и произошедшей дегумификации почвенного покрова - снижения содержания гумуса с 10-12% в начале XX века до 4-5% и до 2-4% в конце века в пределах лесостепной зоны и колючей степи соответственно.

При этом отмечено существенное ухудшение фитосанитарного состояния посевов за счет изменения видового состава вредных организмов в агробиоценозах и массового распространения болезней, которые ранее либо никогда не попадали в поле зрения специалистов по защите растений (пиренофороз), либо не вызывали особой тревоги (корневые гнили, септориоз, фузариоз колоса). Надо полагать, что массовое распространение вышеуказанных болезней как следствие ослабления их мониторинга, а также возделывание недостаточно устойчивых к засухе сортов - основные причины слабой

реализуемости стратегии адаптивного растениеводства.

На наш взгляд, в настоящее время должна получить развитие концепция экологически безопасной защиты растений, центральными моментами которой являются исследования состава микробно-растительных ассоциаций, формирующихся в современных агроценозах; изучение сукцессионных событий в микробных сообществах; управление популяциями микроорганизмов с использованием преимущественно биологических средств.

Фундаментальной базой этой концепции должно стать, с одной стороны, познание консортных систем в агробиоценозах - видового состава, численности основных физиологических групп микрофлоры в условиях современных агротехнологий и сортовых особенностей взаимоотношений сапротрофов с наиболее вредоносными возбудителями болезней сельскохозяйственных культур; с другой - регулярный биомониторинг структурной и функциональной сторон микробных сообществ, их связей и взаимодействий в природных местообитаниях с целью минимизации информационной неопределенности при принятии управленческих решений.

Литература

- Боревич С. Принципы и методы селекции растений. М., Колос, 1984, 344 с.
- Ван дер Планк Я.Е. Устойчивость растений к болезням // М., Колос, 1972, 254 с.
- Вилкова Н.А., Конарев А.В. Современные проблемы иммунитета растений к вредителям // Вестник защиты растений, 2010, 3, с. 3 -15.
- Возняковская Ю.М. Микрофлора растений и урожай // Ю.М. Возняковская. Л., Колос, 1969, 239 с.
- Гатаулин А.М. Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. МСХА, М., 1992, 2, 192 с.
- Жуков, А.И., Попов П.Д. Регулирование баланса гумуса в почвах. М., Агропромиздат, 1988, 124 с.
- Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция) // ОНТИ ПНЦ РАН, Пушкино, 1994, 148 с.
- Зубков А.Ф. Агробиоценология - методологическая основа фитосанитарной оптимизации агроэкосистем и полевой защиты растений // Научные основы разработки экосистем, устойчивых к биотическим стрессам с оптимальным фитосанитарным состоянием (Методологический сборник) // ВИЗР, СПб, 2005, с. 43-48.
- Казakov А.В. Биологизация АПК РФ - путь к устойчи-
- вому развитию // Фундаментальные аспекты биологии в решении актуальных экологических проблем. Матер. Межд. научно-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. К.В.Горбунова, 10-12 декабря 2008 г., г. Астрахань, 2008, с. 80-93.
- Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М., Колос, 1996, 376 с.
- Кожевин П.А. Микробные популяции в природе. МГУ, М., 1989, 175 с.
- Коробко А.П. Новые возможности микробиометода // Защита и карантин растений, 1997, 5, с. 8-9.
- Круглов Ю.В. Микрофлора почвы и пестициды. М., Агропромиздат, 1991, 128 с.
- Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Попов П.Д. Теория и практика использования органических удобрений. М., 1987, 220 с.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его изменение. М., Мир, 1992, 184 с.
- Никитина З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. Новосибирск, Наука, 1991, 222 с.
- Павлюшин В.А. и др. Индуцированный иммунитет и трансгенные растения в решении проблем оптимизации функционирования агроэкосистем // Индуцированный иммунитет сельскохозяйственных культур - важное

направление в защите растений. Матер. Всерос. научно-практич. конфер., 15-16 нояб. 2006 г. Большие Вяземы, СПб, 2006, с. 22-25.

Павлюшин В.А., Танский В.И. Дестабилизация фитосанитарного состояния земледелия и пути ее преодоления // Вестник защиты растений, 2006, 1, с.8-15.

Павлюшин В.А. и др. Антропогенная трансформация агроэкосистем и ее фитосанитарные, ВИЗР, СПб, 2008, 120 с.

Патент № 2225112 Российская Федерация, МПК7 С2 7 А 01 N 25/32. Способ регуляции структуры популяций микроорганизмов в условиях пестицидного прессинга /Евсеев В.В.; заявитель и патентообладатель Евсеев В.В. № 2002110017; заявл. 15.04.2002; опубл. 10.03.2004. Бюлл., 7, 5 с.

Патент № 2285406 Российская Федерация, МПК7 С2

A01N 63 / 04 C12N 1/14 C12R 1/ 885. Способ интродукции гриба-антагониста *Trichoderma lignorum* в филлосферу растений / Евсеев В.В.; заявитель и патентообладатель Евсеев В.В. № 2004138912; заявл. 30.12.2004; опубл. 10.06.2006, Бюлл., 29, 4 с.

Свистова И.Д., Бабьева Е.Н. Сукцессии микромицетов в выщелоченном черноземе при чередовании агрофитоценозов // Микология и фитопатология. 1990, 24, 6, с. 529-535.

Чернышев В.Б. Экологическая защита растений // Проблемы энтомологии в России: Сборник науч. тр. XI Съезда РЭО (23-26 сент. 1997 г., Санкт-Петербург) / СПб, ЗИН РАН, 1998, II, с. 199-200.

Чулкина В.А. Биологические основы эпифитотии. М., Агропромиздат, 1991, 287 с.

Чулкина В.А. и др. Эпифитотииология (экологические основы защиты растений). Новосибирск, 1998, 198 с.

MODEL OF ECOLOGICALLY SAFE CEREAL PROTECTION AGAINST DISEASES IN AGROLANDSCAPES OF THE URAL REGION

V.V.Yevseyev

The structure of microgerm-plant associations was for the first time defined on cereals for the conditions of the East Urals. A conceptual control model of associate microflora of cereal agroecosystem is offered. It allows introducing early ripening varieties into the agroecosystem, which provides change of biodiversity, broadening of antagonist ecological niche, complex of agrotechnical measures: rotation, fertilizers, top-dressing by nitrogen; control of α -variety of microgerm-plant associations by means of artificial bio-agent introduction into plant phyllosphere and rhizosphere. Original methods of germ organism population monitoring and control of their structure dynamics under pesticide pressure were worked out and introduced.

Keywords: microgerm-plant associations, control model, immunogenetic system, ecological niche, humus balance, antagonist, top-dressing, pesticide pressure.

В.В.Евсеев, д.с.-х.н., vadim.evseev.70@mail.ru

УДК 632.954/98

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕРБИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА И НОРМ РАСХОДА ИХ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Ю.Я. Спиридонов, Н.В. Никитин, В.Г. Пестаков

Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы, Московская обл.

В контролируемых условиях (фитотрон ВНИИФ) с использованием тест-растений подсолнечника и яровой пшеницы проведены опыты по оценке влияния нормы расхода рабочей жидкости с включением в ее состав различных ПАВ на уровень эффективности и скорость абсорбции растениями действующих веществ гербицидных препаратов глифосат-К, ВР китайского производства, горчак, ВР, дротик, ККР и ДФЗсупер, ВР. Показано, что снижение поверхностного натяжения водных растворов испытанных препаратов в ряде случаев приводит к заметному повышению их активности и скорости абсорбции растениями действующего вещества. К тому же, уменьшение нормы расхода рабочей жидкости с 200 до 20 л/га (средний размер капель $d=230$ мкм) как правило не приводит к снижению гербицидной активности препаратов.

Ключевые слова: *поверхностное натяжение, смачиваемость, абсорбция, эффективность, гербициды, опрыскивание.*

Качество распыления рабочей жидкости, смачиваемость и удерживаемость образующихся капель на листовой поверхности обрабатываемых растений зависят от поверхностного натяжения используемых рабочих растворов соответствующих препаративных форм пестицидов (Дунский и др., 1982). Низкое поверхностное натяжение повышает способность к смачиванию листовой поверхности сорняков, лучшему и более быстрому проникновению гербицида через листовую поверхность и проходимость по проводящей системе растения от листьев до корней, тем самым способствует предотвращению возможного смывания активного начала осадками, делает опрыскивание более надежным приемом защитных обработок посевов, а их эффективность - более значимой. Листья большинства растений (сорных и культурных) хорошо смачиваются жидкостями с низким поверхностным натяжением $\leq 40 \cdot 10^{-3}$ Н/м (Дунский и др., 1982). Для уменьшения поверхностного натяжения водных растворов гербицидных препаратов используют водорастворимые поверхностно-активные вещества (ПАВ). Функциональное значение таких ПАВ в составе препаративных форм биологически активных растворов детально рассмотрено во многих работах (Крафтс, 1963).

Эффективность и экономичность практического применения гербицидных препаратов зависят от скорости испарения капель рабочих растворов, т.к. действующее вещество (д.в.) проникает в растение только в жидких средах, когда оно находится на поверхности растения в виде капель раствора или эмульсии.

Общеизвестно, что водорастворимые ПАВ уменьшают скорость испарения капель воды (Иваницкий, Шиманский, 1967). Полученные нами экспериментальные данные согласуются с современной теорией влияния адсорбционно-комплексных поверхностей на скорость испарения капель с различными концентрациями ПАВ (Никитин и др., 2005). В этих опытах с водными растворами ПАВ показано, что скорость испарения капель (по отношению к воде) начинала уменьшаться только при концентрациях ПАВ $\geq 5\%$. Однако такие концентрации не представляют практического интереса из-за их фитоцидного эффекта.

По результатам наших многочисленных вегетационных опытов с водными растворами ПАВ, согласующихся с литературными данными, можно сделать вывод о том, что критическая концентрация используемых ПАВ обычно $\leq 0.2\%$. При более высоких концентрациях ПАВ, превышающих критическую концентрацию

мицеллообразования, поверхностное натяжение раствора остается неизменным, но образовавшиеся мицеллы могут способствовать растворению кутина и частичному удалению из него воска. Это подтверждается результатами наших опытов, показывающих усугубляющее влияние высоких (1-7%) концентраций одного из ПАВ - Adsee C80 W (диметиламинопропиламида кислот кокосового масла) на эффективность водных растворов гербицида фенфиз ВР (Никитин и др., 2005).

Фитоцидное действие высоких концентраций нейтральных неионогенных ПАВ, по мнению специалистов, заключается, скорее всего, в растворении некоторых компонентов кутикулы и повреждении расположенных под ними клеток мезофилла (Дунский и др., 1982). Возможно, это одна из причин, по которой такие ПАВ не применяются в качестве антииспарителей в пестицидных препаративных формах. Значение фактора смачиваемости листьев растений для повышения эффективности биоцидов при опрыскивании известно давно (Мартин, 1930).

Для широкой практики рекомендуются в качестве ПАВ (Каталог 2011 г.) тренд 90 (0.2%) и в последние годы - силвет Голд (0.1%). С целью их сравнительной оценки нами были приготовлены водные (дистиллированная вода) растворы с упомянутыми концентрациями.

По общепринятой методике (Агафонова и др., 1985) с помощью сталагмометра определяли поверхностное натяжение растворов (σ) сравниваемых ПАВ. По результатам наших измерений (среднее по трем повторностям при $T=18-20^{\circ}\text{C}$) для тренда 90 (0.2%) σ оказалось равным $27 \cdot 10^{-3}$ Н/м, для силвета Голд (0.1%) - $22 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а для используемой воды $73 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Общепринятой количественной характеристикой смачивания, зависимой от величины поверхностного натяжения, является величина краевого угла смачивания, образуемого между касательной к поверхности жидкости и поверхности твер-

дого тела (в нашем случае листа растения). В связи с тем, что в реальных условиях смачивание листьев сорных растений в сильной степени зависит от их морфологии и состава поверхностных тканей (пыль, восковой налет, опушенность), а также из-за высокой скорости испарения капель используемых водных растворов, в сравнительных опытах мы определяли не угол смачивания, а коэффициент растекания капель на стандартной гидрофобной поверхности.

С использованием монодисперсного генератора из сравниваемых растворов были получены однородные (коэффициент монодисперсности 0.18) капли с d от 200 до 800 мкм, которые улавливали на стандартные предметные стекла с общепринятым силиконовым покрытием. В этом случае осевшие на стекле капли различных жидкостей имеют правильную форму линз, и отношение диаметра линзы к диаметру сферической капли (коэффициент растекания K) остается постоянным для каждого размера капель используемой жидкости. По общепринятой методике с использованием стереоскопического микроскопа МБС-9 измеряли следы (в водные растворы добавляли краситель) осевших на стеклах капель с целью определения коэффициента их растекания K на таком покрытии.

Диаметр исходной сферической капли водных растворов определяли их улавливанием в иммерсионную среду (при заборе пробы рядом с предметным стеклом устанавливали кювету с касторовым маслом и слоем керосина).

По результатам этих испытаний получены следующие значения K (среднее для 10 капель):

Жидкости	K	σ
Дистиллированная вода	1.6 (1.5-1.65)	$73 \cdot 10^{-3}$ Н/м
Минеральное масло	2.0 (1.8-2.1)	$30 \cdot 10^{-3}$ Н/м
0.2% раствор тренда 90	3.1 (2.9-3.2)	$27 \cdot 10^{-3}$ Н/м
0.1% раствор силвета Голд	3.5 (3.4-3.6)	$22 \cdot 10^{-3}$ Н/м

Измерение σ и K проводили через 1 час и 1 сутки после приготовления растворов, различий не обнаружено.

По результатам сравнительных лабораторных испытаний для снижения поверхностного натяжения водных растворов предпочтительнее использовать ПАВ сильвет Голд.

Как правило, препаративные формы пестицидов имеют в своем составе несколько ПАВ, которые выполняют различные свойственные им функции и обеспечивают максимальную эффективность препаратов. При этом снижение нормы расхода рабочей жидкости (без снижения гектарной дозировки препарата) обуславливает повышение концентрации д.в. препарата в меньшем по объему носителе, в том числе и содержащихся в нем ПАВ, обеспечивающих снижение поверхностного натяжения в рабочей жидкости.

В таблице 1 приведены результаты опытов по влиянию нормы расхода рабочей жидкости (НРРЖ) на поверхностное натяжение водных растворов (дистилли-

рованная вода) испытанных нами гербицидных препаратов. Показано, что препаративные формы большинства гербицидных препаратов с рекомендуемыми дозами 1.5-3 л/га содержат дозы ПАВ, обеспечивающие поверхностное натяжение в требуемых пределах ($\leq 40 \cdot 10^{-3}$ Н/м) при нормах расхода водных растворов рабочих жидкостей в диапазоне 6÷200 л/га. Для повышения гербицидной эффективности препаратов ДФЗсупер ВГР и китайского глифосата-К ВР, характеризующегося наименьшим содержанием ПАВ в препаративной форме, необходимо снизить поверхностное натяжение при всех испытанных НРРЖ, особенно ≥ 50 л/га. Для этих целей к рабочему раствору необходимо добавлять ПАВ. В этих случаях, чем больше рабочего раствора мы используем, тем больше требуется добавлять ПАВ для получения оптимального поверхностного натяжения.

Таблица 1. Влияние НРРЖ (л/га) на поверхностное натяжение ($\sigma \cdot 10^{-3}$ Н/м) водных растворов гербицидных препаратов

Гербицидные препараты	Доза, л/га по препарату	Поверхностное натяжение ($\sigma \cdot 10^{-3}$ Н/м)						
		НРРЖ, л/га						
		6.25	12.5	25	50	100	200	200*
ДФЗсупер ВГР	0.12 л/га	66	68	69	71	72	73	21
Горчак ВГР**	1.5 л/га	25	27	28	30	33	37	
Бестселлер ВДГ	3 кг/га	26	30	31	33	35	37	
Раундап Макс ВР	3 л/га	27	30	31	32	33	35	
Глифосат-К ВР***	3 л/га	53	62	66	69	71	73	21
Спрут-2 ВР	3 л/га	29	30	31	33	35	37	
Спрут Экстра ВР	2 л/га	28	31	33	34	35	37	
Дротик ККР	0.6 л/га	30	33	36	38	34	45	21

*В рабочей раствор добавляли 0.1% сильвета Голд.

**Комплексный гербицид для борьбы с корнеотпрысковыми сорняками, в т.ч. горчаком ползучим.

***Препарат находится в стадии регистрации Госхимкомиссией РФ.

Низкое качество препаративной формы глифосата-К ВР с рекомендуемой дозой 3 л/га может отрицательно сказаться на эффективности его использования. Поверхностное натяжение может существенно влиять и на удерживание капель растением, особенно для вертикально растущих листьев (злаки), которое при уменьшении поверхностного натяжения с помощью ПАВ в интервале от $40 \cdot 10^{-3}$ до $30 \cdot 10^{-3}$ Н/м заметно увеличивается (Соко-

лов, 1970).

Эффективность системных гербицидов в значительной степени зависит от скорости их проникновения в растения. Известно, что абсорбция гербицида вегетирующими растениями зависит от препаративной формы и дозы токсиканта, степени чувствительности растений к токсиканту в различные фазы их развития, а также от особенностей строения покровных тканей. На уровень абсорбции препаратов оказывают влияние и

факторы внешней среды - температура и относительная влажность воздуха во время обработки и после нее.

Снижение поверхностного натяжения водных растворов пестицидов увеличивает их абсорбцию благодаря усиленному удерживанию и расширению поверхности соприкосновения капель с листом (улучшению смачиваемости), а также опосредованному облегчению поступления веществ через устьица (Дунский и др., 1982; Спиридонов, Никитин, 2011), что может быть достигнуто использованием ПАВ (неионогенные, анионные, катионные).

Значительное воздействие на эффективность гербицидов оказывает качество воды, используемой для приготовления рабочих растворов. Особенно важны кислотность (рН), жесткость и наличие посторонних механических примесей. В широкой практике применяют специальные добавки для понижения уровня жесткости используемой воды. Для каждого препарата (или группы препаратов) существуют допустимые границы рН (сульфонилмочевины желательно растворять в воде с реакцией среды, близкой к нейтральной).

Активность и абсорбция системных гербицидов растениями зависят не только от их препаративной формы и свойств рабочей жидкости, но и от качества ее распыления, что особенно важно учитывать при уменьшении размера капель в факеле распыла (Дунский и др., 1975; Никитин и др., 2010).

В связи с этим, в реальной практике опрыскивания посевов гербицидами размер капель рабочей жидкости должен быть минимальным, но достаточным для их оптимальной плотности осаждения и нормального удерживания на целевом объекте при допустимом уровне потерь вследствие их испарения и сноса. Для водных растворов рабочих жидкостей с нормами расхода ≥ 20 л/га мы рекомендуем средний размер капель $d_m = 230 \div 250$ мкм, где 80% по объему составляют капли размером $200 \div 270$ мкм. Такое качество распыления рабочих растворов гербицидов мы и использовали в наших вегетационных опытах.

В условиях полевого опыта влияние ПАВ на активность и скорость абсорбции

гербицидных препаратов с достаточным уровнем достоверности оценить сложно, поскольку для такого исследования требуются строго контролируемые (а лучше регулируемые) условия.

В контролируемых условиях вегетационного опыта (фитотрон ВНИИФ) с использованием тест-растений подсолнечника и яровой пшеницы нам удалось достаточно успешно оценить влияние нормы расхода жидкости в зависимости от содержания в ней различных ПАВ на уровень активности и скорость абсорбции д.в. гербицидных препаратов глифосата-К ВР, горчака ВГР, дротика ККР и ДФЗсупер ВГР. Выращенные тест-растения обрабатывали в фазе двух листочков у пшеницы и в фазе формирования первой пары настоящих листьев у подсолнечника водными растворами гербицидов (НРРЖ - 200 и 20 л/га, средний размер капель ~ 230 мкм) с использованием камерного опрыскивателя ОП-5, оснащенного вращающимся распылителем (Никитин и др., 2010). Плотность покрытия каплями обрабатываемой горизонтальной поверхности при 200 л/га ~ 300 шт/см², при 20 л/га ~ 30 шт/см². При оценке скорости абсорбции обработанные тест-растения через 1, 2 и 3 часа после обработки гербицидными препаратами подвергались искусственному дождеванию на установке ЛДУ-1 (имитировали сильный дождь интенсивностью 0.2 мм/мин, средний размер капель $d \sim 2$ мм, количество осадков 10 мм), и по степени их угнетения судили о токсичной дозе проникающего в растение гербицида (Никитин и др., 2010).

Биологическую эффективность снижения сырой массы тест-растений в % к контролю (без обработки гербицидами) оценивали через 14 суток после обработки по известной зависимости (Спиридонов и др., 2009):

$$C_n = \frac{M_n - M_k}{M_k} \cdot 100,$$

где M_n - средняя по 5 вазонам масса обработанных гербицидами тест-растений,

M_k - средняя по 5 вазонам масса не обработанных гербицидами тест-растений.

Результаты вегетационных опытов приведены в таблицах 2-5.

Таблица 2. Влияние нормы расхода рабочей жидкости на эффективность гербицидных препаратов (ЛИК ВНИИФ, 2012 г.)

Варианты	Доза по препарату, л/га	Снижение зеленой массы тест-растений, % к конт.	
		Норма расхода рабочей жидкости, л/га	
		200	20
<i>яровая пшеница</i>			
Глифосат-К ВР	0.25	16	27
	0.5	31	61
	1.0	58	85
<i>HCP₀₅</i>		4.1	
<i>подсолнечник</i>			
Горчак ВР	0.5	68	79
	1.0	82	92
	<i>HCP₀₅</i>		4.4
ДФЗсупер ВР	0.02	28	30
	0.03	38	40
<i>HCP₀₅</i>		3.9	
Дротик ККР	0.025	53	60
	0.05	62	62
	0.1	66	69
	0.2	79	89
<i>HCP₀₅</i>		4.0	
Дротик ККР +Зингер СП	0.0125		
	+0.000125	52	50
	0.025		
	+0.00025	54	60
	0.05+0.0005	67	82
0.1+0.001	93	100	
<i>HCP₀₅</i>		4.1	
Эстерон КЭ	0.025	53	60
	0.05	62	62
	0.1	66	69
	0.2	70	89
<i>HCP₀₅</i>		3.8	

В таблице 2 приведены результаты опытов по влиянию НРРЖ на уровень биологической активности гербицидных препаратов глифосата-К ВР (360 г/л глифосата к-ты в виде изопропиламинной соли), горчака ВР (88.5 г/л дикамбы к-ты + 88.5 г/л пиклорама к-ты + 177 г/л клопи-

ралида к-ты в виде диметилэтаноламинных (ДМЭА) солей), ДФЗ-супер ВР (359 г/л дикамбы к-ты + 27 г/л метсульфурон-метила к-ты в виде ДМЭА солей), дротика ККР (400 г/л 2,4-Д к-ты в виде 2-этилгексилового эфира), смеси дротика ККР с зингером СП (600 г/кг метсульфурон-метила) и эстерона КЭ (564 г/л 2,4-Д к-ты в виде 2-этилгексилового эфира).

Как свидетельствуют данные таблицы 2, снижение нормы расхода рабочей жидкости с 200 до 20 л/га не приводит к снижению гербицидной активности изученных препаратов. Показано, что без добавки ПАВ в сравниваемых вариантах с уменьшением нормы расхода рабочей жидкости в указанных пределах эффективность глифосатсодержащих препаратов (глифосата-К ВР) и горчака ВР даже заметно увеличивается (возможно, это имманентное свойство используемых ПАВ и д.в.). Для препаратов ДФЗсупер ВР и дротик ККР также отмечено весьма незначительное (в основном статистически недоказуемое) увеличение их эффективности при снижении нормы расхода рабочей жидкости, возможно, именно за счет снижения поверхностного натяжения, связанного с увеличением концентрации препарата (в том числе содержащихся в нем ПАВ) при снижении НРРЖ (табл. 1).

В таблице 3 приведены результаты опытов по влиянию ПАВ на активность гербицидных препаратов глифосата-К ВР и ДФЗсупер ВР также при двух различающихся на порядок нормах расхода рабочей жидкости.

Таблица 3. Влияние ПАВ на активность гербицидных препаратов глифосат-К ВР и ДФЗ-супер ВР при двух нормах расхода рабочей жидкости (ЛИК ГНУ ВНИИФ, 2012 г.)

Варианты	Доза по препарату, л/га	Наличие ПАВ	Поверхностное натяжение водных растворов, $\sigma \cdot 10^{-3}$ Н/м		Снижение зеленой массы тест-растений, % к контролю	
			Норма расхода рабочей жидкости, л/га		200	20
			200	20		
<i>Подсолнечник</i> ДФЗсупер ВР	0.02	Без ПАВ	74	69	28	30
		0.2% тренда 90	27	26	56	60
		0.1% сильвета Голд	22	21	68	66
	0.03	Без ПАВ	73	66	38	40
		0.2% тренда 90	27	26	68	66
		0.1% сильвета Голд	21	21	72	70
<i>HCP₀₅</i>		4.1				

<i>Яровая пшеница</i> Глифосат-К ВР	0.25	Без ПАВ	74	68	16	27
		0.1% силъвета Голд	22	21	37	38
	0.5	Без ПАВ	73	66	31	61
		0.1% силъвета Голд	22	21	87	88
	0.1	Без ПАВ	72	66	53	85
		0.1% силъвета Голд	21	21	97	94
<i>HCP₀₅</i>			4.4			

Снижение поверхностного натяжения за счет ПАВ приводит к значительному повышению эффективности этих препаратов.

В таблице 4 приведены результаты

опытов по влиянию ПАВ на уровень абсорбции и обусловленную ею активность препарата ДФЗсупер ВГР также при двух десятикратно различающихся нормах расхода рабочей жидкости.

Таблица 4. Влияние ПАВ на уровень абсорбции и обусловленную ею активность гербицидного препарата ДФЗ-супер ВГР при двух нормах расхода рабочей жидкости (ЛИК ГНУ ВНИИФ, тест-растение подсолнечник, 2012 г.)

Варианты	Наличие ПАВ	Снижение зеленой массы тест-растений, % к контролю							
		Без дождя	Дождь через						
			1 ч		2 ч		3 ч		
		Норма расхода рабочей жидкости, л/га							
		200	20	200	20	200	20	200	20
Доза ДФЗсупер ВГР, 0.02 л/га	Без ПАВ, $\sigma = 73 \cdot 10^{-3}$ Н/м	28	30	16	18	20	24	24	27
	0.2% тренда 90, $\sigma = 27 \cdot 10^{-3}$ Н/м	56	60	32	30	36	36	46	48
	0.1% силъвета Голд, $\sigma = 21 \cdot 10^{-3}$ Н/м	65	64	36	35	46	46	47	51
	<i>HCP₀₅</i>	4.3							
Доза ДФЗсупер ВГР 0.03 л/га	Без ПАВ, $\sigma = 73 \cdot 10^{-3}$ Н/м	38	40	24	26	24	28	34	36
	0.2% тренда 90, $\sigma = 27 \cdot 10^{-3}$ Н/м	68	66	38	38	42	42	53	55
	0.1% силъвета Голд, $\sigma = 21 \cdot 10^{-3}$ Н/м	72	70	40	40	46	46	59	60
	<i>HCP₀₅</i>	4.1							

Как свидетельствуют данные таблицы 4, снижение поверхностного натяжения приводит к значительному повышению уровня абсорбции и активности препарата ДФЗсупер ВГР. Этот препарат в течение трех ча-

сов проникает в растительные клетки подсолнечника до концентрации, обеспечивающей ~ 30% активность без добавки ПАВ, и до уровня абсорбции, обеспечивающего ~ 60% активность с добавкой ПАВ.

Таблица 5. Влияние периода дождевания на уровень проявления активности препаративных форм гербицидных препаратов горчица ВГР, дротика ККР и эстерона КЭ при двух нормах расхода рабочей жидкости (ЛИК ВНИИФ, тест-растение подсолнечник, 2012 г.)

Препараты	Доза, л/га	Снижение зеленой массы тест-растений, % к контролю							
		Без дождя	Дождь через ...						
			1 ч		2 ч		3 ч		
		Норма расхода рабочей жидкости, л/га							
		200	20	200	20	200	20	200	20
Дротик ККР	0.1	70	80	62	60	66	73	69	75
	0.2	90	94	69	70	79	81	85	90
Горчак ВГР	0.5	68	77	62	70	66	74	67	76
	1.0	82	92	76	85	79	86	81	90
Эстерон КЭ	0.1	66	69	64	56	61	61	62	63
	0.2	74	89	59	61	66	67	68	73

В таблице 5 приведены результаты опытов по оценке скорости проникновения препаративных форм гербицидных пре-

паратов горчица ВГР, дротика ККР и эстерона КЭ и накопления их д.в. в растительной клетке подсолнечника до уровня,

обеспечивающего активность препаратов, фиксируемую при разных периодах времени от момента обработки до первого дождя.

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что дротик ККР и горчак ВГР обладают довольно высокой скоростью абсорбции через поглощающую систему растительной клетки подсолнечника - за 1 час до первого дождя от момента обработки в растении создается концентрация д.в. этих препаратов, достаточная для проявления 75-88% и 91-93% гербицидной активности, соответственно, а через 2 часа после опрыскивания - 86-94% и 93-97%. Последний из них с интервалом от обработки до первого дождя в 3 часа практически сохраняет активность на уровне контроля без дождя. Эстерон КЭ абсорбируется растением несколько медленнее - 82-94% гербицидного эффекта сохраняется к моменту 3-часового интервала от обработки до дождя.

Анализ результатов вегетационных опытов, приведенных в таблицах 2-5, показывает, что во всех сравниваемых вариантах десятикратное снижение нормы расхода рабочей жидкости с 200 до 20 л/га не приводит к сколько-нибудь заметному уменьшению гербицидной активности изученных препаратов, а в ряде случаев даже способствует ее повышению (возможно за счет снижения поверхностного натяжения и увеличения концентрации комплекса д.в. и ПАВ в растворе). Проведенное нами в нескольких климатических зонах многолетнее сравнение уровня эффективности препаратов в полевых условиях показывает, что колебания в нормах расхода жидкости от 200-300 л/га до 5-50 л/га при соблюдении общепринятых требований (плотность покрытия каплями обрабатываемой горизонтальной поверхности ≥ 30 шт/см²) не сказывались на показателях их как биологической, так и хозяйственной эффективности (Никитин и др., 2010).

Из результатов опытов, приведенных в таблицах 3 и 4, следует, что снижение по-

верхностного натяжения водных растворов испытанных гербицидных препаратов во всех сравниваемых вариантах повышает их биологическую активность. В полевых условиях влияние ПАВ следует ожидать более сильным, чем в вегетационных опытах, поскольку известно, что растения, культивирующиеся длительное время в условиях ЛИК, смачиваются гораздо лучше, чем растущие в природных условиях.

Следует особо подчеркнуть, что снижение нормы расхода рабочей жидкости с 200 до 20 л/га приводит не только к увеличению производительности и снижению затрат на опрыскивание, но и уменьшению практически в 10 раз расходов средств на дополнительное использование ПАВ.

При снижении нормы расхода рабочей жидкости увеличивается концентрация гербицидного препарата в растворе, что приводит к увеличению времени нахождения капель препарата на поверхности растения до их полного испарения, а также и периода его активной абсорбции растением. Следует также отметить, что с учетом удорожания горюче-смазочных материалов и постоянно возрастающей проблемой с наличием воды для получения рабочих растворов пестицидов, норма расхода рабочей жидкости является одним из важных моментов технологического регламента применения химических средств защиты растений способом опрыскивания. В связи с тем, что количество используемой рабочей жидкости не гарантирует уровень биологической активности приема опрыскивания, дискуссии о необходимости ее снижения идут во всех странах с развитым сельским хозяйством. Благодаря своей экономичности при сохранении высокой эффективности сниженные нормы расхода рабочих жидкостей должны были бы вытеснить традиционные нормы 200-300 л/га. Однако этого не происходит вследствие многих причин. Одна из основных и нерешенных проблем в том, что все препараты ведущих зарубежных фирм зарегистрированы

с указанием оптимального расхода рабочего раствора 200 л/га для гербицидов и 300 л/га для фунгицидов. В этой связи, снижение нормы расхода рабочего раствора при использовании импортных препаратов вопрос не только технологический, но и юридический - при отступлении от регламента ответственность за эффективность перекладывается на того, кто применяет препарат вне регламента. Официальных рекомендаций зарубежных фирм по малообъемному и ультрамалообъемному опрыскиванию нет. Фирмы (TeeJet, Lechler, Lurmark и др.) разработали и широко рекламируют как стандарт высокого качества опрыскивания инжекторные и антисносные (крупнокапельные $d=500$ мкм) распылители; в рекомендациях фирм указывается, что минимально допустимая густота покрытия каплями обрабатываемой горизонтальной поверхности для гербицидов должна составлять 20-30 шт/см² (международный стандарт ISO). При $d=500$ мкм и плотности покрытия 30 шт/см² необходима и минимальная норма расхода рабочей жидкости ≥ 200 л/га.

В прошлом у нас в стране уделялось большое внимание малообъемному опрыскиванию - в нескольких климатических зонах проводились широкие многолетние исследования уровня биологической и хозяйственной эффективности наземного и авиаопрыскивания вегетирующих растений с нормами расхода рабочей жидкости 10-50 л/га. По результатам исследований планировался переход на малообъемное опрыскивание полевых культур с НРРЖ 25 л/га, и лишь отсутствие пригодных для этих целей серийных штанговых опрыскивателей помешало его внедрению в широкую практику - достаточно распространено было только авиаопрыскивание (Никитин и др., 2005, 2010).

В рекомендуемых регламентах применения отечественных гербицидных препаратов последнего поколения предусмотрено малообъемное и ультрамало-

объемное наземное и авиаопрыскивание, но с обязательным условием, что для стабильного гербицидного эффекта необходима плотность покрытия > 30 шт/см² - для капель $d=250$ мкм, НРРЖ ≥ 20 л/га (Никитин и др., 2010).

В списке пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ в 2011 г., официально рекомендуемая норма расхода рабочей жидкости при наземном способе опрыскивания в большинстве случаев составляет 200-300 л/га.

При авиаопрыскивании разрешается норма 20-50 л/га. Причину такого различия при использовании отечественных препаратов, рекомендованных для малообъемного опрыскивания, объясняют многие годы отсутствием наземной техники соответствующего класса, удовлетворяющей требованиям малообъемного опрыскивания.

В конце 1990-х годов прошлого столетия несколько предприятий новой формации организовали выпуск штанговых опрыскивателей с вращающимися распылителями, обеспечивающими работу с НРРЖ ≥ 15 л/га. Такие опрыскиватели широко используются, особенно в Сибири и Казахстане (Никитин и др., 2010).

Следует отметить, что при недостаточной высокой роли законодательных требований разработка и изготовление этих опрыскивателей в ряде предприятий велись по упрощенной схеме. В последние годы мы участвуем в разработке более совершенной модели опрыскивателя аналогичного типа. Совместно с ООО «Заря» разрабатываются распылители с принудительным инерционным осаждением образующихся мелких капель на целевом объекте (Никитин и др., 2010). Оптимальная норма расхода рабочей жидкости для наземного малообъемного опрыскивания должна быть такой, чтобы одной заправки хватило на полную рабочую смену. Для наиболее распространенных прицепных штанговых опрыскивателей с вращающимися распылителями (средний размер ка-

пель $d=250$ мкм, ширина захвата 24 м, скорость перемещения 8 км/ч, вместимость бака 2000 л) мы рекомендуем НРРЖ ~ 20-25 л/га. Более низкое поверхностное натяжение рабочих жидкостей,

достигаемое с помощью ПАВ, можно рекомендовать как средство существенного (на 30%) уменьшения диаметра капель при их распылении вращающимися распылителями.

Литература

Агафонова Е.И., Карпенко П.Г., Рябина Л.В. Практикум по физической и коллоидной химии. М., Высшая школа, 1985, 167 с.

Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. М., Наука, 1982, 288 с.

Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Монодисперсные аэрозоли. М., Наука, 1975, 188 с.

Иваницкий Г.К., Шиманский Ю.И. Испарение капель растворов поверхностно активных веществ в квазистационарных условиях // Коллоидный журнал, 1967, XXIX, 4, с. 672-676.

Каталог «Препараты для защиты растений». Компания Кемтура, 2011, 39 с.

Крафтс А.С. Химия и природа действия гербицидов. М., Изд-во иностр. лит., 1963, 312 с.

Мартин Г. Научные основы дела защиты растений. М.-Л., Всехипром ВСНХ СССР, 1930, 359 с.

Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Абукиров В.А., Раскин М.С., Кольцов Н.С. Влияние нормы расхода, свойств и качества распыления рабочей жидкости на эффективность и экологическую приемлемость приема опрыскивания посевов сельхозкультур гербицидами //

Научно обоснованные системы применения гербицидов для борьбы с сорняками в практике растениеводства. Матер. Третьего Международного научно-производственного совещания (Голицыно, ВНИИФ, 20-21 июля 2005 г.). Голицыно, РАСХН-ВНИИФ, 2005, с. 542-556.

Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Абукиров В.А. Штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями // Защита и карантин растений, 2005, 5, с. 46-48.

Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М., Печатный Город, 2010, 200 с.

Соколов М.С. Проникновение в растения гербицидов и некоторых других экзогенных веществ // Агрохимия, 1970, 4, с. 135-148.

Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М., Печатный Город, 2009, 252 с.

Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В. Некоторые способы повышения стабильной эффективности глифосатсодержащих препаратов ЗАО «Щелково Агрохим» // Земляробства і ахова раслін, 2011, 4, с. 33-35.

INCREASING EFFICACY AND COST EFFECTIVENESS OF HERBICIDE USE BY OPTIMIZING COMPOSITION OF PREPARATIONS

Yu.Spiridonov, N.Nikitin, V.Shestakov

Experiments were made under controlled conditions (Phytotron VNIIF) with use of sunflower and spring wheat test plants, evaluating the influence of working fluid (including different surfactants) rate of application on the efficiency and speed of absorption by plants of active ingredients of such herbicides as Glyphosate-K, SL (China), Gorchak, WGS, Drotik, CCS and DFZ Super SL. It is shown that the reduction of surface tension of aqueous solutions of tested preparations causes in some cases a significant increase of activity and speed of absorption of herbicide active ingredients by plants. Moreover, the reduction of working fluid rates from 200 to 20 l/ha (with average droplet size $d=230$ microns) does not reduce generally the herbicidal activity of the preparations.

Keywords: surface tension, wettability, absorption, efficiency, herbicide, spraying.

Ю.Я.Спиридонов, д.б.н., spiridonov@vniif.ru

Н.В.Никитин, к.т.н.

В.Г.Шестаков, д.б.н.

УДК 632.936.21(470.2)

МОНИТОРИНГ ТЛЕЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ С ПОМОЩЬЮ ВСАСЫВАЮЩЕЙ ЛОВУШКИ

М.Н. Берим

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Представлены результаты мониторинга тлей с помощью всасывающей ловушки на территории Ленинградской области. Выделены наиболее распространенные виды. Показана динамика численности различных видов по годам и на протяжении сезонов, а также возможность использования полученных результатов при составлении прогноза численности черемухово-злаковой тли.

Ключевые слова: мониторинг, всасывающая ловушка, виды, численность тлей.

Подотряд Aphidinea (тли) - достаточно многочисленная группа насекомых. На территории Северо-Запада европейской части России известно более 235 видов (Шапошников, 1964). С биологической точки зрения это очень интересная группа: в сложном жизненном цикле чередуются девственные поколения с обоеполым, живорождение с откладкой яиц, резко выражен полиморфизм, имеют место сезонные миграции особей со сменой хозяев. Обладая высокой миграционной активностью, большой плодовитостью, тли при благоприятных экологических условиях могут быстро наращивать численность. Поскольку часть видов тлей живет на хозяйственно важных растениях, они экономически значимы. При сильном повреждении тлями растения могут отставать в росте, листья и стебли деформируются, желтеют, урожайность существенно снижается. Мониторинг наиболее опасных видов тлей позволяет предвидеть их массовое размножение.

Наблюдения за численностью тлей в России ведутся с начала XX века. Н.А.Холодковский (1908) изучал тлей на мотыльковых растениях; А.К.Мордвилко (1915,1921) - динамику численности гороховой тли *Acyrtosiphon pisi* Kaltentbach, а также злаковых тлей. Изучали, в основном, хозяйственно-значимые виды тлей: черемухово-злаковую *Rhopalosiphum padi* L., большую злаковую *Sitobion avenae* F., обыкновенную злаковую *Schizaphis graminum* Rond., гороховую

Acyrtosiphum pisum Harr., картофельную *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, яблонную *Aphis pomi* de Geer, капустную *Brevicoryne brassicae* L., бобовую *Aphis fabae* Scop., персиковую тлю *Myzodes persicae* Sulzer (Морошкина, 1930; Божко, 1950; Мамонтова, 1953; Горшевицова, 1971; Лытаева, Немчин, 1972; Матов, 1972; Бобрышев и др., 1972; Дудник, 1981; Ахмедова, 1983; Столяров, Баржадзе, 1993).

Использовались разные методы мониторинга: подсчет насекомых на модельных растениях, отлов энтомологическим сачком, специальными чашками Мерики, желтыми клейвыми ловушками (Берим, Персов, Токарев, 1999; Берим, Радченко, 2002а; Берим, Радченко, 2002б). Полученные сведения не во всех случаях давали достаточную информацию об афидофауне в различных регионах России.

В то же время в странах Западной и Восточной Европы, в США, Канаде уже несколько десятилетий с целью мониторинга тлей используются всасывающие ловушки, в которых происходит захват и фильтрация воздушной массы. Тли хорошо переносятся воздушными потоками, поэтому активно засасываются в ловушку. Конструкция такой ловушки была разработана в 1964 году на Ротамстедской опытной станции. Стандартная ловушка приводится в действие электродвигателем мощностью 0.8 Кват и имеет высоту 12.2 м. К 2000 году европейская сеть объединяла 73 всасывающие ловушки, размещенные в 19 странах: 16 ловушек - в Великобрита-

нии, 11 - во Франции, 8 - в Швеции (Фролов, 2006). Подобные ловушки позволяют судить не только о сроках появления насекомого, но и о его численности.

В 2002 году впервые подобная ловушка была установлена в г. Пушкине (Санкт-Петербург) на опытном поле Всероссийского НИИ защиты растений, что позволило осуществлять регулярные наблюдения за численностью различных видов тлей на территории центральной части

Ленинградской области и делать более точные прогнозы видов - вредителей сельскохозяйственных растений.

В задачу наших исследований входило: выявить наиболее часто отлавливаемые ловушкой виды тлей в течение всего периода наблюдений; оценить показатели численности вредоносных видов на протяжении нескольких вегетационных сезонов для составления прогноза динамики их численности

Методика исследований

Стационарная всасывающая ловушка используется нами уже десять лет. Она окружена посевами зерновых, картофеля, капусты, бобовых, моркови, свеклы. Поблизости расположены следующие породы деревьев: береза, липа, пихта, сосна. Чуть далее 500 м от установленной ловушки - плодовый сад.

Подключение всасывающей ловушки осуществляется в конце апреля, отключение - во второй декаде октября. Период наблюдений корректируется дневными температурами выше 10°C. Материал от-

бирается три раза в неделю. Определение тлей проводится на аспирированном в 70% этаноле материале (Шапошников, 1964; Remaudiere, Seco Fernandez, 1990).

Определение тлей до вида проводилось по рабочей коллекции ВИЗР, подтвержденной куратором зоологического музея университета г. Лунда (Швеция) Роем Даниэльсоном (Roy Danielsson) в 2003 году, за что выражаем ему искреннюю признательность.

Результаты исследований

За девять лет исследований отловлены с помощью ловушки следующие виды тлей: *Hyalopterus pruni* Geoffroy, *Aphis fabae* Scopoli, *Sitobion avenae* Fabricius, *Liosomaphis berberidis* Kaltenbach, *Rhopalosiphum padi* Linnaeus, *Rhopalosiphum insertum* Walker, *Anoecia corni* Fabricius, *Tetraneura ulmi* Linnaeus, *Brachycaudus helichrysi* Kaltenbach, *Cavariella theobaldi* Gillette et Bragg, *Lipaphis erysimi* Kaltenbach, *Acyrtosiphon pisum* Harris, *Myzus persicae* Sulzer, *Aulacorthum solani* Kaltenbach, *Myzus cerasi* Fabricius, *Macrosiphum rosae* Linnaeus, *Elatobium abietinum* Walker, *Cryptomyzus ribis* Linnaeus, *Brevicoryne brassicae* Linnaeus, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, *Phorodon humuli* Schrank, *Ovatus insitus* Walker, *Brachycaudus cardui* Linnaeus, *Betulaphis quadrituberculata* Kaltenbach, *Euceraphis punctipennis* Zetterstedt, *Chaitophorus leucomelas* Koch, *Tuberculatulus annalatus* Hartig, *Myzaphis rosarum* Kaltenbach, *Myzocallis castanicola* Baker, *Metopolophium dirhodum* Walker, *Pterophyllus aceris* Linnaeus, *Hyperomyzus lactucae* Linnaeus, *Megoura viciae* Bucker,

Aphis craccivora Koch, *Amphorophora rubi* Kaltenbach. Всего выявлено 35 видов. Кроме того, отмечались представители родов *Pemphigus*, *Mindarus*, *Trama*, *Dysaphis*, *Nasonovia*, *Diuraphis*, *Uroleucon*, *Rhopalosiphoninus*, *Macrosiphoniella*, *Lachnus*, *Cinara*. Виды, чаще других отмечаемые во всасывающей ловушке, приведены в таблице.

Численность представленных видов варьирует по годам. Более всего она меняется у видов *E. punctipennis* (коэффициент вариации - 50.12%), *T. annalatus* (52.49%). Менее изменчива *Rh. padi*, *B. helichrysi* (36.5%, 39.7%). Относительно стабильны *S. avenae* (21.3%), *A. corni* (24.18%), *Cinara sp.* (24.63%). Наиболее обилен вид *E. punctipennis* (наибольшая численность в 2005 и 2010 гг.), распространен повсеместно: на севере до Хибин, на Кавказе, в Сибири, Приморье. Взрослые партеногенетические особи - только крылатые. Питается на молодых листочках березы *Betula davurica*, *B. lutea*, *B. mandshurica*, *B. platyphylla* и др., иногда на соцветиях. Отмечались случаи питания насекомых на других растениях. Отрождение личинок

самок-основательниц наблюдается в апреле; наибольшая численность - в июне, в июле -

августе она спадает. В октябре - ноябре появляются крылатые самцы и бескрылые самки.

Таблица. Виды тлей, наиболее часто отлавливаемых всасывающей ловушкой (2002-2010 гг.)

Виды	Численность тлей по годам									Всего	
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	шт.	%
<i>A. pisum</i> Harr.	14	7	14	2	4	3	1	2	1	48	0.68
<i>A. corni</i> F.	303	94	191	134	52	95	51	57	64	1041	14.85
<i>A. rubi</i> Kalt.	0	0	11	0	6	1	1	0	0	19	0.27
<i>Aph. fabae</i> Scop.	4	6	8	19	7	10	19	2	2	77	1.1
<i>B. cardui</i> L.	0	0	3	0	2	4	2	2	0	13	0.19
<i>B. helichrysi</i> Kalt.	6	7	34	0	8	21	1	8	0	85	1.21
<i>C. theobaldi</i> Gil.	10	14	24	12	7	6	4	8	0	85	1.21
<i>Cinara</i> spp.	38	43	31	124	100	36	7	35	37	451	6.43
<i>E. punctipennis</i> Zett.	1	641	58	1471	45	20	24	8	1203	3471	49.51
<i>H. pruni</i> Geoff.	54	20	14	33	19	7	3	2	31	183	2.61
<i>L. berberidis</i> Kalt.	6	1	8	19	2	1	1	3	0	41	0.58
<i>L. erysimi</i> Kalt.	10	4	36	71	32	10	28	6	0	197	2.81
<i>M. rosae</i> L.	7	2	16	4	11	0	6	3	0	49	0.7
<i>M. rosarum</i> Kalt.	2	3	0	0	8	1	2	0	0	16	0.23
<i>M. cerasi</i> F.	6	9	4	3	6	2	0	0	0	30	0.45
<i>Phumuli</i> Schrank	17	1	0	0	2	2	4	2	0	28	0.4
<i>Rh. insertum</i> Walk.	0	39	23	19	7	7	0	2	5	102	1.45
<i>Rh. padi</i> L.	7	248	118	92	56	71	9	19	31	651	9.9
<i>S. avenae</i> F.	20	14	12	9	6	7	4	28	8	108	1.54
<i>T. annalatus</i> Hart.	0	3	18	62	1	19	9	14	148	274	3.91

Далее по частоте встречаемости можно выделить *A. corni* (серая свидинно-злаковая тля). Максимальная численность отмечена в 2002 году. Встречается практически повсеместно: на Северо-Западе европейской части России, в ЦЧП, Поволжье, Сибири, Приморье, на Кавказе. Яйца зимуют на почках свидины, затем отродившиеся личинки переходят на листья. Крылатые мигранты покидают первичного хозяина с середины мая и поселяются на стеблях злаковых трав. Отрожденные ими личинки переползают на корни, где питаются.

Следующий в списке вид тли *Rh. padi* (обыкновенная черемуховая или черемухово-злаковая). Один из наиболее опасных вредителей на зерновых культурах. Распространен на территории России повсеместно вплоть до Хибин, в Сибири, Приморье. Наибольшая вредоносность проявляется в лесной и лесостепной зонах. Первичным хозяином является черемуха (*Padus racemosa*). В зоне наибольшей вредоносности массовое отрождение ли-

чинок бескрылых партеногенетических самок из яиц обычно наблюдается в апреле. В конце мая - начале июня имеет место миграция на зерновые культуры; наибольшая численность насекомых приходится на июнь. Со второй половины августа происходит ремиграция на первичного хозяина. Появляются крылатые самцы и самки-полоноски, оплодотворенные яйца откладываются на почки черемухи.

T. annulatus (дубовая тля) встречается в России практически повсеместно: Северо-Запад европейской части, ЦЧП, Кавказ, Сибирь, Приморье. Взрослые - только крылатые особи, концентрирующиеся на нижней поверхности листьев и почках дубов *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. castaneifolia*, *Q. pontica* и др. Образует значительные колонии.

H. pruni (сливовая опыленная тля) встречается повсеместно в зоне возделывания главных кормовых растений - сливы, алычи, абрикоса, персика. Основная вредоносность наблюдается в Нижнем Поволжье, на Северном Кавказе. Зимуют

яйца на молодых побегах сливы, алычи, персика, абрикоса. Отрождение личинок самок-основательниц в основной зоне вредоносности наблюдается в марте-начале апреля. Вид является факультативным мигрантом, его вторичными хозяевами считаются растения из родов *Phragmites*, *Calamagrostis*, *Elymus*, *Typha*, *Carex*. Основная миграция на вторичного хозяина отмечается в мае, наибольшая численность наблюдается в июне. В июле из-за жары количество насекомых заметно уменьшается, в дальнейшем с середины августа опять возрастает. Тля образует большие колонии как на первичном хозяине, так и на вторичном. В августе начинается миграция сливовой опыленной тли на первичного хозяина.

S. avenae (большая злаковая тля) распространена повсеместно на территории России, на север - вплоть до Хибин. Вредит на Кавказе, в Сибири, на Дальнем Востоке. Насекомое зимует в стадии яйца на посевах озимых, а также диких злаках. В зоне основной вредоносности массовое отрождение личинок обычно наблюдается в апреле, миграция на зерновые культуры - в мае - июне. Вредитель питается сначала на озимых, а затем и на яровых культурах. Его максимальная численность приходится на фазы колошения, молочной и молочно-восковой спелости. Тли относительно подвижны и больших колоний не образуют. В сентябре при появлении всходов озимых культур происходит лет тлей на эти поля из мест летних резерваций. В конце сентября - октябре появляются полоноски, которые «живородят» самцов и самок.

Динамика отлова тлей существенно варьировала как по годам, так и на протяжении вегетационного сезона. Первые тли чаще наблюдались во второй декаде мая. Первоначально насекомые были малочисленны, количество регистрируемых видов ограничено. Первый появляющийся вид - *E. punctipennis*, в отдельные годы дававший высокую численность в мае-июне. Встречался на протяжении всего сезона, но в меньшем количестве. Чуть

позже выявлялись *Rh. padi* и *M. cerasi*. Жизненный цикл первого указанного вида приурочен к раннему распусканию листьев берез. Обыкновенная черемуховая тля в третьей декаде мая мигрирует с черемухи на злаки. В отдельные годы численность этого вида в мае весьма значительна, что предполагает миграцию на зерновые культуры большого количества насекомых. Особи этого вида появляется в ловушке на 7-10 дней раньше, чем его отмечают на полях. Полученные данные позволяют заблаговременно оповещать производство и вовремя проводить защитные мероприятия. По данным Ленинградской СТАЗР, а также собственным многолетним полевым наблюдениям подобные вспышки в Ленинградской области бывают раз в 4-7 лет.

Лет тлей в июне существенно активизируется. Расширяется круг видов, увеличивается их численность. Это *R. insertum*, *M. persicae*, *M. cerasi*, *C. theobaldi*, *A. rubi*, *A. fabae*, *T. annulatus*, *L. erysimi* и другие; если в июне отмечался пик численности обыкновенной черемуховой тли, то в июле регистрировали лишь отдельные особи.

Для июля характерно большое разнообразие отлавливаемых видов. Это *A. pisum*, *S. avenae*, *M. rosae*, *L. erysimi*, *C. theobaldi*, *M. persicae*, *M. dirhodum*, *B. helichrysi*. Встречались особи родов *Hyperomyzus*, *Dysaphis*, *Lisomaphis* и других.

В августе добавлялись *H. pruni*, *B. brassicae*, *M. euphorbiae*, *M. viciae* и другие. Важно отметить, что в это время активизировался лет насекомых, обитающих на хвойных деревьях из родов *Cinara*, *Mindarus*.

Как указывалось выше, вблизи ловушки растут пихты и сосны, соответственно присутствуют и питающиеся на них тли, отмечаемые в ловушке весь сентябрь и октябрь.

В конце августа появляются крылатые особи *Rh. padi*, что может быть связано с началом их ремиграции на первичного хозяина - черемуху. Этот процесс наблюдался в сентябре - октябре, вплоть до

наступления холодов. В теплые годы подобная миграция может наблюдаться и в ноябре, на что следует обратить особое внимание, поскольку это может быть важно для осеннего прогноза вредителей.

В соседней Скандинавии, где размещена сеть всасывающих ловушек, обнаружено около 600 видов тлей. Наиболее распространены *Rh. padi*, *E. punctipennis*, *H.*

pruni, *Aph. fabae*, *S. avenae*, *B. helichrysi*, *C. aegopodii*, *A. pisum*, *M. persicae*, *A. solani*, *M. cerasi*, *B. brassicae*, *M. euphorbiae*, *Aph. nasturtii*, *Aph. frangulae* (Danielsson, 2003; Sigvald, Linblad, 2003).

Динамику отлова тлей на протяжении вегетационного сезона рассмотрим на экономически значимых видах *Rh. padi* и *S. avenae* (рис.).

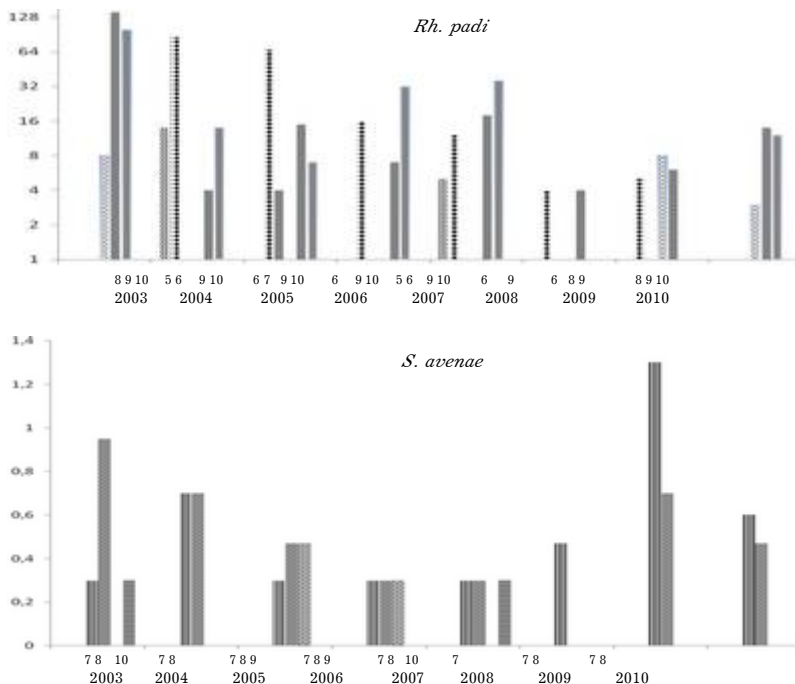


Рис. Динамика численности ($\lg(x+1)$) обыкновенной черемуховой (сверху) и злаковой тлей 5- май, 6- июнь, 7- июль, 8- август, 9- сентябрь, 10- октябрь

Ежегодно пик численности вида *Rh. padi* приходился на июнь (миграция на злаковые культуры), а также на сентябрь, октябрь (ремиграция на первичного хозяина). Наибольшая численность вредителя отмечалась в 2003, 2004 и 2005 гг. В 2003 г. наблюдалась сильная ремиграция насекомых на первичного хозяина, в 2004 и 2005 - интенсивное заселение зерновых культур в июне. Количество насекомых на полях в 2004 году составило в среднем 5-12 особей на 1 растение (заселенность 50-65% растений), в 2005 - 7-15 особей на растение при заселении 50-72% растений.

Многолетние наблюдения показали,

что важнейшим фактором, влияющим на численность фитофага, является температура воздуха. Коэффициент корреляции между количеством особей *Rh. padi* и суммой эффективных температур колебался по годам от 0.37 до 0.82. Наибольшее значение он имел в годы с высокой численностью фитофага. Для этого вида чрезвычайно важны температуры воздуха апреля, мая, июня. Они корректируют и сроки отлета вредителя на посевы зерновых культур, и численность насекомых.

Ежегодно осенью и весной нами проводился подсчет числа яиц, отложенных на

зимовку данным видом на черемуху, на основе которого строился предварительный прогноз численности. В 2001 и 2003 гг. зимующий запас был относительно невелик (менее 50 яиц на 100 почек при заселении 20-50% и 25-52% кустов). Среднесуточные температуры воздуха апреля и мая 2002 года были выше среднесезонных на 2.3°C и 2.5°C. Численность злаковых тлей на полях зерновых культур доходила до 30-70 особей на одно модельное растение при заселении 90-100% растений. Даже при небольшом зимующем запасе, теплые апрель и май способствовали быстрому размножению насекомых. В 2004-2006 гг. наблюдалась теплая затяжная осень. На кусты черемухи самками было отложено значительное количество яиц (в среднем 49, 55, 43 на 100 почек, соответственно, при заселении 38-70%, 49-85%, 27-46% кустов). В последующие за ними годы следовало ожидать существенное повышение численности вредителя, однако сильные и продолжительные заморозки в 1-2 декадах мая (до -10°C и ниже) замедлили размножение объекта, количество тлей на одно модельное растение варьировало от 1 до 15 особей.

Заключение

За девять лет исследований с помощью всасывающей ловушки нами определено 35 видов тлей. К группе наиболее часто встречаемых можно отнести *E. punctipennis*, *Rh. padi* L., *A. corni*, *T. annalatus*, *L. erysimi*, *H. pruni*, *S. avenae*. Преобладали различные виды тлей как по годам, так и по периодам вегетационного сезона. Так, в мае это вид *E. punctipennis*, в июне - *R. padi*, в июле-августе значительной численности достигали виды *S. avenae*, *L. erysimi*, *C. aegopodii*, *H. pruni* и др. В сентябре значительно возрастала численность вида *A. corni*, видов рода *Cinara*.

Для сельскохозяйственных культур наиболее вредоносны тли *Rh. padi*, *S. avenae*, *H. pruni*. Особое значение имеет черемухово-злаковая тля (она же - обыв-

Первые особи большой злаковой тли появлялись на зерновых посевах во второй половине июля. Они питались на цветах и молодых колосьях. В ловушке они были отмечены в начале июля. Пик численности приходился на июль. Относительно большое количество насекомых выловлено в 2003, 2004, 2009 гг. В 2009 г. на 1 модельное растение в посевах пшеницы приходилось до 9 особей большой злаковой тли. Этот показатель находится на уровне порога вредоносности (Танский, 1985). Вообще, численность данного вида не настолько высока, как обыкновенной черемуховой тли. В 2003 г. их было 5-6 особей на 10 растений, в 2004 г. - 3-5.

Лет мигрантов *Rh. padi* начинается обычно в середине мая. Исходя из полученных результатов предполагаем, что, если с середины мая до конца первой декады июня во всасывающей ловушке отлавливается не менее 60 особей, то на полях следует ожидать повышенную численность вредителя, более 100 - вспышку массового размножения. Если в сентябре-октябре число отловленных тлей более 100, можно ожидать повышение численности фитофага в следующем году.

новенная черемуховая) как переносчик опасной вирусной инфекции. Миграция данного вида на поля наблюдается в середине мая - начале июня, причем ранняя миграция сопровождается ростом численности. Важен контроль за количеством вредителя во всасывающей ловушке в миграционные периоды. Если в мае-июне число насекомых более 60, а в сентябре-октябре - более 100, следует ожидать активной миграции насекомых, в первом случае - на поля, во втором - на черемуху.

Существенное влияние на численность тлей оказывает температура воздуха. Повышенные для Северо-Запада РФ температуры стимулируют непосредственное развитие популяций данных насекомых и их миграционную активность. Коэффициент корреляции между суммой эффек-

тивных температур и количеством особей *Rh. padi* колебался по годам от 0.37 до 0.82. Наивысшее значение он имел в годы высокой численности фитофага. Для вида *Rh. padi* наиболее важны температуры воздуха апреля - мая. Они коррек-

тируют и сроки лета вредителя на посе- вы зерновых культур, и численность насекомых. Высокая численность тлей отмечалась в годы со среднемесячными температурами за этот период на 2.3- 2.5°C выше среднемноголетних.

Литература

- Ахмедова М.Х. Динамика численности зеленой яб- лоневой тли и регулирующие ее факторы // Известия Академии наук Таджикской ССР, 1983, 26, с. 71-75.
- Берим М. Н., Персов М. П., Токарев Ю.С. Особенности жизнедеятельности и структуры популяции большой злаковой тли на территории Ленинградской области // Научные труды СПГАУ, 1999, с. 64-70.
- Берим М.Н., Радченко Е.Е. Диагностика и методы учета злаковых тлей. Методические рекомендации. М., Росинформарготех, 2002а, 23 с.
- Берим М.Н., Радченко Е.Е. Мониторинг злаковых тлей // В кн.: Методы мониторинга и прогноза развития вредных организмов. М., изд. РАСХН, 2002 б, с. 34-41.
- Бобрышев Ф.И., Чмулев В.М., Удовицкий А.С., Заха- ров А.И. Динамика лета тлей на посадках картофеля. // Сб. науч.трудов Ставропольского с.х. института, 1972, с. 102-105.
- Божко М.П. К фауне тлей Харьковской и Сумской об- ластей // Труды НИИ биологии Харьковского государ- ственного университета, 1950, 14-15, с.184-187.
- Горшевикова О.Л. Динамика сезонной популяции гороховой тли на горохе в Татарии и метеорологические условия // Труды Казанского с.х. института, 1971, 68, с. 116-119.
- Дудник Г.Ф. Фенология и прогноз большой злаковой тли в условиях Винницкой области. // Научные труды УСХА, 1981, с.149-151.
- Лытаева Г.К., Немчин Ф.И. Динамика численности крылатых тлей на картофеле в Молдавской ССР // Защита овощных растений. Сб. науч. трудов Молдавского НИИ орошаемого земледелия и овощеводства, 1972, с. 96-98.
- Мамонтова В.А. Тли сельскохозяйственных культур правобережной лесостепи УССР // Труды института зоо- логии АН УССР, 1953, с. 62-63.
- Матов Г.Н. Биологические особенности бобовой тли (*Aphis fabae* Scop.) и меры борьбы с ней в Москов- ской области // Известия Тимирязевской сельскохозяй- ственной академии, 1972, 1, с. 166-175.
- Мордвилко А.К. Гороховая тля *Acyrtosiphon* (*Siphophora*) *pisi* Kaltendbach. Труды бюро по энтомологии Учредит. Комитета ГУЗ и 3, 1915, 8, 3, 60 с.
- Мордвилко А.К. Злаковые тли (*Aphidoidea*) // Известия об- ластной станции защиты растений от вредителей, 1921, 3б, с. 1- 72.
- Морошкина О.С. Злаковая тля (*Toxoptera graminum* Rond.) (Биология, экология, испытание мер борьбы). Ро- стов на Дону, 1930, 60 с.
- Столяров М.В., Барджадзе Л.А. Динамика и вредо- носность персиковой тли (*Myzus persicae*) в Восточной Грузии // Материалы X съезда ВЭО, 1993, с. 154-155.
- Танский В.И. Применение экономических порогов вредоносности главнейших вредителей основных сель- скохозяйственных культур. Методические указания. Ле- нинград, ВИЗР, 1985, 27 с.
- Фролов А.Н. Насекомые в агроценозах. Всасывающая ловушка для мониторинга тлей // www.vizrspb.chat.2006.ru/index-r.htm
- Холодковский Н.А. К биологии тлей мотыльковых рас- тений. Русское энтомологическое обозрение, 1908, 2-3, 9 с.
- Шапошников Г.Х. Подотряд Aphidinea - тли // Определитель насекомых европейской части СССР, 1964, 1, с. 489-616.
- Danielsson R. Aphid distribution // Plant protection confe- rence, 2003, Uppsala, p. 117-123.
- Remaudiee G., Seco Fernandez M.V. Claves de pulgones alados de la region Mediterranea. Universidad de Leon, 1990, 2, 205 p.
- Sigvald R., Lindblad M. Forecasting aphids on cereals, oilseed rape, sugar beet and potatoes in Sweden // Plant pro- tection conference, 2003, Uppsala, p. 135-139.

MONITORING APHIDS IN THE NORTH WEST OF RUSSIA WITH SUCTION TRAP

M.N.Berim

Results of monitoring aphids with a suction trap in the Leningrad Region are present- ed. The commonest species are allocated. Long-term and seasonal population dynamics of some species are shown. The possibility of forecasting *Rhopalosiphum padi* density by use of the results is demonstrated.

Keywords: monitoring, suction trap, aphids, *Rhopalosiphum padi*, population dynam- ics.

М.Н.Берим, к.б.н., berim_m@mail.ru

УДК 595.754(571.51)

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КЛОПА ВРЕДНАЯ ЧЕРЕПАШКА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

В.В. Нейморовец*, Л.И. Проценко**

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

**Северский отдел Филиала ФГУ «Российский сельскохозяйственный центр»
по Краснодарскому краю

Дается анализ численности клопа вредная черепашка на полях Краснодарского края за последние 30 лет. На основании литературных данных и собственных наблюдений показано, что на протяжении этого периода в регионе практически ежегодно наблюдается стабильно высокая численность вредителя на полях, достигающая или превышающая ЭПВ. В течение этого периода средняя численность вредителя в местах зимовки весной колебалась незначительно по сравнению со средней численности в местах зимовки осенью.

Ключевые слова: пшеница, вредная черепашка, *Eurygaster integriceps*, динамика численности популяции, прогноз численности вредной черепашки, экономический порог вредоносности, места зимовки, Краснодарский край.

Клоп вредная черепашка входит в число особо опасных вредителей сельскохозяйственных культур на территории России и является одним из самых опасных вредителей пшеницы во всех основных районах возделывания этой культуры. Численность вредителя на посевах зерновых культур в Краснодарском крае удаётся более или менее сдерживать применением инсектицидов и тем самым получать относительно качественный урожай. Вместе с тем, согласно результатам учётов численности на разных стадиях развития вредителя Филиала ФГУ «Россельхозцентр» по Краснодарскому краю динамика численности вредной черепашки на

территории региона за последние 30 лет почти постоянно находится между фазами «Подъём численности» и «Массовое размножение» с некоторыми колебаниями в отдельные годы. Об этом свидетельствуют также объёмы обработок (Распространение основных вредителей и болезней ..., 2002-2010, материалы отчетов краевой СТАЗР «Краснодарская», 1982-2006). В создавшейся ситуации необходимость анализа динамики численности вредителя за этот период времени стала очевидной. Мы попытались провести его с использованием ряда количественных показателей состояния популяции по годам.

Методика исследований

Материалом для написания статьи послужили 1) информация из отчетов Краевой станции защиты растений «Краснодарская» за период с 1982 по 2006 гг.; 2) данные, опубликованные Филиалом ФГУ «Россельхозцентр» по Краснодарскому краю (Распространение основных вредителей и болезней..., 2002-2010); 3) сведения, предоставленные в рамках Договора о творческом сотрудничестве по проблемам мониторинга фитосанитарной ситуации и прогнозам развития и распространения особо опасных вредителей сельскохозяйственных растений между ФГУ «Россельхозцентр» и ВИЗР (2009); 4) температурные показатели периода зимовки вредной черепашки за последние 12 лет (<http://krasnodarmeteo.ru/archive.php> и <http://krasnodar-meteo.ru/krasnodar>); 5) авторские наблюдения и сборы.

Динамика численности личинок вредителя за исследуемый период рассматривалась для территории

всего Краснодарского края. Также использовались данные ФГУ «Россельхозцентр» по Краснодарскому краю о содержании липидов у зимующих клопов из урочища «Ильская дача» (Распространение основных вредителей и болезней..., 2002-2010, материалы отчетов краевой СТАЗР «Краснодарская», 1987-2006). Методика остается практически неизменной с начала 1990-х гг. Суть метода в следующем. Выборка клопов из мест зимовки разделяется на самцов и самок, количество экземпляров - не менее 25 для обеих подвыборок. Затем клопы каждой подвыборки взвешиваются (определяется масса живых клопов, сырой вес). Далее подвыборки высушиваются до постоянной массы и опять взвешиваются (определяется масса клопов до экстракции, вес абсолютный сухой). После этого клопов помещают в эфир и выдерживают в нем около 10 часов. Далее клопы извлекаются из эфира и высушиваются до постоянной массы. Затем подвыборки опять взвешиваются (определяется

масса клопов после экстракции). Содержание липидов (в % от массы тела) определяют по формуле:

$$X=100((A-B)/D)\%,$$

где А- масса подвыборки до экстракции, вес абсолютный сухой (г), В- масса подвыборки после эк-

тракции (г), Д- сырой вес (г).

Фазы динамики численности, приведенные в таблице 1, оценивались по ряду количественных показателей состояния популяции вредной черепашки согласно методике И.Я.Полякова и др. (1980).

Таблица 1. Количественные характеристики состояния популяции вредной черепашки на разных фазах ее динамики (Поляков и др., 1980)

Показатели	Фазы динамики численности				
	Депрессия	Подъем численности	Массовое размножение	Пик численности	Спад численности
Процент площади посевов зерновых культур, заселенных личинками (от обследованной), %	20-30	40-50	> 50	40-50	30-40
Средняя масса тела зимующих клопов, мг	< 100	110-120	> 120	< 110	100-110
Содержание резервных веществ у зимующих клопов* ♀♀ (♂♂), %	Мало < 11 (10)*	Средне 12-14 (11-12)*	Много > 18 (16)*	Средне < 15 (13)*	Мало 11-12 (10-11)*

*Эмпирические данные, полученные в результате анализа имеющихся материалов и требующие дальнейшего уточнения.

Кроме показателей таблицы 1, при анализе состояния популяции вредной черепашки использовались значения ЭПВ. В своей работе ФГУ "Россельхозцентр" по Краснодарскому краю использует значения ЭПВ для численности имаго и личинок вред-

ной черепашки по М.А.Володичеву (Рекомендации..., 1984). Следует заметить, что показатели численности ЭПВ, приводимые в разных источниках, несколько различаются (табл. 2). Мы в своем анализе использовали значения по В.Т.Алехину (2002).

Таблица 2. Численность имаго и личинок вредной черепашки, при которых достигаются ЭПВ на посевах озимой и яровой пшеницы, разные источники

Источник информации	ЭПВ имаго после прилета с мест зимовки (фаза куцения, экз./м ²)	ЭПВ личинки (фаза налива зерна), экз./м ²	ЭПВ личинки (фаза молочной спелости), экз./м ²
Рекомендации..., 1984	озимая пшеница: 1.0-2.0 яровая пшеница: 0.5-1.5	5.0-10.0	5.0-6.0 - обычные посевы 2.0 - сильная пшеница
Танский, Левитин и др., 2002	озимая пшеница: 1.5-2.0 при сухой весне - 1.0 яровая пшеница: 1.0-2.0, в засушливые годы - 0.5	8.0-10.0	5.0-6.0 - обычные посевы 2.0 - сильная и твердая пшеница
Долженко, Вошедский, 2002	более 2.0	10.0	2.0
Алехин, 2002	На озимой пшенице: Краснодарский край - 2.0-4.0; Белгородская и Волгоградская обл. - 0.5-1.0; остальные регионы - 1.0-2.0. На яровой пшенице: 0.5-1.5		1.0-2.0

Анализ зимующих клопов проводился исключительно для урочища «Ильская дача».

Результаты исследований

Анализ изменений численности личинок вредной черепашки в регионе за период 1982-2012 гг. на полях зерновых культур показал, что средняя численность почти во все годы достигала ЭПВ или превышала его (1.0-2.0 экз./м² и выше, рис. 1). Средняя численность личинок была ниже 1.7 экз./м² в годы 1986-1987, 1989-1990, 1994, 2004-2005, 2008-2009 гг. В остальные годы средняя численность личинок превышала 1.8 экз./м². Наиболее продолжительный период численности

вредителя с ежегодным превышением ЭПВ наблюдался с 1995 по 2003 гг. с пиками в 1996 (8.8 экз./м²) и 2003 (8.5 экз./м²). Похожая картина наблюдалась на Украине (Белецкий, 2011), там самый продолжительный непрерывный период массового размножения вредителя наблюдался с 1991 по 2003 гг. В Краснодарском крае в 1994 году средняя численность личинок была на уровне 0.9 экз./м², но заселенная площадь составляла тем не менее 63.1%. Такое значение показателя свидетельствует о

фазе "Массовое размножение" (табл. 1).

За период 1982-2012 гг. в местах зимовки вредной черепашки в предгорных лесах (урочище "Ильская дача") средняя численность вредителя весной колебалась в пределах 0.9-2.8 экз./м² (рис. 1). В отдельные годы численность повышалась до более высоких значений: 1993 г. - 3.6 экз./м², 1998 - 6.1 экз./м² и 2002 - 4.0

экз./м², то есть, как правило, это было в годы, когда численность личинок на полях превышала ЭПВ. "Провал" численности имаго весной наблюдался в 1994 г. Размах колебаний средней численности вредителя в местах зимовки осенью был более значительным, но в целом коррелировал со значениями средней численности личинок на полях (рис. 2).

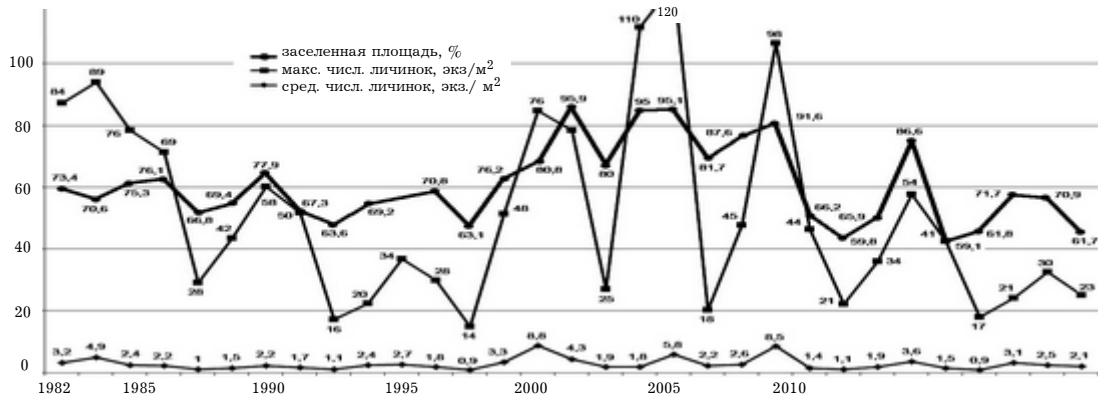


Рис. 1. Динамика численности личинок (экз./м²) на посевах зерновых культур и заселенная площадь (%) в Краснодарском крае в 1982-2012 гг.

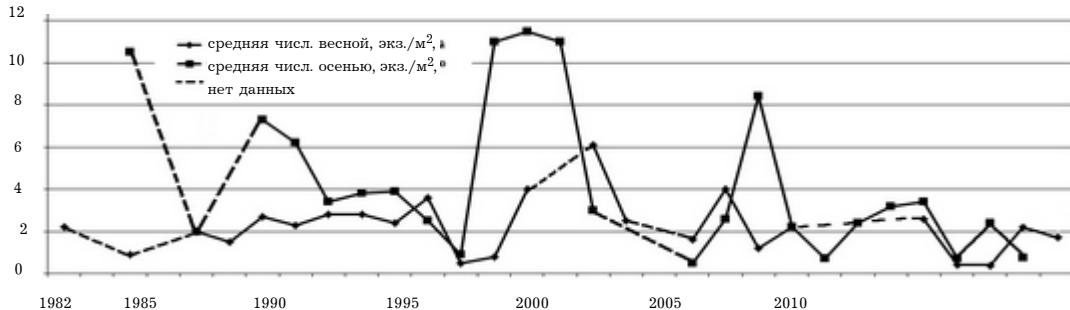


Рис. 2. Динамика средней численности имаго (экз./м²) в местах зимовки в Краснодарском крае в 1982-2012 гг.

За период 1984-2010 гг. средняя масса ушедших на зимовку клопов варьировала в пределах 100-126 мг у самцов и 112-136 мг у самок. Исходя из значений массы клопов, приведенных на рисунке 3, можно заметить закономерность - масса самок достигает и превышает 120 мг в годы, когда наблюдаются самые высокие значения средней численности личинок на полях, то есть динамика численности популяции находится в фазе «Массовое размножение». Показатели массы тела имаго значительно меньше в 1987 (78 мг у самцов и 82

мг у самок), что соответствуют году с низкой численностью личинок вредителя (второй год подряд с низкой численностью). Это подтверждает показатели количественной характеристики состояния популяции вредителя, приведенные в методических рекомендациях (Поляков и др., 1980).

Содержание липидов, как основного компонента резервных питательных веществ у клопов, ушедших на зимовку, колебалось в среднем в пределах 10.3-11.4% и 11.8-13.2% (рис. 4). Более высокие значе-

ния этого показателя предшествуют годам с более высокой средней численностью личинок на полях, это свидетельствует о том, что динамика численности вредителя находится в фазах "подъем численности" или "массовое размножение". Необычно высокие показатели содержания липидов в 1987 (25.6% у самцов и 26.8% у самок) связаны, вероятно, с методикой определения этого параметра в эти годы, которая несколько отличалась от приводимой вы-

ше. Живой материал для дальнейшей обработки был получен, главным образом, из урочища «Ильская дача» (Северский район). Этот небольшой участок леса является контрольной точкой на протяжении длительного времени (как минимум с 1987 года), здесь накоплен большой фактический материал, собранный практически одними и теми же специалистами по единой методике, что позволяет более корректно сравнивать выборки и делать выводы.

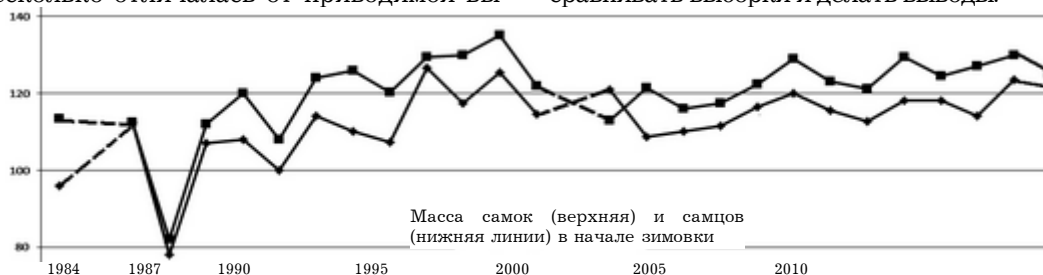


Рис. 3. Средняя масса клопов в местах зимовки (мг) в Краснодарском крае в 1984-2010 гг. Материал из урочища "Ильская дача" - с 1987 г.



Рис. 4. Содержание липидов в % от массы тела клопов в местах зимовки осенью в Краснодарском крае (урочище "Ильская дача") в 1987-2010 гг.

Условия зимовки на территории края являются, вероятно, не самыми благоприятными для данного вида. В качестве грубого обобщения для всего региона взяты среднемесячные и среднедекадные температуры для г. Краснодара. Зима здесь относительно теплая, что согласно Л.А.Макаровой и Г.М.Дорожиной (1985) приводит к активному развитию грибных заболеваний, а также к более быстрому истощению у клопов запасных веществ. Средние температуры марта и начала апреля (время так называемого "восстановительного периода") в последние годы (с 2006 г.) также неблагоприятны для зимующего вредителя - с периодичностью раз

в 2 года наблюдаются две и более декады со средними температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$ в течение месяца перед вылетом с мест зимовки (табл. 3, выделено жирным). Возможно, с этим связан тот факт, что значения средней численности личинок на полях в эти годы превышают ЭПВ не более чем в 3 раза. Погодные условия в Краснодарском крае в период "летовки" также совсем благоприятные для уходящих на зимовку клопов, так как август часто очень жаркий, с засухой, что тоже ведет к повышенному расходу запасных веществ. В результате - высокий уровень смертности за период зимовки, в отдельные годы достигающий 50%.

Таблица 3. Среднемесячные и среднедекадные температуры воздуха (°C) (с ноября по апрель, 2001-2013 гг.) в Краснодаре, (<http://krasnodar-meteo.ru/krasnodar> и <http://krasnodarmeteo.ru/archive.php>)*

Годы	Ноябрь (6.6/6.8)			Декабрь (2.2/2.0)			Январь (1.5/1.4)			Февраль (1.6/1.6)			Март (5.5/6.1)			Апрель (12.2/13.1)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2005/	5.5			4.0			-6.8			-2.5			6.9			11.8		
2006/	6.8	4.5	5.3	6.9	4.7	0.3	-1.1	-5.2	-14.2	-3.4	-5.5	1.3	5.2	7.1	8.5	11.4	14.0	10.1
2006/	6.2			1.3			5.6			-0.6			5.6			9.8		
2007/	10.3	4.8	3.4	1.7	2.9	-0.8	4.9	6.0	6.0	1.9	3.5	-7.3	5.1	5.0	6.7	9.7	8.5	11.1
2007/	4.4			1.4			4.9			0.5			9.4			13.8		
2008/	6.7	5.6	1.0	2.5	1.3	0.5	-9.2	-6.8	1.3	-0.5	-3.1	5.2	8.2	9.3	10.6	10.9	14.6	15.8
2008/	7.1			0.7			-2.5			4.4			5.5					
2009/	6.6	7.1	7.6	7.2	-2.5	-2.6	-8.6	-1.3	2.5	6.1	5.5	1.6	5.2	6.0	5.2			
2009/	8.3			4.5			0.0			3.5			6.0			12.0		
2010/	7.4	9.9	7.6	5.4	1.9	6.2	4.4	2.6	-7.1	0.0	5.3	5.1	3.6	3.3	10.1	11.6	11.6	12.7
2010/	12.1			7.3			0.2			-1.5			4.4			10.0		
2011/	12.4	12.9	11.0	8.7	4.4	8.7	2.5	0.1	-2.0	1.2	-4.7	-1.1	0.8	5.2	7.2	8.3	9.7	12.0
2011/	8.1			0.8			0.0			-5.2			3.0			16.3		
2012/	2.5	1.8	-0.1	6.8	5.9	4.6	5.1	2.0	-6.9	-13.1	-3.4	2.2	-1.5	3.6	6.7	14.3	16.2	18.7
2012/	8.1			0.8			4.6			5.7			7.4					
2013/	6.7	5.9	4.6	7.0	-1.6	-0.6	1.1	4.4	8.7	8.0	4.4	4.5	6.6	10.0	5.8			

*В скобках под названиями месяцев приведены среднемесячные температура воздуха (°C) на высоте 10 метров от поверхности почвы за 22 года и среднемесячные температура (°C) поверхности почвы за 25 лет.

Заключение

Причины, приводящие к массовым вспышкам численности вредителя (переход в фазу "Массовое размножение"), пока точно не установлены, хотя вопрос исследовался многими авторами. Например, Е.Н.Белецкий (2011) проработал большой массив данных, накопленный предшественниками, и пришел к выводу, что ведущими факторами в динамике численности вредителя являются радиационный режим (продолжительность солнечного сияния) и характер атмосферной циркуляции. Он также соглашается с Г.А.Викторовым (1967), что гидротермические факторы не являются ведущими в динамике численности этого вредителя.

Возможно, на территории Краснодарского края, по крайней мере в предгорной его части, численность популяции в какой-то мере стабилизируется в местах зимовки. Можно также предположить, что в местах зимовки численность вредной черепашки мало зависит (или даже совсем не зависит) от проводимых истребительных мероприятий на полях. Или, иными словами, численность клопов в местах зимовки относительно постоянна и такова, что почти ежегодно численность

их потомства (личинок) на полях пшеницы превышает ЭПВ.

Учетная информация с мест зимовки является важнейшим звеном в составлении прогнозов на ближайший и последующие годы. Такие контрольные точки по учету зимующего запаса вредителя, как урочище "Ильская дача", где наблюдения проводятся на протяжении многих лет, дают ценнейшую сравнительную информацию. Однако использование информации с мест зимовки для прогнозов наталкивается на одно методическое затруднение - не известно, откуда именно прилетают сюда клопы и куда потом улетают, особенно это касается предгорных лесов. В Северной, Центральной и Восточной зонах края черепашка частично (или большей частью) зимует в лесополосах, находят ее и в лесополосах левобережья Кубани. Возможно, в Краснодарском крае присутствуют две биологические формы вредителя: мигрирующая в предгорные леса и оседлая, зимующая в лесополосах. Ряд исследований (Павлюшин и др., 2010) полагают, что на территории края преобладает немигрирующая степная форма. Предположительно, есть еще 3-я популяция - оседлая горная (Арнольди, 1955), ко-

торая не отлетает на поля. Специальные углубленные исследования биологических

форм вредной черепашки здесь не проводились.

Выводы

Таким образом, на протяжении последних 30 лет на Кубани почти ежегодно наблюдается высокая численность вредной черепашки, достигающая и превышающая ЭПВ. Площадь заселения посевов составляла от 60 до 95%, то есть динамика численности вредной черепашки на территории Краснодарского края постоянно находится между фазами "подъем численности" и "массовое размножение",

но четкой периодичности фаз динамики численности не выявлено. Хозяйства должны быть всегда готовы к применению химических средств защиты против этого вредителя.

Предложенные ранее количественные показатели состояния популяции вредной черепашки для характеристики фаз динамики численности вредителя (Поляков и др., 1980) актуальны до сих пор.

Авторы выражают особую благодарность Л.Н.Хомичко и всему отделу защиты растений филиала ФГУ «Россельхозцентр» по Краснодарскому краю за предоставленную информацию.

Литература

- Алехин В.Т. Вредная черепашка // Защита и карантин растений, приложение, 2002, 4, 26 с.
- Арнольди К.В. Зимовки вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.) в горах Кубани по исследованиям 1949-1953 гг. // Вредная черепашка *Eurygaster integriceps* Put. М., 1955, 3, с. 171-237.
- Архив погоды в Краснодаре с 1999 г. <http://krasnodarmeteo.ru/archive.php>.
- Белецкий Е.Н. Массовые размножения насекомых. История, теория, прогнозирование. Харьков, Майдан, 2011, 172 с.
- Викторов Г.А. Проблемы динамики численности насекомых на примере вредной черепашки. М., 1967, 269 с.
- Долженко В.И. и др. Рекомендации по защите озимой пшеницы от комплекса вредных организмов в Ростовской области. СПб, 2002, 40 с.
- Макарова Л.А., Доронина Г.М. Методика прогноза фаз динамики популяций вредной черепашки, планирования объемов защитных обработок, сигнализации сроков их проведения (методические рекомендации). Л., 1985, 35 с.
- Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И. Вредная черепашка: распространение, вредоносность, методы контроля // Защита и карантин растений, приложение, 2010, 1, 32 с. (с. 53-32).
- Поляков И.Я., Доронина Г.М., Макарова Л.А., Володичев М.А. Прогноз распространения и развития вредной черепашки, определение сроков и мест проведения защитных мероприятий (методические рекомендации). Л., 1980, 50 с.
- Распространение основных вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в Краснодарском крае в 2002 году и прогноз их проявления в 2003 году. Краснодар, 2003, с. 16-17.
- То же в 2003 году и прогноз их проявления в 2004 году. Краснодар, 2004, с. 17-18.
- То же в 2004 году и прогноз их проявления в 2005 году. Краснодар, 2003, с. 12-13.
- То же в 2006 году и прогноз их проявления в 2007 году. Краснодар, 2007, с. 15.
- То же в 2007 году и прогноз их проявления в 2008 году. Краснодар, 2008, с. 17.
- То же в 2008 году и прогноз их проявления в 2009 году. Краснодар, 2009, с. 17-18.
- То же в 2009 году и прогноз их проявления в 2010 году. Краснодар, 2010, с. 18.
- То же в 2010 году и прогноз их проявления в 2011 году. Краснодар, 2011, с. 19-20.
- Рекомендации по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений (ред. Шуровенкова Г.П.). ВНИИЗР. Воронеж, 1984, 274 с.
- Средняя температура воздуха. Среднемесячная температура воздуха на высоте 10 метров от поверхности земли (°C) [г. Краснодар]. <http://krasnodar-meteo.ru/krasnodar>
- Танский В.И., Левитин М.М., Павлюшин В.А., Бузов В.Н., Гончаров, Ишкова Т.И., Сухорученко Г.И. Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков. СПб, 2002, 76 с.

LONG-TERM POPULATION DYNAMICS OF *EURYGASTER INTEGRICEPS* IN KRASNODAR TERRITORY

V.V.Neimorovets, L.I.Protsenko

Population dynamics of *Eurygaster integriceps* in the Krasnodar Territory for the last 30 years is analysed. Original and literature data revealed the high numbers of the pest on fields in the region throughout this period, with its numbers reaching or exceeding economic threshold almost annually. During this period the pest average number in wintering places fluctuated in spring slightly in comparison with its average number in places of wintering in fall.

Keywords: wheat, *Eurygaster integriceps*, population dynamics, forecast, economic threshold of harmfulness, wintering place, Krasnodar Territory.

УДК 595.754:633.11

ПРОРАСТАНИЕ И МОРФОГЕНЕЗ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКОЙ

А.В. Капусткина, Л.И. Нефедова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Приводятся материалы, характеризующие особенности прорастания зерновок и развития проростков в гетеротрофный период их питания при повреждении пшеницы вредной черепашкой. Рассматриваются предикторы интенсивности ростовых и морфофизиологических процессов, особенностей гидролиза крахмального комплекса эндосперма в ходе прорастания зерновок с разными типами повреждений клопами, жизнеспособности зародыша и проростков. Выявлены основные причины ухудшения посевных качеств семян пшеницы при повреждении вредной черепашкой.

Ключевые слова: вредная черепашка, пшеница, семена, морфогенез, патология проростков.

Получение качественного зерна хлебных злаков - основа производственной деятельности сельскохозяйственного комплекса России. Одним из основных неблагоприятных факторов снижения количественных и качественных параметров урожая пшеницы является повреждение зерна вредной черепашкой (Алехин, 2009; Павлюшин и др., 2008,2010).

Вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.) относится к видам вредных членистоногих, имеющих особое экономическое значение в снижении количества и качества зерна пшеницы. Повреждения, наносимые клопами, очень разнообразны как по своему характеру, так и последствиям (Виноградова, Покровский, 1967; Вилкова, 1968,1979,1980; Шапиро,1985). Вредитель принадлежит к группе массовых и агрессивных видов, которые в специфических условиях агробиоценозов вышли из под жесткого контроля механизмов биоценотической регуляции, что способствует массовому размножению, усилению вредоносности, а также расширению его ареала (Павлюшин и др., 2008). Высокие показатели потерь урожая от вредной черепашки на всей территории, занятой пшеницей, напрямую связаны с хозяйственной деятельностью человека, нарушением технологии выращивания культуры и защиты растений, с формированием в ряде зон популяций вредителя более чем с 50-кратным показателем резистентности к применяемым инсекти-

цидам, а также недостаточностью возделывания устойчивых сортов и другими факторами (Шапиро, 1979; Долженко, Сухорученко, 2000; Павлюшин и др., 2008).

Сведения, касающиеся изучения особенностей воздействия клопов на посевные качества зерна пшеницы, довольно малочисленны и противоречивы. С.Б.Радзиевская (1941), М.А.Володичев (1977,1981), Г.А.Бурлака (2005) приводят данные о полной потере всхожести зерна при наличии на зерновках нескольких укулов клопов. Ряд исследователей (Передельский, 1947; Герасенкова, 1964; Горелова, Сандерс, 1984; Григоров, 1989) свидетельствуют о существенном влиянии повреждений зерна пшеницы вредной черепашкой на полевую всхожесть, рост и развитие растений пшеницы. Отмечено, что полевая всхожесть семян, поврежденных вредной черепашкой, зависит не только от места укула, но и от интенсивности повреждений, нанесенных зерновкам клопами (Емельянов, Минклейт, 1995; Емельянов, Критская, 2010).

В связи с недостаточностью сведений о влиянии повреждений зерновок пшеницы вредной черепашкой на их посевные качества, рост и развитие растений основной задачей наших исследований являлось изучение особенностей проявления последствий вредной деятельности клопов при питании на репродуктивных органах путем комплексного изучения процессов морфогенеза и гистогенеза при их прорас-

тании. При этом исследовали динамику прорастания, интенсивность ростовых и морфофизиологических процессов, жизнеспособность, характер гидролиза крахмаль-

ного комплекса эндосперма и особенности потребления его транспортных форм в ходе прорастания зерновок пшеницы с разными типами повреждений клопами.

Методология исследований

Прорастание зерновок пшеницы является результатом скоординированной последовательности метаболических и морфофизиологических изменений, происходящих в разные периоды роста и развития структур зародыша и проростка. С морфологической точки зрения - это преобразование зародыша в проросток; с физиологической - возобновление метаболизма и роста растения и включение транскрипции генома; с биохимической - последовательное протекание окислительно-восстановительных и синтетических процессов. Генотипические различия в составе и свойствах основных биополимеров разных сортов пшеницы определяют особенности прохождения этих процессов в ходе прорастания семян.

Основным «инструментом» питания и пищеварения вредной черепашки и одним из главных факторов воздействия на растение являются гидролитические ферменты, вырабатываемые секреторными центрами пищеварительной системы, которые насекомые вводят в ткани растения при прокалывании субстрата (Белькевич, 1957; Вилкова, 1968, 1979, 1980).

Работами лаборатории и других исследователей доказано, что вредная черепашка способна вызывать глубокие качественные изменения состава и физико-химических свойств резервных веществ эндосперма, возникающие под воздействием вводимых в место питания гидролаз, активность которых сохраняется в зерновках длительное время (Виноградова, Покровский, 1967; Вилкова, Шапиро, 1968, 1970; Вилкова, 1969, 1973, 1974, 1980; Вилкова, Экман, 1970; Шапиро, Вилкова, 1976). По нашему мнению, эти работы могут указывать и на существенные нарушения процесса прорастания зерновок пшеницы, поврежденных клопами. Многие авторы в своих исследованиях уделяли основное внимание анализу участия белкового комплекса эндосперма зерновок в процессах их прорастания. В то же время известно, что процессы роста и развития растений должны быть снабжены энергетическими компонентами, что определяет огромную роль углеводных соединений как источников макроэргов, обеспечивающих программу онтогенетических процессов.

Морфофизиологические особенности процесса прорастания зерновок пшеницы при повреждении

Результаты исследований

Для определения особенностей прорастания зерновок различных генотипов озимой пшеницы, поврежденных вредной черепашкой, был проведен сравнительный анализ морфофизиологических изменений при их прорастании в начальные

вредной черепашкой. В основе морфогенеза лежит обмен веществ и органически связанные с ним структурообразовательные процессы и разнообразные механизмы информации и регуляции, обеспечивающие взаимодействие, преемственность и детерминацию в системах организма на всех этапах развития (Конарев, 2001). Рост растений происходит благодаря новообразованию структурных элементов разных клеток и тканей растения, то есть осуществляется их дифференциация.

Методика исследований. Работа проводилась в лаборатории энтомологии и иммунитета растений к вредителям ВИЗР на 8 сортах пшеницы репродукции Нижневолжского и Северо-Кавказского регионов РФ. При выполнении экспериментальной работы было использовано зерно производственных и семенных партий.

Исследования посевных качеств и жизнеспособности зерновок пшеницы, поврежденных вредной черепашкой, были проведены в соответствии с общепринятыми ГОСТами (12038-84, 12039-82 12039-66, 12040-66, Р 52325-2005) и Международными стандартами (ISTA).

Изучение морфогенеза при прорастании зерновок проводили с использованием метода морфофизиологического анализа проростков (Куперман, 1964). При определении пригодности партий семян для посева и установления предикторов прорастания зерновок пшеницы, поврежденных вредной черепашкой, использовали метод П.Веллингтона (1973) и метод, разработанный в лаборатории семеноведения ВИР (Хорошайлов, Лихачев, 1975; Лихачев 1990).

Оценка метаболической активности семян проводилась с использованием тетразолино-топографического метода (Lakon, 1949), позволяющего оценивать функциональное состояние и характер проявления патологических реакций в тканях здоровых и поврежденных зерновок.

Скорость и интенсивность гидролиза крахмального комплекса эндосперма зерновок определяли методом гистохимии, используя йод-крахмальную реакцию (реактив Люголя). Степень денатурации гранул крахмала устанавливали по изменению интенсивности окраски и по проявлению характера их деструкции.

периоды роста - индукционного и периода интенсивного роста, включая фазы поглощения воды, набухания, наклевывания зерновок и преобразования структур зародыша в состояние непрерывного роста и развития. При этом в качестве критерия

внешних проявлений морфофизиологических изменений в ходе роста и дифференциации структур зародыша были использованы количественные показатели массы зерновок, проростков, а также параметры развития их осевых органов.

Сравнительный анализ прохождения фазы интенсивного поглощения воды (1 час после закладки зерновок на проращивание) у здоровых зерновок и поврежденных вредной черепашкой показал, что различия в поглощении воды между анализируемыми генотипами пшеницы незначительны (табл.). Так, увеличение массы неповрежденных зерновок по отношению к массе зерновок, находящихся в воздушно-сухом состоянии, составило: у сорта Зерноградка 8 - 108.9%, Августа - 113.6%, Донская юбилейная 109.4%, Джангаль - 108.7%, Саратовская 55 - 110.6%. У поврежденных зерновок вредной черепашкой по 1-2 баллам прирост массы был равным или несколько выше по отношению к контролю: у сорта Зерноградка 8 - 112, Августа - 113.9%, Донская юбилейная 110.6%; Джангаль - 108.8%, Саратовская 55 - 111.6%; зерновок, поврежденных по 3-4 баллам, соответственно, - 113.3%, 110.6%, 112.3%, 111.6% и 113.1%.

В фазу набухания в зерновках происходят интенсивные синтетические процессы, в том числе образуются такие энергетически важные клеточные органеллы как митохондрии, активизируются метаболические и морфогенетические процессы (Конарев, 2001), возрастает интенсивность газообмена, осуществляется дифференциация клеток, возникают функциональные и структурные отличия у разных клеток и тканей зародыша (Кефели, 1984). Эти скрыто идущие явления, подготавливающие процесс видимого роста, сопровождаются активизацией автономных систем зародыша и распадом запасных углеводов, липидов и белков.

Как показали исследования, в этот период отмечены довольно значительные различия между сортами пшеницы в приросте массы зерновок, поврежденных вредной черепашкой (табл.). Так, у зерно-

вок сорта Августа, поврежденных клопами по 1-2 баллам, по отношению к контролю различия достигали 131%; прирост массы зерновок сорта Донская юбилейная, поврежденных клопами по 3-4 баллам, составил 130.2%.

Таблица. Масса зерновок различных сортов пшеницы в начальный период их проращивания (1-2 сутки, выборка для проращивания - 100 зерновок)

Варианты повреждения	Масса воздушно-сухого зерна (контроль), мг	Масса зерновок при проращивании (% к контролю) через:			
		1 час	2 часа	3 часа	24 часа
Сорт Зерноградка 8					
0	44.7±0.8	108.9	112.5	116.6	141.4
1-2 балл	39.6±1.1	112.1	116.7	121.7	149.2
3-4 балл	35.4±1.0	113.3	118.1	122.6	149.4
Сорт Августа					
0	52.3±1.0	113.6	116.8	121.8	148.9
1-2 балл	50.3±0.9	113.9	117.1	131.0	151.3
3-4 балл	45.3±0.97	110.6	115.9	119.2	151.4
Сорт Донская юбилейная					
0	39.3±1.2	109.4	115.0	121.1	153.9
1-2 балл	38.8±0.87	110.6	116.5	123.4	160.3
3-4 балл	34.1±0.9	112.3	122.9	130.2	168.9
Сорт Джангаль					
0	46.1±0.56	108.7	115.8	120.6	156.2
1-2 балл	44.2±0.9	108.8	114.5	119.5	154.5
3-4 балл	37.8±0.9	111.6	120.1	126.5	160.8
Сорт Саратовская 55					
0	42.5±0.7	110.6	115.3	119.1	158.1
1-2 балл	36.4±1.1	111.6	117.9	125.0	171.2
3-4 балл	33.6±0.9	113.1	116.7	123.5	166.7

Выявлено, что у здоровых зерновок не наблюдалось значительного изменения их массы. Так, прирост массы зерновок сортов Августа, Джангаль и Донская юбилейная составлял 120.6-121.8%, сортов Зерноградка 8 и Саратовская 55 - 116.6-119.1% по отношению к контролю.

Наиболее существенные изменения в ходе роста и дифференциации структур зародыша при повреждении зерна клопами происходят в фазу интенсивного роста структур зародыша (2-3 сутки после закладки опыта) и в период нарастания массы проростков (4-7 сутки). В это время более четко проявляются сортовые различия в нарастании массы и в изменении

морфофизиологических параметров проростков. Так, средняя масса проростков сорта Зерноградка 8, выросших из зерновок, поврежденных клопами по 1-2 баллам, на 4 сутки составляла 74.7 мг, а на 7 сутки - 91.1 мг.

Еще более существенные отклонения в массе проростков и в развитии их осевых органов обнаруживаются при повреждении зерновок клопами по 3-4 баллам. При этом масса проростков на 4 сутки составляла 65.8 мг, на 7 сутки - 45.7 мг. Масса проростков, выросших из неповрежденных зерновок, была выше и на 4 сутки составляла 90.2 мг, на 7 суток - 145.5 мг. Аналогичные данные получены при анализе морфофизиологического состояния проростков сортов Донская юбилейная и

Саратовская 55 (рис. 1).

Результаты проведенных исследований показывают, что разные периоды роста и развития структур зародыша и проростка сопровождаются активизацией ферментных систем как самой зерновки, так и чужеродных ферментов, введенных вредной черепашкой в зерновку при питании и сохраняющих свою активность.

Анализ морфофизиологического состояния показал, что проростки, выросшие из поврежденных зерновок, отстают в росте и развитии по сравнению с выросшими из неповрежденных зерновок сорта Донская юбилейная, что можно проследить по динамике развития их осевых органов (рис. 2).

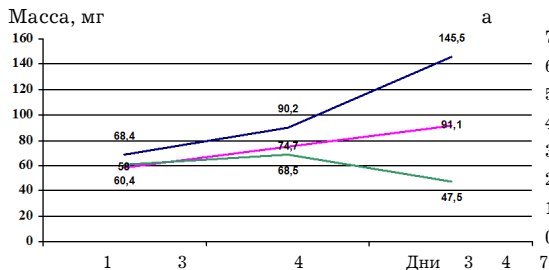


Рис. 1

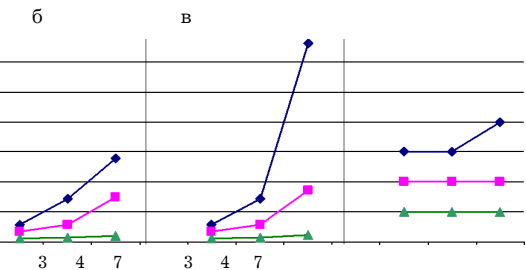


Рис. 2

Динамика изменения массы (Рис. 1) и развития (Рис. 2) (а- длина coleoptiles (см), б- длина зародышевого побега (см), в- количество зародышевых корней (шт)) в период интенсивного роста проростков, выросших из зерновок озимой пшеницы, в разной степени поврежденных вредной черепашкой (верхние линии - неповрежденные, средние- поврежденные 1-2 балла, нижние- повреждение 3-4 балла)

Неповрежденные зерновки на 7 сутки формируют проростки, основные структуры которых развиваются нормально и в зависимости от сорта пшеницы образуют от 3 до 5 зародышевых корней, средняя длина coleoptiles при этом составляет от 3 до 4.5 см, зародышевого побега от 4 до 14.2 см. Морфологические структуры осевых органов проростков, выросших из зерновок, поврежденных вредной черепашкой (особенно по 3-4 баллам), были развиты значительно слабее в сравнении с контролем: длина coleoptiles была короче в 2 раза, длина зародышевого побега - в 3 раза, количество сформировавшихся зародышевых корней уменьшалось в 2-4 раза (рис. 2). Известно, что проростки,

формирующие короткое coleoptile и короткий первый лист, в полевых условиях оказываются нежизнеспособными и часто погибают, особенно при глубокой заделке семян в почву (Ермилов, 1964; Лихачев, 1990).

Как показано ранее (Капусткина, 2009,2010,2011), в результате нарушения механизмов общей регуляции процессов прорастания семян возникают различного типа аномалии в ходе роста и развития проростков. Так, при повреждении зерновок по 1-2 баллам количество аномальных проростков в зависимости от генотипа пшеницы составляет 40-80%, а по 3-4 баллам - формируется наибольшее количество аномальных проростков с комбини-

рованной патологией развития зародышевой корневой системы и побега - от 30 до 90% (рис. 3).

Жизнеспособность зерновок пшеницы при повреждении вредной черепашкой.

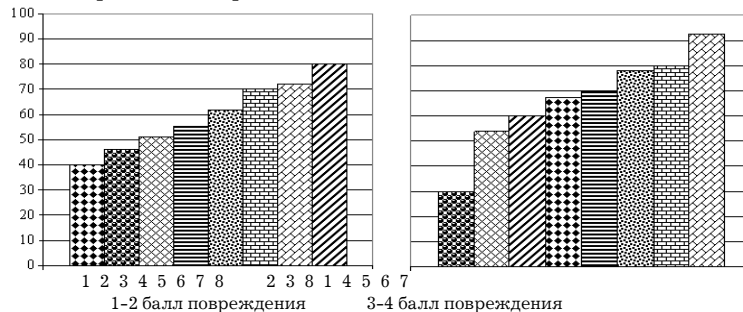


Рис. 3. Доля аномальных проростков (%) разных сортов пшеницы в зависимости от степени повреждения зерновок вредной черепашкой

1- Девиз, 2- Август, 3- Актер, 4- Донской маяк, 5- Зерноградка 8, 6- Джангаль, 7- Донская юбилейная, 8- Саратовская 55

Наши исследования, проведенные с использованием тетразольного метода, позволяющего оценивать функциональное состояние зародыша по характеру проявления интенсивности окраски его тканей, показывают, что патологические процессы в поврежденных зерновках сопровождаются нарушением функционирования основных структур зародыша. У поврежденных зерновок наблюдается неравномерная сорбция красителя тканями зародыша, вследствие чего на жизненно важных структурах появляются неокрашенные участки тканей.

Так, при слабом повреждении зерновок (1-2 баллы) патологические реакции в тканях зародыша протекают по типу так называемых паранекротических реакций, которые не сопровождаются гибелью отдельных структур зародыша. У зародышей сорта пшеницы Августа слабоокрашенные участки тканей наблюдаются в зоне зародышевой почки и зародышевой оси, у сорта Донская юбилейная - в зоне зародышевой почки и зародышевых корней. При повреждении зерновок клопами по 3-4 баллам ткани жизненно важных структур зародыша почти полностью остаются неокрашенными. Такая реакция

Высокая жизнеспособность зерновок пшеницы и их способность к прорастанию являются наиболее важными показателями здоровья зерна, особенно при использовании на семенные цели.

обнаруживается у большинства проанализированных зародышей сорта Зерноградка 8. Ткани зародыша также могут приобретать темную зернистую окраску, что характерно для зерновок сорта Донская юбилейная. Такого рода проявление патологий вследствие отмирания тканей может сопровождаться нарушением функционирования основных структур зародыша и потерей жизнеспособности зерновок.

Таким образом, патологическая реактивность тканей основных структур зародыша зерновок, поврежденных вредной черепашкой, определяется интенсивностью протекания метаболических процессов в зерновках в период прорастания. Сопровождающие патологический процесс функциональные нарушения структур зародыша могут приводить к снижению интенсивности синтетических процессов при формировании проростка и его способности развиваться в полноценное растение.

Характер гидролиза крахмального комплекса эндосперма при прорастании зерновок пшеницы, поврежденных вредной черепашкой. Запасные биополимеры (белки, углеводы, липиды), содержащиеся

ся, главным образом, в эндосперме, являются основным строительным и энергетическим материалом для формирования проростков, рост и развитие которых зависят от содержания и локализации запасных веществ в зерновке, скорости их распада под воздействием ферментов и скорости транспортировки продуктов гидролиза.

По мнению В.Г.Конарева (2001), в зерновках злаков запасы резервных, биологически активных веществ, обеспечивающих метаболизм и морфогенез проростка на ранних этапах его развития, сосредоточены в призародышевой зоне спинки, наиболее часто повреждаемой вредной черепашкой зоны эндосперма, а также на периферии эндосперма, особенно в алейроновом слое, богатом к тому же биологически активными белками и фитином -

источником фосфора для синтеза нуклеиновых кислот, фосфолипидов и компонентов энергетического обмена.

Н.А.Вилкова (1968,1969,1980) показала, что в слюнных железах вредной черепашки вырабатываются ферменты, гидролизующие все группы запасных веществ (белки, углеводы, липиды) зерновки пшеницы, из которых наиболее активными оказались карбогидразы, в частности α -амилаза. Это свидетельствует о существенности гидролиза крахмального комплекса эндосперма при повреждении зерновок клопами.

Из полученных нами материалов следует, что ход гидролиза в зерновках пшеницы, не имеющих повреждений вредителем, в процессе их начального - индукционного периода прорастания происходит следующим образом (рис. 4).

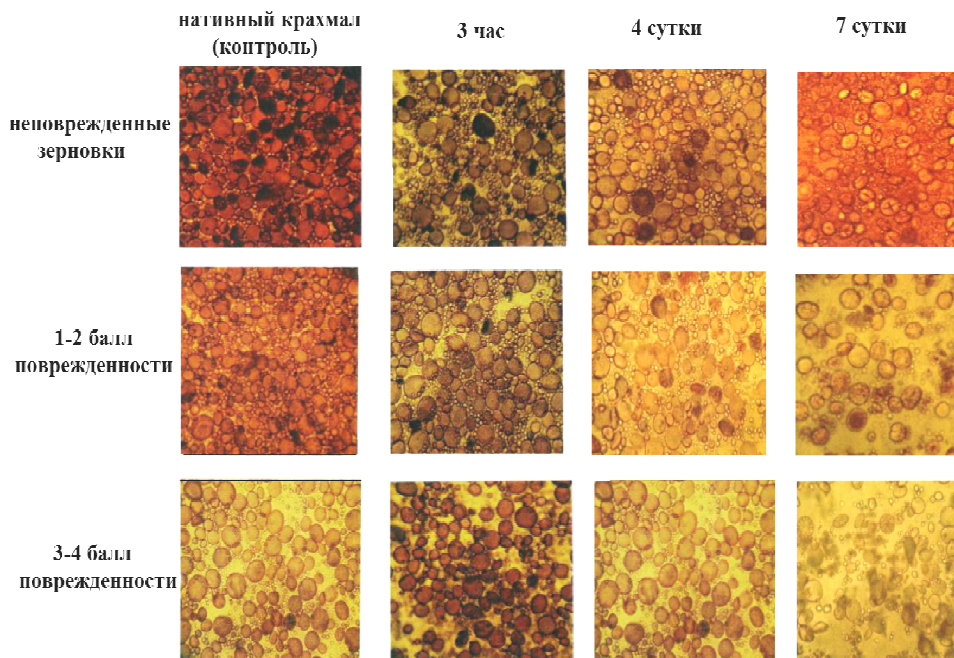


Рис. 4. Особенности гидролиза крахмала в прищитковой зоне эндосперма при прорастании зерновок, поврежденных в степени (0, 1-2 и 3-4 балла) вредной черепашкой (сорт Донская юбилейная, 2009)

В первый час после закладки зерновок на проращивание заметных изменений в

мозаике прищитковой зоны эндосперма не наблюдается. При набухании и наклевы-

вании зерновок - в период проявления скрыто идущих процессов видимого роста, преимущественно расходуются мобильные формы углеводов из мелкой фракции крахмальных зерен, наиболее легко расщепляемых активизированными амилазами, расходование же крупного крахмала наблюдается после 2-3 часов при набу-

хании зерновки. Начало деградации крупных крахмальных зерен под воздействием амилаз отмечено в период интенсивного роста проростков - на 4 сутки от закладки зерновок на проращивание. Интенсивное разрушение крупных гранул наблюдается в завершающие фазы прорастания зерновок - на 7 сутки.

Заключение

Изучение особенностей процесса прорастания и морфогенеза зерновок разных сортов пшеницы при повреждении вредной черепашкой позволило установить, что в результате нарушения интенсивности ростовых процессов происходит значительное замедление развития осевых органов проростков - coleoptиле, зародышевого побега, зародышевых корней и возникновение аномалий в развитии проростков - зародышевой корневой системы и зародышевого побега. Сравнительный анализ жизнеспособности зародышей и последовательности гидролиза различных фракций крахмала в эндосперме поврежденных зерновок при прорастании показал существенные различия в проявлении их патологической реактивности в ответ на повреждение клопами. Сопровождаю-

щие патологический процесс функциональные нарушения структур зародыша и эндосперма могут приводить к снижению интенсивности синтетических процессов при формировании проростка и его способности развиваться в полноценное растение.

На наш взгляд, одной из причин нарушения процессов, связанных с необратимыми или частично обратимыми изменениями тканей, клеток и органов проростка при прорастании зерновок и реализации их посевных качеств вследствие повреждения вредной черепашкой, является действие активных гидролаз вредителя, введенных в зерновку клопами при питании. Установлено, что характер проявления различного рода нарушений определяется генотипом пшеницы.

Литература

- Алехин В.Т. Вредная черепашка и проблемы получения качественного зерна // Защита и карантин растений, 2009, 5, с. 6-7.
- Белькевич В.И. Интенсивность питания и накопления пищевых резервов вредной черепашки // Тр. ВИЗР, ВАСХНИЛ, Л., 1957, 9, с. 87-100.
- Бурлака Г.А. Биозоологическое обоснование защиты зерновых культур от хлебных клопов в лесостепи северного Поволжья. Автореф. канд. дисс. Кинель, 2005, 22 с.
- Веллингтон П. Методика оценки прорастания семян. М., Колос, 1973, 175 с.
- Вилкова Н.А. К физиологии питания вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutellaridae) // Энтомол. обозр., 1968, 47, 4, с. 701-710.
- Вилкова Н.А. Воздействие пищеварительных ферментов вредной черепашки на зерновку пшеницы в связи с устойчивостью растений // Труды V Всесоюзного совещания по иммунитету растений. Киев, 1969, 6, с. 65-67.
- Вилкова Н.А. Питание личинок вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.) на пшенице разных сортов // Тр. ВИЗР. Л., 1973, 37, с. 59-75.
- Вилкова Н.А. Некоторые аспекты физиолого-биохимической природы иммунитета растений к насекомым // Тез. докл. совещ. ученых Закавказских республик. Баку, 1974, с. 29.
- Вилкова Н.А. Иммунитет растений к вредителям и его связь с пищевой специализацией насекомых-фитофагов // Чтения памяти Н.А. Холодковского. 1979, Л., 31, с. 68-103.
- Вилкова Н.А. Физиологические основы теории устойчивости растений к насекомым. Автореф. докт. дисс. Л., 1980, 48 с.
- Вилкова Н.А., Шапиро И.Д. К вопросу о пищевой специализации фитофагов в связи с устойчивостью к ним растений // Тр. XIII Междунар. энтомол. конгр. Л., 1968, 2, с. 412-413.
- Вилкова Н.А., Шапиро И.Д. Значение пищевого фактора в проблеме вредной черепашки // Аннот. докл. VI съезда ВЭО АН СССР, Воронеж, 1970, с. 196.
- Вилкова Н.А., Экман Н.В. К физиологии питания и особенностям вредоносности вредной черепашки на разных сортах пшеницы // VI съезд ВЭО. Аннотации докладов. Воронеж, 1970, с. 36-37.
- Виноградова Н.М., Покровский Н.Ф. Оценка зерна пшеницы, поврежденного вредной черепашкой и остроголовыми клопами // Вестник с.х. наук, 1967, 1, 1, с. 33-39.
- Володичев М.А. Вредоносность личинок клопа-черепашки // Защита растений, 1977, 3, с. 10-11.
- Володичев М.А. Влияние вредителей листьев и генеративных органов на урожай колосовых культур. М., ВНИИТЕИСХ, 1981, 56 с.
- Герасенкова Е.Д. Влияние повреждений вредной черепашки на посевные качества зерна пшеницы // Сб. ВИР. Иммунитет сельскохозяйственных растений. Л., Колос,

1964, с. 34-35.

Горелова Е.И., Сандерс Ж.Я. Качество зерна - второй урожай. М., Колос, 1984, 221 с.

Григоров П. Влияние повреждений *Eurygaster integriceps* на посевные качества пшеницы // Растениеводческие науки, 1989, 26, 2, с. 29.

Долженко В.И., Сухорученко Г.И. Эффективность инсектицидов разных химических классов в борьбе с резистентной к пиретроидам популяцией вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae) // Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. Мат. девятого совещ., 2000, с. 22-24.

Емельянов Н.А., Критская Е.Е. Вредная черепашка в Поволжье. Саратов, 2010, 380 с.

Емельянов Н.А., Минклейт Е.Е. Влияние повреждения семян вредной черепашкой на урожайность яровой пшеницы // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность. СПб, 1995, с. 189-190.

Ермилов Г.Б. Некоторые особенности периода прорастания семян сельскохозяйственных культур и возможности прогнозирования полевой всхожести. Автореф. докт. дисс., Харьков, 1964, 40 с.

Капусткина А.В. Морфофизиологические особенности прорастания зерновок зимней пшеницы при их повреждении вредной черепашкой // Вестник защиты растений, СПб, 2009, 4, с. 39-47.

Капусткина А.В. Патология прорастания зерновок *Triticum aestivum* различных сортов, поврежденных вредной черепашкой // Генетические ресурсы растений и селекции. Конференция молодых ученых и аспирантов, СПб, ВИР, 2010, с. 184-190.

Капусткина А.В. Морфофизиологические изменения в зерновках пшеницы при повреждении вредной черепашкой // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. //Сб. науч. тр. СПбГАУ, СПб, 2011, с. 122-125.

Кефели В.И. Рост растений. М., Колос, 1984, 174 с.

Конарев В.Г. Морфогенез и молекулярно-биологический анализ растений. СПб, 2001, с. 126-127.

Куперман Ф.М. Закономерности индивидуального развития растений в зависимости от условий внешней среды// В сб: Биологические основы орошаемого земледелия. М., АН СССР, 1964.

Лихачев Б.С. Жизнеспособность семян, ее структура и выражение // Сб. Физиология семян: формирование, прорастание, прикладные аспекты. Душанбе, Дониш, 1990, с. 100-107.

Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И. Вредная черепашка: распространение, вредоносность, методы контроля // Защита и карантин растений, 2010, 1, с. 53 (1)- 84 (32).

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

Передельский А.А. Биологические основы теории и практики борьбы с вредной черепашкой // Вредная черепашка. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1947, 2, с. 88-270.

Радзиевская С.Б. Клопы - черепашки и меры борьбы с ними. М., Сельхозиздат, 1941, 120 с.

Хорошайлов Н.Г., Лихачев Б.С. Методические указания по определению силы роста семян зерновых культур морфофизиологической оценкой проростков. Л., 1975, 15 с.

Шапиро И.Д. Учение об иммунитете растений к вредителям. Л., ЛСХИ, 1979, 44 с.

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

Шапиро И.Д., Вилкова Н.А. Значение пищевого фактора в проблеме вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.) // Тр. ВИЗР. Л., 1976, 48, с. 14-29.

Шмальгаузен И.И. Рост и дифференцировка: избранные труды. Киев, Наукова Думка, 1984, 383 с.

Lakon G. The topographical tetrazolium method for determining the germinating capacity of seeds // Pl. Physiol., Lancaster, 1949, 24, pp. 389-394.

GERMINATION AND MORPHOGENESIS OF WHEAT SEEDS DAMAGED BY *EURYGASTER INTEGRICEPS*

A.V.Kapustkina, L.I.Nefedova

The materials are given, characterizing features of wheat caryopsis germination and sprout development during the heterotrophic period of their nutrition at damage by *Eurygaster integriceps*. Predictors of growth intensity, germ and sprout viability are discussed, as well as features of endosperm starch hydrolysis during caryopsis germination having different types of damage by bugs. The main reasons for deterioration of sowing qualities of wheat seeds damaged by *Eurygaster integriceps* are found.

Keywords: *Eurygaster integriceps*, wheat, seed, sprout, morphogenesis, pathology.

А.В.Капусткина, к.б.н.
Л.И.Нефедова, к.с.-х.н.
vizrspb@mail333.com

УДК 632.1/4:634.424.8

БОЛЕЗНИ ФЕЙХОА НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ИХ ВРЕДНОСТИ

М.Д. Омаров, Н.Н. Карпун, З.М. Омарова, Н.А. Остапева

Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур, Сочи

Представлен видовой состав возбудителей болезней культуры фейхоа на Черноморском побережье России. Приводятся сведения о степени развития болезней и их вредности. Наиболее значимыми болезнями этой культуры в регионе являются серая гниль цветков, плодов и листьев (возбудитель *Botrytis cinerea*), чернь листьев (*Capnodium citri*) и фомоз ветвей (*Phoma feijoa*). Потенциально опасны фузариоз (*Fusarium* sp.), южная склероциальная гниль (*Athelia rolfsii*) и северная галловая нематода (*Meloidogyne hapla*).

Ключевые слова: *фейхоа, болезни растений, патоген, вредность, серая гниль, методы защиты растений, Черноморское побережье России.*

Родина фейхоа - субтропическая зона Южной Америки. В настоящее время в диком виде она произрастает на обширном пространстве в кустарниковых и смешанных лесах Южной Бразилии, Парагвая, Уругвая и Северной Аргентины, где не наблюдается резких колебаний температуры воздуха и выпадает достаточное количество атмосферных осадков. В культуру фейхоа вошла здесь сравнительно недавно, примерно во второй половине XIX века. В Европу она была интродуцирована позднее.

В настоящее время культура фейхоа распространена во многих субтропических странах земного шара, в том числе в субтропических районах Кавказа и Причерноморья - в России, Грузии, Азербайджане и в Крыму.

В субтропической зоне России первые посадки фейхоа были сделаны в 1930 г. на территории Сочинской опытной станции субтропических и южных плодовых культур. Эти растения пре-красно сохранились до сегодняшнего дня и в возрасте более 80 лет дают регу-лярные урожаи.

Влажно-субтропическая зона России благоприятствует не только возделыванию ряда теплолюбивых субтропических культур, но также развитию и размножению возбудителей болезней и вредителей растений.

Впервые изучением болезней фейхоа в зоне влажных субтропиков занялся

Г.В.Артемов (1935). Он указывает 8 возбудителей, из которых 5 видов описывает как новые: *Leptosphaeria feijoa* Artemiev (sp. nov.), *Mycosphaera feijoa* Artemiev (sp. nov.), *Phyllosticta feijoa* Artemiev (sp. nov.) и *Phyllosticta feijicola* Artemiev (sp. nov.) на листьях; *Phoma feijoa* Artemiev (sp. nov.) на ветвях. Эти болезни и в настоящее время ежегодно поражают растения фейхоа.

С.А.Загайный с соавторами (1968) приводят лишь 3 болезни, имеющие существенное значение для культуры фейхоа в Черноморской зоне Краснодарского края, однако в Абхазии К.Т.Джа-лагония (1968) вновь описывает 8 возбудителей болезней на листьях, ветвях, цветках и плодах.

В 1970-1980 гг. для садов Грузии приводятся 13 болезней фейхоа, из них 11 инфекционных, вызываемых грибами (Мервали, 1970; Нахуцришвили, 1986).

За рубежом наиболее обстоятельные исследования болезней фейхоа ведутся в Северной (США: Калифорния, Флорида, Техас) и Южной Америке (Бразилия, Уругвай) и в Новой Зеландии. В целом, приводится более 20 грибов-возбудителей болезней (Horne, 1927; El, 1988; Cunda, 2006; Janick, Paul, 2006; Horst, 2008), при этом довольно подробно исследуются гнили плодов в период их хранения.

Изучение возбудителей болезней и вредителей фейхоа проводилось нами в промышленных и частных садах Черно-

морского побережья России начиная с середины 1980-х годов. Определение возбудителей болезней и вредителей, а также вредоносности и интенсивности развития болезней проводилось по общепринятым методикам (Загайный, 1968; Хохряков, 2003;

Ченкин, 2006). Полевые маршрутные обследования дополняли закладкой постоянных учетных площадок. Выделение и определение возбудителей болезней проводилось общепринятыми в фитопатологии методами (1982).

Результаты исследований

На протяжении последних 10 лет нами отмечено 24 заболевания, из которых 23 - инфекционные (табл. 1).

Таблица 1. Болезни фейхоа на Черноморском побережье России

Название болезни и возбудитель	*Развитие, %	
	2002-2010	2011
Болезни листьев		
Пятнистость песталогиозная коричневая <i>Pestalotiopsis gracilis</i> (Kleb.) Steyaert	2.5	0.5
Пятнистость песталогиозная серо-корич. <i>Pestalotiopsis versicolor</i> (Speg.) Steyaert (= <i>Pestalotia versicolor</i> Speg.)	2	0.1
Пятнистость филлостиктозная серая <i>Phyllosticta feijoa</i> Artemiev	4	0.2
Пятнистость филлостиктозная серая угловатая <i>Phyllosticta feijicola</i> Artemiev	3	0.5
Чернь <i>Capnodium citri</i> Berk. & Desm.	30-85	60
Серая гниль <i>Botrytis cinerea</i> Pers.	30-50	50
Болезни плодов		
Антракноз плодов <i>Glomerella cingulata</i> (Stoneman) Spauld., H.Schrenk	2	0.5
Гниль плодов голубая <i>Penicillium expansum</i> Link.	7	0.5
Гниль плодов плесневидная серая <i>Botrytis cinerea</i> Pers.	4	1.5
Черная гниль <i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill. (= <i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb.)	1.5	0.5
Гниль плодов монилиозная <i>Monilinia fructigena</i> Honey (syn. <i>Monilia fructigena</i> (Pers.) Pers.)	5	2
Некроз плодов. Возбудитель неизвестен	-	3
Болезни цветков		
Гниль цветков плесневидная серая <i>Botrytis cinerea</i> Pers.	50-90	70
Болезни ветвей и стволов		
Фомоз <i>Phoma feijoa</i> Artemiev	0.5-10	0.5
Болезни корней и корневой шейки		
Серая гниль <i>Botrytis cinerea</i> Pers.	0-50	0.5
Фузариоз <i>Fusarium</i> sp.	0-5	0.5
Бактериальный рак <i>Pseudomonas citriputeale</i> (C.O.Smith) Stapp	2.5	1
Гниль фитопфторозная <i>Phytophthora cactorum</i> (Lebert & Cohn) J. Schröt.	2.5	2.5

*Минимальное (0.1-1.0%) развитие болезни вызывали возбудители: пятнистостей листьев - *Leptosphaeria feijoa* Artemiev, *Mycosphaerella feijoa* Artemiev, *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., гниль плодов розовая *Trichothecium roseum* (Pers.) Link., лакированный трутовик *Ganoderma lucidum* (Curtis) P.

Karst., южная склероциальная гниль *Athelia rolfsii* (Curzi) C.C.Tu & Kimbr., белая гниль *Rosellinia* sp. северная галловая нематода *Meloidogyne hapla* Chitwood, а также фасциация побегов.

Среди возбудителей болезней преобладают грибы - 21 вид (относящиеся преимущественно к отделу Ascomycota), бактерия *Pseudomonas citriputeale* и нематода *Meloidogyne hapla*, вызывающая рак корней. Наиболее широко распространены листовые пятнистости и гнили плодов. Нами зарегистрированы 8 видов возбудителей пятнистостей листьев фейхоа. И хотя эти патогены встречаются повсеместно, болезни, вызываемые ими, развиваются в незначительной степени - 0.1-0.5%.

В последние годы наблюдается массовое поражение листьев возбудителем черни, степень развития которой может достигать 60-85%. Черный налет массово развивается на обеих сторонах листовых пластинок, а в условиях плохой проветриваемости посадок - на молодых побегах и ветвях. Заболевание интенсивнее развивается в южной части российского Черноморского побережья (Адлерский район, г. Сочи), где в большей степени наблюдается заселение растений японской восковой ложнощитовкой (*Ceroplastes japonicus* Green). В местах, где японская восковая ложнощитовка встречается единично, заболевание проявляется в загущенных и плохо проветриваемых посадках. Развитие черни на протяжении нескольких лет подряд ведет к сильному ослаблению растений фейхоа и снижению продуктивности.

На плодах выявлено 6 возбудителей грибных болезней. Среди них - возбудители серой, голубой, розовой, черной гнилей плодов (рис.).

В 2011 г. на коллекционном участке ВНИИ цветоводства и субтропических

культур посадки 1986 года впервые был отмечен некроз плодов (интенсивность развития болезни 3%). Однако причины этого заболевания пока установить не удалось.

Серьезную опасность для культуры фейхоа в регионе представляет серая гниль, которая кроме плодов поражает листья, цветы и корни (рис.). За последние 10 лет самое интенсивное развитие болезни наблюдалось в 2004 г. (90-95%), но, несмотря на массовое развитие болезни, в тот год урожай на коллекционном участке института был стабильным (8-15 кг/дер.) и зависел только от формы и сорта.



Рис. Плод фейхоа, пораженный розовой гнилью (возбудитель - *Trichothecium roseum* (Pers.) Link.), и пораженные серой гнилью цветки фейхоа (возбудитель - *Botrytis cinerea*)

Следует отметить, что все формы и сорт Суперба, выращиваемые на Черноморском побережье России, в равной степени поражаются серой гнилью. В среднем, урожайность фейхоа при сильном поражении серой гнилью снижалась в 2 раза (табл. 2).

Таблица 2. Вредоносность серой гнили на фейхоа на Черноморском побережье России (средние значения по формам)

Балл поражения	Урожайность		Коэффициент вредоносности, %
	кг/растение	ц/га	
0	7.8	78	0
1	7.2	72	7.7
2	6.5	65	16.7
3	5.1	51	34.6
4	4.0	40	48.7

Во ВНИИ цветоводства и субтропических культур на протяжении многих лет ведутся работы по получению новых форм фейхоа, обладающих ценными хозяйственными качествами, среди которых и устойчивость к серой гнили как наибо-

лее значимой болезни культуры на побережье. Так, среди насаждений семенного происхождения (коллекционный участок института и промышленные насаждения г. Сочи) выделены формы, отличающиеся повышенной устойчивостью к серой гнили: Д-1 (Дагомьская), 8-10 (Сентябрьская) и 0-01 (Дачная). При обследовании насаждений нами ни разу за период исследований не отмечалось поражение этих форм выше 2 баллов (табл. 3).

Таблица 3. Устойчивость форм фейхоа селекции ВНИИЦиСК к серой гнили

Формы фейхоа	Урожай при балле поражения серой гнилью, кг/растение				
	0	1	2	3	4
В среднем по формам	7.8	7.2	6.5	5.1	4.0
Форма Д-1	22.3	20.5	19.0	-	-
Форма 8-10	9.6	9.0	8.2	-	-
Форма 0-01	15.4	14.0	12.5	-	-

Максимальная вредоносность серой гнили на этих формах фейхоа составляет для формы Д-1 - 14.8%, для формы 8-10 - 14.6%, для формы 0-01 - 18.8%, что меньше в 2.5 раза, чем в среднем по культуре в регионе.

Болезни корней и корневой шейки вызывают 7 возбудителей. Эти заболевания опасны для сеянцев в питомниках. В дождливые годы наибольшее распространение имеет серая гниль. Гибель саженцев от нее в отдельные годы может достигать 50% (максимальные потери наблюдались в 2004 г.). Потенциально опасными являются возбудитель фузариоза, южная склероциальная гниль и северная галловая нематода.

Необходимо отметить, что сейчас проявляется тенденция расширения круга растений-хозяев у северной галловой нематоды в условиях Черноморского побережья России (Осташева, 2011). На саженцах фейхоа повреждения корневых систем этой нематодой впервые было отмечено нами в частном секторе г. Сочи в 2010 г. Повреждение саженцев, выращиваемых в контейнерах в открытом и закрытом грунте, достигало 10-20%. Считаем, что это связано с нарушением агро-

техники выращивания культуры. Во-первых, использованием в качестве почвенного субстрата отработанного грунта из тепличных хозяйств, на котором ранее выращивались овощные или цветочные культуры - известные хозяева северной галловой нематоды. Во-вторых, для полива использовалась вода из застойных водоемов.

Болезни ветвей и стволов вызывают 4 возбудителя. Наиболее вредоносен фомоз (заметное усыхание ветвей фейхоа от этой болезни происходит с февраля по июнь).

При настоящем уровне развития болезней на культуре фейхоа защитные мероприятия могут ограничиваться агротехническими приемами без использования химических средств защиты. Следует стремиться к созданию хорошо продуваемых насаждений, проводить формовоч-

ную обрезку крон растений, удалять (скашивать) сорную растительность с последующим мульчированием приствольных полос. Удаление из кроны пораженных ветвей следует проводить с захватом 20-30 см ниже места поражения. Опавшие и пораженные серой гнилью листья, цветы и плоды следует сгребать и уничтожать, что позволяет существенно сократить запас инфекции в насаждениях. Биологическая эффективность агротехнического метода составляет 50-75%.

В условиях Черноморского побережья России наиболее вредоносным заболеванием фейхоа является серая гниль. Далее следуют чернь и фомоз. Потенциально опасны возбудитель фузариоза, южная склероциальная гниль и северная галловая нематода.

Литература

Артемьев Г.В. Грибные болезни фейхоа // Совет. субтропики. 1935, 7 (11), с. 61-63.

Джалагония К.Т. Материалы к изучению грибных болезней культуры фейхоа в Абхазии // Субтропические культуры. 1968, 5 (97), с. 111-116.

Загайный С.А. и др. Защита субтропических и южных плодовых культур от вредителей и болезней в Черноморской зоне Краснодарского края. Краснодар, 1968, 168 с.

Методы экспериментальной микологии. Справочник / Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и др. Киев, Наукова Думка, 1982, 550 с.

Мкервали В.Г. Грибные патогены основных болезней фейхоа // Микология и фитопатология, 1970, 4, с. 404-408.

Нахуцришвили И.Г. Флора споровых растений Грузии (конспект). Тбилиси: Мецниереба, 198, 888 с.

Осташева Н.А. Галловая нематода (*Meloidogyne hapla* Chitwood) - опасный паразит лекарственных, плодовых и субтропических культур на Черноморском побережье России и меры борьбы с ней // Субтропич. и декорат. са-

доводство: сб. науч. тр., вып. 44, Сочи. ВНИИЦиСК, 2011, с. 236-240.

Хохряков М.К. и др. Определитель болезней растений. СПб, М., Краснодар, 2003, 592 с.

Ченкин А.Ф. Методика по организации и учету вредных организмов. М., 1993. 65 с.

Cunda Sisto J.N. Caracterization de plantas de "guayabo del pais" (*Acca sellowiana* (Berg) Burret) desde un enfoque fruticola // J. N. Cunda Sisto. Montevideo, 2006, 105 p.

El G.N.E., Alfieri S.A.J. et al. Pseudocercospora feijoa, new species causing a leaf spot disease on Feijoa sellowiana in Florida (USA) // Mycologia, 1988, 80 (6), p. 769-775.

Horne W.T. Notes on fruit decays of the Feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg.) // California Avocado Association, 1927, 12, p. 31-33.

Horst R. Kenneth. Westcott's Plant Disease Handbook. 7th edition. Berlin, Heidelberg, N.Y. Springer, 2008, 1317 p.

Janick J., Paull R. E. The encyclopedia of fruit & nuts / Edit by Jules Janick, Robert E. Paull. London: CABI, 2006, 954 p.

FEIJOA DISEASES ON THE BLACK SEA COAST OF RUSSIA AND WAYS TO REDUCE THEIR HARMFULNESS

M.D.Omarov, N.N.Karpun, Z.M.Omarova, N.A.Ostasheva

The specific composition of feijoa pathogens on the Black Sea coast of Russia is presented. Data on disease development and their harmfulness are given. The most significant diseases of feijoa in the region are gray decay of flowers, fruits and leaves (the pathogen *Botrytis cinerea*), sooty mould of leaves (the pathogen *Capnodium citri*) and necrosis of branches (the pathogen *Phoma feijoa*). Potentially dangerous pathogens are *Fusarium* sp., *Athelia rolfsii* and *Meloidogyne hapla*.

Keywords: feijoa, plant disease, pathogen, harmfulness, gray decay, plant protection, Black Sea coast of Russia.

М.Д.Омаров, д.с.-х.н., subplod@mail.ru

Н.Н.Карпун, к.б.н., nkolem@mail.ru

З.М.Омарова, к.с.-х.н., subplod@mail.ru

Н.А.Осташева, к.с.-х.н., subplod@mail.ru

УДК 581.573:632.95.024

ВОПРОСЫ ПРОБОПОДГОТОВКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИКАНТОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.К. Смирнов

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола

Проведено критическое рассмотрение методик количественного определения остаточных количеств пестицидов в пробах воды и почвы. Подобраны оптимальные условия разделения и количественного их определения с использованием газохроматографической системы "Кристалл 2000 М" (ЗАО СКБ "Хроматэк").

Ключевые слова: остаточные количества пестицидов, почва, влагосодержание, разделение, количественный анализ.

Среди актуальных загрязнителей окружающей среды пестициды занимают первое место, что обусловлено, в частности, их способностью сохраняться в воде и почве в течение долгого времени. Особенно актуальны в данном аспекте плохо растворимые в воде хлорорганические пестициды и полихлорированные бифенилы, период полураспада которых на открытом воздухе может достигать нескольких сотен лет. Для каждого пестицида устанавливаются правила и сроки применения, предельно допустимые концентрации в питьевых и поверхностных водах, почве и предельно допустимые нормы остаточных количеств в продуктах питания. Существует, как известно, федеральный закон "О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами" (2011), устанавливающий "...правовые основы обеспечения безопасного обращения с пестицидами, в том числе с их действующими веществами, а также с агрохимикатами в целях охраны здоровья людей и окружающей среды".

Рост масштабов применения подобных препаратов в сельском хозяйстве стимулирует разработку новых и модернизацию известных методик их определения на всех этапах анализа: хранения проб и стандартных образцов, пробоподготовки, определения и детектирования, вопросы автоматизации и т.д. Кроме того, для адекватной оценки риска, обусловленного применением пестицидов, весьма актуально определение их остаточных количеств (связанные

остатки), способных под влиянием различных факторов высвобождаться, адсорбироваться растениями и накапливаться в них в течение вегетационного периода.

В настоящее время существует достаточное количество нормативных документов, касающихся методов определения остаточных количеств пестицидов и их метаболитов в различных природных объектах. Критическое рассмотрение некоторых методик выявляет ряд общих положений, предполагающих многовариантность условий, а следовательно, и характеристик результатов анализа. В некоторых методиках, например, не всегда придается должное значение способу подготовки пробы для дальнейшего анализа и оборудованию, которое должно использоваться для этой операции. Недостаточно измельченная и гомогенизированная проба не позволит взять представительную навеску для анализа.

В данной работе с использованием методов спектрофотометрии (СФ) и хроматографии, включая тонкослойную (ТСХ) и газожидкостную (ГЖХ) хроматографию, рассмотрены вопросы количественного определения пестицидов прометрин, 4,4'-дихлордифенилдихлорэтан (ДДД), гексахлорциклопексан (ГХЦП), ципроконазол, 4,4'-дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЭ), фосфамид, метрибузин, метафос, альдрин, гептахлор.

Как известно, предварительное увлажнение и компостирование пробы увеличивает степень экстракционного

извлечения остатков пестицидов. Согласно МУ 2542-76 МЗ СССР “Методические указания по определению симм-триазиновых гербицидов (симазина, агразина, пропазина, прометрина, семерона, мезоранила, метазина, метопротрина, приматола-м) в зерне кукурузы, воде и почве методом газожидкостной хроматографии” перед извлечением симм-триазиновых гербицидов “...пробу почвы просеивают через почвенное сито и анализируют в естественно-влажном состоянии. Воздушно-сухую почву увлажняют водой из расчета 20% от массы почвы...” В указанной методике нет, однако, четких указаний относительно времени компостирования препаратов почвы (Громова, 1988).

В связи с этим нами была поставлена задача оценить влияние времени компостирования и влагосодержания на степень экстракционного извлечения широко известного пестицида класса симм-триазинов - прометрина. Для решения поставленной задачи исследовались образцы дерново-подзолистой почвы с различным влагосодержанием и компостированные в течение различных промежутков времени. При подготовке почвы к анализу пробу просеивали через почвенное сито и доводили до воздушно-сухого состояния. Предварительно определяли полную влагоёмкость почвы (Ганжара, 2002). Прометрин извлекали из почвы согласно упомянутой методике ацетоном, а затем после подщелачивания раствора - хлороформом. Предварительно было показано отсутствие влияния коэкстрактивных веществ при определении прометрина в почве, в частности существенное различие в величинах R_f (метод ТСХ) и времени удерживания (метод ГЖХ) данных соединений и прометрина.

Методами ТСХ, ГЖХ и СФ была выявлена явная корреляция величины влагосодержания и времени компостирования препаратов дерново-подзолистой почвы со степенью экстракционного извлечения гезагарда 50 (рис. 1).

Была отмечена необходимость предварительного компостирования препаратов, увлажненных до величин порядка 80% от полного влагосодержания в течение 24 часов. Установленный временной интервал обеспечивает достижение сорбционно-десорбционного равновесия, при этом количество извлекаемого прометрина увеличивается более чем в 5 раз по сравнению с образцами, предварительно увлажненными водой из расчета 20% от массы почвы согласно упомянутой методике.

В качестве эпизода проведенной работы выступает анализ природоохранного нормативного документа ПНД Ф 14.1:2:4.204-04 (2004), где отсутствует четкая регламентация в отношении типа используемого детектора, условий хроматографирования и т.д., обеспечивающих эффективное разделение пестицидов.

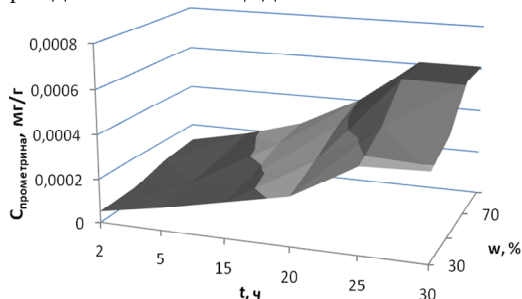


Рис. 1. Зависимость степени экстракционного извлечения прометрина от влагосодержания (w) и времени компостирования (t) по данным ГЖХ с ТИД (ГХ система "Кристалл 2000 М")

В указанном документе приведены ориентировочные метрологические параметры и условия хроматографирования применительно к газовому хроматографу с детектором электронного захвата (ДЭЗ) и капиллярной кварцевой колонкой HP-608 фирмы "Perkin Elmer". В связи с этим перед нами встала задача подбора условий, обеспечивающих эффективное разделение и количественное определение при использовании конкретной ГХ-системы, а именно "Кристалл 2000 М" производства ЗАО СКБ "Хроматэк", укомплектованного электрозахватным детектором (ДЭЗ).

В работе со стандартными образцами пестицидов нами были подобраны условия совместного количественного определения альдрина, гептахлора, ДДД, ДДЭ, альфа-, бета- и гамма-ГХЦГ на капиллярных колонках DB-1 и DB-608. Типичная хроматограмма смеси представлена на рисунке 2.

Градуировочные графики рассмотренных пестицидов линейны в диапазоне от 0,5 до 10 нг/мл для обеих колонок (рис. 3). Как было показано, газохроматографические колонки DB-1 и DB-608 характеризуются более широким диапазоном определяемых содержаний для альдрина, гептахлора и изомеров ГХЦГ соответственно.

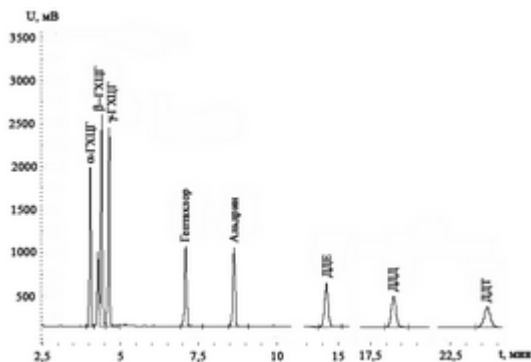


Рис. 2. Хроматограмма смеси пестицидов: колонка DB-1; подвижная фаза: азот; ДЭЗ; концентрация компонентов 1 мкг/мл

В связи с близкими показателями времени удерживания была осуществлена статистическая оценка возможности совместного определения β - и γ -гексахлорциклогексана, обладающих различной физиологической активностью. Установлено, что во всем диапазоне концентраций изомеров, используемых для градуировки β - и γ -ГХЦГ, соответствующих содержаниям, регистрируемым при анализе их остаточных количеств, данные изомеры не оказывают взаимного значимого влияния на результаты их количественного определения при подобранных условиях хроматографирования. Причем колонка DB-1, в отличие от DB-608, характеризуется лучшей разрешающей способностью (R_s) для β - и γ - изомеров

ГХЦГ (табл.). Рассчитанные пределы обнаружения токсикантов (10^{-12} – 10^{-11} г) позволяют определять их на уровне ПДК.

Таблица. Разрешающая способность колонок DB-1 и DB-608 к β - и γ -ГХЦГ

Колонка	DB-608	DB-1
C(β и γ), нг/мл	R_s	R_s
1	1.23	2.58
2	1.26	2.94
4	1.28	3.14
6	1.29	3.09
8	1.29	3.07
10	1.31	2.94
20	1.33	3.50
30	1.39	3.55
40	1.38	3.56
50	1.46	3.63

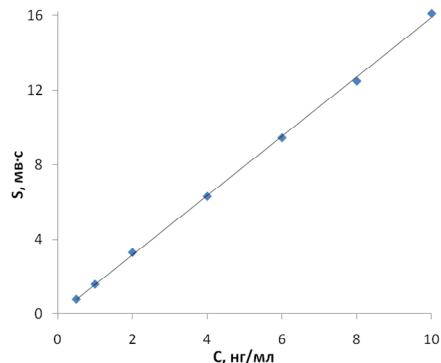


Рис. 3. Зависимость площади пика от концентрации гептахлора (колонка DB-608)

В настоящее время широко используется внесение комплексных пестицидных препаратов в почву, что обусловлено синергизмом их действия в целях защиты растений. Для некоторых вносимых в совокупности пестицидов этапы пробоподготовки схожи, что позволяет предположить возможность их совместного извлечения из анализируемой пробы при условии возможного последующего определения каждого компонента в полученном экстракте. Нами была решена задача подбора условий совместного извлечения пестицидов из одной пробы почвы, а также оценки возможности совместного определения смесей пестицидов на примере систем метафос+метрибузин, ципроконазол+фосфамид и прометрин+фосфамид

методами тонкослойной и газожидкостной хроматографии.

Заслуживают внимания следующие особенности предлагаемых методик. При анализе ципроконазола методом ТСХ по стандартной методике (Методические указания, 2000) предполагается использование любого из двух пятен, соответствующих четырем различным диастереомерам, обусловленным наличием двух асимметрических атомов углерода в его молекуле. Нами была поставлена задача градуировки и оценки сходимости результатов количественного определения ципроконазола по каждому пятну в отдельности. Как оказалось, экспрессный количественный анализ ципроконазола методом ТСХ целесообразно проводить, используя только одно из пятен, как характеризующееся лучшими метрологическими характеристиками, несмотря на то, что стандартная методика не уточняет тип пятна, используемого для его определения. Кроме того, методами ТСХ и ГЖХ было

показано статистически незначимое влияние ципроконазола и метафоса на количественное определение прометрина и метрибузина, соответственно, во всем диапазоне изученных содержаний, а также ципроконазола при анализе фосфамида в области содержаний, не превышающих 10 мкг по каждому компоненту, что накладывает определенные ограничения на возможность анализа высоких содержаний данных пестицидных препаратов. Возможным выходом из данной ситуации, как правило, служит анализ меньшей пробы образца и его разбавление.

Таким образом, важность решений, принимаемых по результатам анализа пестицидов, таких как оценка риска воздействия на человека и окружающую среду, выявление фальсифициатов пестицидных препаратов, предъявляют высокие требования к используемым методикам, а в ряде случаев - и критического рассмотрения существующих нормативных документов.

Работа выполнена при финансовой поддержке
Федерального агентства по образованию
(Темплан НИР ГОУВПО "МарГУ" на 2010-2012 гг.).

Литература

Ганжара Н.Ф. Практикум по почвоведению. М., Агроконсалт, 2002, 280 с.

Громова В.С. Способ определения хлорорганических пестицидов в почве. АС. №1385075 МКИ 01 №33/24 Бюлл. №12, 30.03.88.

Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в пищевых продуктах, кормах и внешней среде, №26. Киев, Укргосхимкомиссия, 2000, 221 с.

ПНД Ф 14.1:2:4.204-04. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения массовой концентра-

ции хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов (ПХБ) в пробах питьевых, природных и сточных вод методом газовой хроматографии. Взамен ПНД Ф 14.2:4.74-96; ПНД Ф 14.1.79-96; введ. 17.05.2004. М., Аналитический центр контроля качества воды ЗАО «РОСА», 2004, 32 с.

Федеральный закон от 19 июля 1997 г. № 109-ФЗ "О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами" (с изменениями от 10 января 2003 г., 29 июня 2004 г., 16 октября 2006 г., 26 июня, 30 декабря 2008 г., 4 октября 2010 г., 18, 19 июля 2011 г.).

ON SAMPLE PREPARATION AND TOXICANT DETECTION IN OBJECTS OF ENVIRONMENT

A.K.Smirnov

Critical consideration of techniques for quantitative detection of pesticide residues in water and soil samples is carried out. Optimum conditions for the residue separation and quantitative detection with use of gas chromatography detector Crystal 2000 M (joint-stock company SKB Khromatek) are selected.

Keywords: pesticide residues, soil, moisture content, separation, quantitative analysis.

А.К.Смирнов, к.х.н., aksmi@yandex.ru

УДК 632.954:582.682

ОЦЕНКА МИКОГЕРБИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ *DENDRYPHION PENICILLATUM* (CORDA) Fr. 1.39, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ РОСТА МАКА (ПИЩЕВОГО)

Н.Е. Агансонова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

На опытном поле филиала "Тосненская опытная станция защиты растений" ВИЗР в 2008-2009 гг. оценена эффективность применения опытной партии биопрепарата на основе штамма гриба *Dendryphion penicillatum* для подавления роста мака (пищевого). Показано, что сплошное опрыскивание с помощью мотодельтаплана FO-2 АГРО посевов мака в фазу 5-6 (2008) и 3-4 (2009) настоящих листьев обеспечивает сильное поражение листьев, стеблей, коробочек мака (увядание, пятнистость, деформацию коробочек

и недоразвитие в них семян), а также ростингибирующее действие - снижение биомассы, высоты растений, количества листьев. В оптимальный срок применения (в фазу 3-4 настоящего листа) на 14-23 сутки после опрыскивания количество выпадов растений мака составляет 9-10%, снижение биомассы - 61.6-66.7%, распространность и развитие болезни - 96.2-97.7% и 65-78.4% соответственно. Высота обработанных растений в 2-2.3 раза ниже, а количество листьев в 1.2-1.3 раза меньше контрольных.

Методика исследований

Производственную апробацию технологии применения опытной партии биопрепарата на основе штамма *D. penicillatum* (Corda) Fr. 1.39 (Гасич и др., 2010) проводили с применением мотодельтаплана FO-2 АГРО в 2008-2009 гг. на опытном поле филиала "Тосненская опытная станция защиты растений" ВИЗР (Тосненский район, Лен. обл.). Изучаемая культура - мак (пищевой), голубой.

Почва дерново-подзолистая, суглинистая, pH 5.5. Проведена глубокая осенняя вспашка, предпосевная весенняя культивация и прикатывание почвы (в 3-й декаде апреля) для выравнивания поверхности поля. Сроки сева - 30.04.08 и 01.05.09, норма высева семян 2.3 кг/га, глубина заделки семян - 1-2 см. Обработка почвы и посев мака проводились сотрудниками филиала. Время появления всходов - 19.05.08 и 16.05.09. В период вегетации проводились фенологические наблюдения за состоянием посева.

Разовые опрыскивания посевов мака проведены в фазу 5-6 настоящего листа (2008 г.) и в фазу 3-4-го настоящего листа (2009 г.) под вечернюю росу ($t=15-17^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха 60-75%) с.н.с. лаборатория механизации ВИЗР Корниловым Т.В. и доцентом СПб Университета аэрокосмического приборостроения Федченко В.Г. с применением мотодельтаплана университета. Использовались опытные партии биопрепарата, разработанные ЗАО "Агробиотехнология". Норма расхода биопре-

парата 19 л/га, рабочей жидкости - 50 л/га, рабочая концентрация 2.8×10^3 спор/мл (по данным с.н.с. лаборатории микологии и фитопатологии Е.Л.Гасич).

Оценку биологической эффективности биопрепарата после опрыскивания проводили в 2008 г. на 18 суток, в 2009 г. на 8, 14, 23 суток. Учитывались симптомы болезни мака, количество выпадов, распространность и развитие болезни (интенсивность поражения оценивали по 5-балльной шкале), а также влияние *D. penicillatum* на рост и развитие растений (высоту, вес растений, вес коробочек, количество листьев).

Делянки однорядные, расположение последовательное. Количество учетных площадок (размером 1 м^2) по 80 в опыте и в контроле. Контроль - делянки без обработки биопрепаратом. Отмечали наличие (отсутствие) вторичного отрастания растений.

Расчитывались распространность болезни (P_1) - % пораженных растений и % развития болезни (P_2) по формулам:

$$P_1 = 100A/N, \quad P_2 = 100\Sigma(A \times V)/N \times K,$$

где А - количество пораженных растений, N - общее число растений в пробе, В - соответствующий им балл поражения, Σ - знак суммы, К - высший балл шкалы поражения.

При статистической обработке данных использовали общепринятые методики.

Результаты исследований

Установлено, что одно сплошное опрыскивание посева мака в оптимальную (3-4 настоящих листа) и субоптимальную

(5-6 настоящих листьев) фазы развития биопрепаратом с применением мотодельтаплана FO-2 АГРО обеспечивает сильное

поражение листьев и стеблей мака - увядание, пятнистость, а также ростингибирующее действие на растения (снижение биомассы, высоты растений, количества листьев, веса коробочек). В 2008 г. при опрыскивании посева мака в фазу 5-6 настоящего листа биологическая эффективность биопрепарата на 18 сутки после обработки проявилась в сильном поражении в фазу плодоношения листьев, стеблей и коробочек мака - увядании, пятнистости, деформации потемневших коробочек и недоразвитии в них семян (рис. 1). Ростингибирующее влияние привело к снижению биомассы (58.7%), высоты растений (51.2%), количества листьев (22.3%), веса коробочек - 57,1% (рис. 1). Количество выпадов растений мака после обработки биопрепаратом составило 9,5%, распространенность болезни - 98% (табл. 1, 2).

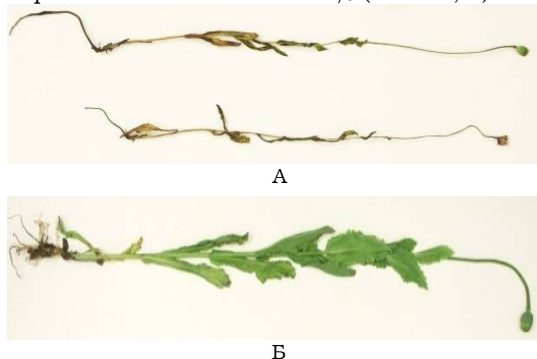


Рис. 1. А-пораженные растения мака на 18 сутки после обработки биопрепаратом на основе штамма *D. penicillatum* (2008 г.), Б-растение контрольного варианта.

Таблица 1. Влияние биопрепарата на основе *D. penicillatum* на рост и развитие мака (2008-2009 г.)

Дата	Вес растения, г	Вес коробочки, г	Высота растения, см	К-во листьев, шт.
Однократное опрыскивание биопрепаратом				
15.07.08	1.90±0.05	0.3±0.03	21.8±0.45	7.0±0.17
24.06.09	0.53±0,01	-	5.8±0.38	3.9±0.04
30.06.09	0.61±0,02	-	9.3±0.14	4.3±0.04
09.07.09	0.63±0,01	-	12.4±0.13	5.7±0.03
Контроль - без опрыскивания				
15.07.08	4.60±0.15	0.7±0.02	44.7±0.98	9.0±0.20
24.06.09	0.65±0,02	-	5.9±0.43	4.4±0.06
30.06.09	1.60±0,03	-	18.7±0.77	5.1±0.02
09.07.09	1.90±0,02	-	28.7±0.21	7.1±0.03

Таблица 2. Пораженность мака после обработки биопрепаратом на основе *D. penicillatum* (2008-2009 г.)

Дата	Количество выпадов, %	Снижение биомассы, %	Распространенность болезни, %	Развитие болезни, %
15.07.08	9.5	58.7	98.0	-
24.06.09	4.7	18.5	88.4	26.5
30.06.09	9.0	61.6	96.2	65.0
09.07.09	10.0	66.7	97.7	78.4

В 2009 г. при опрыскивании биопрепаратом в оптимальный срок применения (в фазу 3-4-го настоящего листа) установлено сильное поражение листьев и стеблей мака-увядание, пятнистость, появление на пораженных органах пятен измененной окраски. На листьях и стебле мака отмечены многочисленные красновато-бурые пятна, окруженные более темным ободком, различной величины и формы. При сильном развитии болезни листья и стебель сплошь покрывались пятнами, которые превращались в некрозы. Биологическая эффективность биопрепарата на 8, 14, 23 сутки после опрыскивания посева мака по датам 3-х учетов представлена в таблице 2. Вид посева мака на обработанной и контрольной делянках приведен на рисунке 2.

В опыте 2009 г. подтверждено ростингибирующее действие биопрепарата на растения при опрыскивании посева мака (табл. 1). Вторичного отрастания обработанных биопрепаратом растений не отмечено.

Таким образом, на основании результатов двухлетней производственной апробации отработаны основные элементы технологии применения биопрепарата на основе штамма *D. penicillatum* для уничтожения посева мака (пищевого) с помощью мотодельтаплана ГО-2 АГРО: оптимальный срок применения - фаза 3-4-х настоящих листьев, рабочая концентрация 2.8×10^3 спор/мл, одно сплошное опрыскивание, расход биопрепарата 19 л/га, рабочей жидкости - 50 л/га. Биологическая эффективность биопрепарата заключалась в сильном поражении листьев и стеблей мака -

увядании, пятнистости, а также в ростингибирующем действии на растения (снижении биомассы, высоты растений и количества листьев). На 14-23 сутки после опрыскивания количество выпадов растений мака составило 9-10%, сниже-

ние биомассы-61.6-66.7%, распространенность и развитие болезни-96.2-97.7% и 65-78.4% соответственно. Высота обработанных растений в 2-2.3 раза, количество листьев - в 1.2-1.3 раза меньше контрольных.



Рис. 2. Пораженность посева мака на 23 сутки после обработки биопрепаратом (2009 г.); слева - обработка биопрепаратом, справа – контроль (без обработки)

Литература

Гасич Е.Л., Хлопунова Л.Б., Бильдер И.В. «Штамм гриба *Dendryphon penicillatum* (Corda) Fr. 1.39, обладающий микро-

гербицидной активностью против мака снотворного». Патент РФ № 2377774. Зарегистрирован 10 января 2010 г., 6 с.

Работа выполнена при поддержке Государственного контракта № 1295/13. Н.Е.Агансонова, к.б.н. aghansonova@mail.ru

УДК 632.954/5/:582.794.1

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ В БОРЬБЕ С БОРЩЕВИКОМ СОСНОВСКОГО НА ЗЕМЛЯХ НЕСЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.Б. Егоров, Л.Н. Павлюченкова, В.И. Хайруллина

Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства

Борщевик Сосновского (*Heraclium Sosnovskyi* Manden), многолетнее растение семейства сельдерейных, с 50-х годов прошлого века культивировался во многих регионах России, включая северо-запад европейской части (Иванова и др., 1975; Чубарова, 1976). Он использовался в качестве кормового (силосного) растения. Однако, из-за содержания в нем фурукумаринов, вызывающих при контакте с кожей человека тяжелые дерматиты, похожие на ожо-

ги, борщевик перестали культивировать уже более 30 лет назад. Через несколько лет началось его активное распространение на землях различных категорий и вытеснение им местных видов травянистых растений. Отмечается аллелопатическое действие борщевика на другие виды травянистых растений (Смолин и др., 2011). Сегодня площади, занятые борщевиком, продолжают активно увеличиваться, в том числе и в Ленинградской области. Заросли

борщевика на фермах, вдоль автомобильных и железных дорог, на невозделываемых полях, на землях лесного фонда, в населенных пунктах представляют серьезную опасность для здоровья людей. Этот агрессивный вид интенсивно размножается семенами и расселяется, захватывая новые территории. Практика показала, что механические меры борьбы не дают желаемых результатов - борщевик быстро отрастает от корневой системы и возобновляется семенами. Единственной реальной возможностью уничтожить заросли борщевика и

предотвратить его дальнейшее распространение в настоящее время является применение гербицидов (Егоров и др., 2010; Егоров и др., 2012; Спиридонов и др., 2012). Чтобы оценить возможности и определить технологические регламенты применения современных, наиболее эффективных и экологически малоопасных гербицидов для уничтожения разновозрастных зарослей борщевика Сосновского необходимы экспериментальные исследования, конечная цель которых - разработка технологий по уничтожению борщевика гербицидами.

Методика исследований

Для решения этой задачи были отобраны перспективные для изучения гербициды из разных химических групп. В опытах были использованы следующие препараты и их баковые смеси:

- раундап ВР (360 г/л глифосата кислоты);
- анкор-85 ВДГ (750 г/кг сульфометурон-метила кислоты в виде калиевой соли);
- атрон ВДГ (750 г/кг сульфометурон-метила кислоты);
- ленок ВРГ (790 г/кг хлорсульфурина кислоты в виде калиевой соли);
- магнум ВДГ (600 г/кг метсульфурун-метила кислоты);
- арсенал ВК (250 г/л имазапира);
- атронПро ВДГ (250 г/кг имазапира + 75 г/кг сульфометурон-метила).

В 2010-2011 гг. на площадях, в сильной степени заросших борщевиком, были выполнены три полевых опыта по общепринятым методикам (Доспехов, 1979; Методика испытаний..., 1990). Исследования

проводили в Гатчинском районе Ленинградской области. Почва дерново-подзолистая супесчаная, содержание гумуса в верхнем 20 см слое почвы около 5%. Условия дренированные. Опрыскивание проводили в мае с использованием ранцевого ручного опрыскивателя «Соло» (расход рабочей жидкости 200 л/га, площадь делянки 50 м², повторность трехкратная). Взрослые растения борщевика в день обработки находились в фазе розетки высотой 30-40 см (в опыте с атронПро высота 80-90 см). Эффективность действия гербицидов определяли по снижению процента проективного покрытия почвы борщевиком в сравнении с контролем (без обработки гербицидом). Для этого закладывали временные учетные площадки (1×1 м) по 10 штук на делянку (30 площадок на вариант).

Все опыты были выполнены в наиболее жестких условиях, когда занос семян борщевика с сопредельных территорий не был исключен.

Результаты исследований

В полевом опыте 2010 г. обработка площади, занятой борщевиком, гербицидами и их смесями привела к следующим результатам (табл. 1). Через месяц после опрыскивания меньше всего растений борщевика сохранилось в вариантах с применением раундапа (6 л/га) и трехкомпонентной смеси (раундап, 3 л/га + магнум, 50 г/га + ленок, 4 г/га) - 6 и 6.2%, то есть биологическая эффективность была самой высокой - 94 и 93.8%. Несколько менее эффективно к этому сроку проявилось действие смеси раундапа с анкором-85 - 83.7%. Во всех остальных вариантах эффективность была на уровне 50%. Через два месяца после обработки и до конца сезона в этот год результаты кардинально изменились. Так, в варианте с применением одного раундапа началось довольно активное восстановление борщевика, и к

концу сезона проективное покрытие им почвы достигло 73%, то есть эффективность обработки с 94% снизилась до 25%. В варианте раундап + анкор-85 борщевик отмер полностью, эффективность - 100%. В вариантах с применением магнума, атрона, арсенала и смеси магнума с ленок растений борщевика сохранилось крайне мало - проективное покрытие ими почвы к концу сезона в перечисленных вариантах составило всего 1-2.5%, а эффективность была очень высокой - 99-97.4% соответственно. И только в варианте с трехкомпонентной смесью не произошло существенных изменений. Эффективность за этот срок увеличилась всего на 1% (с 93.8 до 94.8%) (табл. 1). Добавка гербицида ленок (4 г/га) к магнуму не вызвала увеличения эффективности.

Таблица 1. Биологическая эффективность действия гербицидов и их баковых смесей на борщевик Сосновского (обработка 15 мая 2010 г.)

Гербицид, норма применения	Проектное покрытие почвы растениями борщевика, %					
	14.06.10	17.07.10	10.09.10	15.06.11	20.07.11	27.08.11
Магнум, 100 г/га	51.5	2.3	1.5	50	70	100
Магнум, 100 г/га + ленок, 4 г/га	49.1	1.5	2.0	35	63	90
Атрон, 150 г/га	55.7	2.0	2.5	62	69	72
Арсенал, 2 л/га	49.0	2.6	1.0	70	75	79
Раундап, 3 л/га + магнум, 50 г/га + ленок, 4 г/га	6.2	4.0	5.0	40	70	96
Раундап, 3 л/га + анкор-85, 80 г/га	16.3	0	0	45	66	75
Раундап, 6 л/га	6.0	65.2	73.0	100	100	100
Контроль (без обработки)	100	100	100	100	100	100
	Биологическая эффективность, %					
Магнум, 100 г/га	48.5	97.3	98.5	50	30	0
Магнум, 100 г/га + ленок, 4 г/га	50.9	98.5	97.9	65	37	10
Атрон, 150 г/га	44.3	98.0	97.4	38	31	28
Арсенал, 2 л/га	51.0	97.4	99.0	30	25	21
Раундап, 3 л/га + магнум, 50 г/га + ленок, 4 г/га	93.8	96.0	94.8	60	30	4
Раундап, 3 л/га + анкор-85, 80 г/га	83.7	100	100	55	34	25
Раундап, 6 л/га	94.0	34.8	24.7	0	0	0

На следующий после обработки год началось восстановление борщевика на всех опытных делянках, но с разной интенсивностью. Так, в варианте с применением одного раундапа к середине июня борщевик уже полностью восстановился, проективное покрытие им почвы составило 100%, а эффективность соответственно 0% (табл. 1).

В остальных вариантах наблюдалось более медленное и постепенное восстановление борщевика в основном за счет семенного поколения, а также отдельных экземпляров,

сохранивших жизнеспособность и восстановившихся от корневых систем. Во второй половине вегетационного сезона эффективность в них была близкой и составила в июле 25-37%.

Кроме борщевика довольно активно заселяли площади такие виды как бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), лопух большой (*Arctium lappa* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.) и мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.).

В 2011 г. было восемь вариантов применения гербицидов и их смесей (табл. 2).

Таблица 2. Влияние химической обработки на нежелательную травянистую растительность и борщевик Сосновского в полевом опыте (обработка 09 мая 2011 г.)

Гербицид, норма применения	Проектное покрытие почвы травянистыми растениями, %			Биологическая эффективность, %		
	борщевик	другие виды	все виды	борщевик	другие виды	все виды
<i>Учет 11 июня 2011 г.</i>						
Раундап, 6 л/га	6	0	6	93	100	94
Раундап, 3 л/га + анкор-85, 100 г/га	10	1	11	89	90	89
Раундап, 3 л/га + магнум, 100 г/га	14	3	17	85	70	83
Арсенал, 1 л/га + анкор-85, 100 г/га	51	6	56	44	40	44
Анкор-85, 50 г/га + магнум, 50 г/га + арсенал, 0.5 л/га	41	5	46	55	50	54
Раундап, 3 л/га + анкор-85, 150 г/га	10	1	11	89	90	89
Раундап, 3 л/га + магнум, 50 г/га	22	4	26	76	60	74
Арсенал, 0.5 л/га + анкор-85, 50 г/га	32	8	39	65	20	61
Контроль (без обработки)	91	10	100	-	-	-
<i>Учет 23 июля 2011 г.</i>						
Раундап, 6 л/га	55	35	88	36	-106	12
Раундап, 3 л/га + анкор-85, 100 г/га	1	3	4	99	82	96
Раундап, 3 л/га + магнум, 100 г/га	1	2	3	99	88	97
Арсенал, 1 л/га + анкор-85, 100 г/га	0	0	0	100	100	100
Анкор-85, 50 г/га + магнум, 50 г + арсенал, 0.5 л/га	0	ед.	ед.	100	100	100
Раундап, 3 л/га + анкор-85, 150 г/га	0	ед.	ед.	100	100	100
Раундап, 3 л/га + магнум, 50 г/га	6	6	12	93	65	88
Арсенал, 0.5 л/га + анкор-85, 50 г/га	2	2	4	98	88	96
Контроль (без обработки)	86	17	100	-	-	-

Учет 25 августа 2011 г.

Раундап, 6 л/га	68	36	100	20	-112	0
Раундап, 3 л/га + анкор-85, 100 г/га	0	0	0	100	100	100
Раундап, 3 л/га + магнум, 100 г/га	0	2	2	100	88	98
Арсенал, 1 л/га + анкор-85, 100 г/га	0	0	0	100	100	100
Анкор-85, 50 г/га + магнум, 50 г/га + арсенал, 0,5 л/га	0	0	0	100	100	100
Раундап, 3 л/га + анкор-85, 150 г/га	0	0	0	100	100	100
Раундап, 3 л/га + магнум, 50 г/га	10	11	21	88	35	79
Арсенал, 0,5 л/га + анкор-85, 50 г/га	3	4	7	96	76	93
Контроль (без обработки)	85	17	100	-	-	-

Использование одного раундапа (6 л/га), как и в опыте 2010 года, оказалось малоэффективным - он обеспечил быстрое, но кратковременное действие на борщевик, кроме того наблюдалось активное разрастание таких видов сорняков, как лопух большой, крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), полынь обыкновенная, бодяк полевой и некоторые другие. Все остальные варианты показали высокую эффективность подавления борщевика к середине вегетационного сезона - 93-100%. Лучшие результаты (100% эффективность) получены в вариантах: арсенал, 1 л/га + анкор-85, 100 г/га; анкор-85, 50 г/га + магнум, 50 г/га + арсенал, 0,5 л/га и раундап, 3 л/га + анкор-85, 150 г/га.

В конце сезона в пяти вариантах со смесями гербицидов наблюдалось полное подавление борщевика. Минимальных норм применения анкора-85 и магнума (50 г/га) в сочетании с раундапом (3 л/га) оказалось явно недостаточно - наблюдалось постепенное восстановление борщевика вегетативным путем, а также сопутствующих многолетних двудольных видов.

В 2011 году был проведен отдельный

опыт с новым комбинированным гербицидом атронПро, ВДГ (250 г/кг имазапира, 75 г/кг сульфометурон-метила кислоты) для изучения эффективности его действия на борщевик Сосновского. В день обработки растения борщевика находились в фазе розетки (за исключением всходов 2011 года) высотой 60-90 см. Проективное покрытие ими почвы составляло 95%. Всходы борщевика в количестве не менее 80 экз./м² находились в фазе 2-4-х настоящих листьев.

Через 30 дней после обработки наблюдалось лишь частичное отмирание борщевика во всех опытных вариантах. Полностью отмерших экземпляров в фазе розетки не отмечено. При внесении атронПро скорость и интенсивность этих процессов увеличивалась с ростом нормы применения препарата. Так, общее проективное покрытие почвы борщевиком снизилось со 100% в контроле лишь до 49-80% (эффективность составила 20-51%) (табл. 3). Аналогичная картина наблюдалась и в вариантах с препаратами арсенал и атрон. Всходы борщевика полностью отмерли во всех вариантах опыта.

Таблица 3. Эффективность действия гербицидов на борщевик Сосновского (обработка 28 мая 2012 г.)

Варианты	Проективное покрытие почвы растениями борщевика, %				Биологическая эффективность, %			
	27.06.11	27.07.11	08.09.11	15.09.12	27.06.11	27.07.11	08.09.11	15.09.12
АтронПро, 1,0 кг/га	80	19	1	11	20	81	99	89
АтронПро, 1,5 кг/га	65	12	0	7	35	88	100	93
АтронПро, 2,0 кг/га	49	6	0	0	51	94	100	100
Арсенал, 2,0 л/га	69	35	3	12	31	65	97	88
Атрон, 240 г/га	72	16	4	10	28	84	96	90
Контроль (без обработки)	100	100	100	100	-	-	-	-

Второй учет через 61 день показал, что в вариантах с атронПро эффективность

возросла и составила 81-94%. В варианте с нормой применения 1,0 кг/га эффектив-

ность была наиболее низкой - 81%, примерно на этом же уровне была эффективность арсенала (65%) и атрона (84%). К 8 сентября борщевик полностью (на 100%) отмер в вариантах с применением атронПро в нормах 1.5 и 2.0 кг/га. Несколько слабее действовали арсенал и атрон, где началось постепенное восстановление борщевика. Эффективность этих гербицидов была на уровне атронПро в норме 1.0 кг/га.

Кроме этого следует отметить, что в вариантах с внесением арсенала и атрона кроме борщевика началось восстановление лопуха большого, бодяка полевого, сушеницы топяной (*Gnaphalium uliginosum* L.), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.). На делянках с нормами атронПро 1.0 и 1.5 кг/га начал восстанавливаться только лопух большой, но гораздо менее активно, чем в вариантах с эталонными гербицидами. На делянках с высокой нормой атронПро (2.0 кг/га) повторного отрастания сорняков не наблюдалось до конца сезона 2011 г.

К концу следующего вегетационного се

зона борщевик полностью отсутствовал только в одном варианте опыта - атронПро 2.0 кг/га. В остальных вариантах (атронПро 1.0 и 1.5 кг/га, атрон 240 г/га и арсенал 2.0 л/га) его распространение было очень незначительным - проективное покрытие 7-12%, высота 15-20 см. Появившиеся экземпляры борщевика были семенного происхождения и имели характерные повреждения от гербицидов. Кроме того, во всех вариантах наблюдали разрастание нескольких двудольных видов трав - лопуха большого, бодяка полевого и, в первую очередь, мелколепестника канадского. Общее проективное покрытие почвы этими видами растений составляло 45-82%. Причем максимальное распространение наблюдалось в вариантах с минимальными нормами атронПро (1.0 и 1.5 кг/га).

Итак, опыт показал, что атронПро очень эффективен против борщевика Сосновского в нормах применения 1.5 и 2.0 кг/га и существенно превосходит гербициды атрон (240 г/га) и арсенал (2 л/га) при обработке его на ранних фазах развития.

Выводы

Полевые исследования показали, что против борщевика Сосновского наиболее эффективно использование баковых смесей гербицидов (дву- и трехкомпонентных) или комбинированных препаратов, что подтверждается и данными, полученными в Московской области (Спиридонов и др., 2012).

Для практически полного подавления разновозрастных экземпляров борщевика Сосновского даже при его высокой сомкнутости и многоярусности рекомендуется применение следующих баковых смесей гербицидов и их композиций:

- раундап (3 л/га) + анкор-85 (80-150 г/га);
- арсенал (1 л/га) + анкор-85 (100 г/га);
- раундап (3 л/га) + магнум (100 г/га);
- анкор-85 (50 г/га) + магнум (50 г/га) + арсенал (0.5 л/га);
- атронПро (1.5; 2.0 кг/га).

Использование анкора-85 и магнума в минимальных нормах (50 г/га) в сочетании с раундапом (3 л/га) не обеспечивает полного подавления борщевика даже при

опрыскивании в оптимальные сроки (середина мая в Ленинградской области), в результате чего он быстро восстанавливается. Применение одного раундапа даже при высокой норме (6 л/га) малоэффективно - борщевик уже через 1.5-2 месяца интенсивно восстанавливается, кроме того, разрастаются другие двудольные виды сорняков.

Новый комбинированный гербицид атронПро показал высокую эффективность действия на борщевик Сосновского. При обработке в фазе розетки в третьей декаде мая этот препарат в нормах 1.5 и 2.0 кг/га обеспечил полное подавление борщевика и сопутствующих многолетних двудольных видов (лопух большой, крапива двудомная, бодяк полевой) до конца вегетационного сезона. На следующий год наблюдалось постепенное зарастание перечисленными выше двудольными видами и, кроме того, мелколепестником канадским. В норме 2 кг/га атронПро полностью подавлял семенное возобновление

борщевика в течение двух вегетационных сезонов.

Атрон в норме 150 г/га, анкор-85 и магнум (100 г/га) показали довольно высокую эффективность (96% и выше), однако полное подавления борщевика не вызвали.

После успешного применения персистентных гербицидов (сульфонилмочевины, имидазолины) в сочетании с глифосатом или без него против борщевика Сосновского после инактивации препаратов в почве наблюдается зарастание пло-

щадей такими видами сорняков как лопух большой, бодяк полевой, крапива двудомная и др. Причем, в ряде случаев в составе растительности доминирует мелколестник канадский, борьба с которым может успешно проводиться с использованием глифосатсодержащих гербицидов. При заносе семян борщевика с сопредельных (необработанных) территорий резко возрастает вероятность его повторного восстановления. При организации работ необходимо исключить эту возможность.

Литература

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., Колос, 1979, 416 с.

Егоров А.Б., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н. Гербициды для борьбы с борщевиком Сосновского // Защита и карантин растений, 2010, 3, с. 74-75.

Егоров, А.Б., Павлюченкова, Л.Н., Хайруллина, В.И. Гербициды для борьбы с борщевиком Сосновского в культурах ели европейской // Защита и карантин растений, 2012, 11, с. 26-28.

Иванова Н.И., Кулибаба Н.Н. Борщевик Сосновского. Лениздат, Псковское отделение, 1975, 11 с.

Методика испытаний гербицидов и арборицидов

в лесном хозяйстве (Методические рекомендации). ЛенинНИЛХ, Л, 1990, 44 с.

Смолин Н.В., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н. Поиск путей борьбы с борщевиком Сосновского продолжается // Защита и карантин растений, 2011, 8, с. 26-28.

Спиридонов Ю.Я., Протасова Л.Д. Эффективность гербицидов в борьбе с борщевиком Сосновского // Защита и карантин растений, 2012, 9, с. 27-29.

Чубарова Г.В. Борщевик Сосновского в Нечерноземной зоне // Земледелие, 1976, 10, с. 38-39.

А.Б.Егоров, д.б.н., mail@spb-niilh.ru
Л.Н.Павлюченкова, В.И.Хайруллина

УДК 632.35:633.11

АРЕАЛ И ЗОНА ВРЕДНОСНОСТИ БАЗАЛЬНОГО БАКТЕРИОЗА ПШЕНИЦЫ

А.М. Лазарев*, И.Н. Надточий*, В.В. Котляров**

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

***Краснодарский государственный сельскохозяйственный университет*

Базальный бактериоз пшеницы - возбудитель *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (scarab.msu.montana.edu) встречается в США, Канаде, Южной Австралии и странах Южной Африки. Заболевание распространено повсеместно на всей территории б. СССР, где выращивают эту культуру.

Заболевание активно развивается в прохладные и влажные годы, особенно при холодной сырой весне. Его распространению способствует низкая температура (15-18°C) в период от начала колошения до созревания, а также повышенная влажность воздуха (более 60-65%) и большое количество осадков перед наливом зерна. Оптимальной температурой для развития базального бактериоза является 23-25°C.

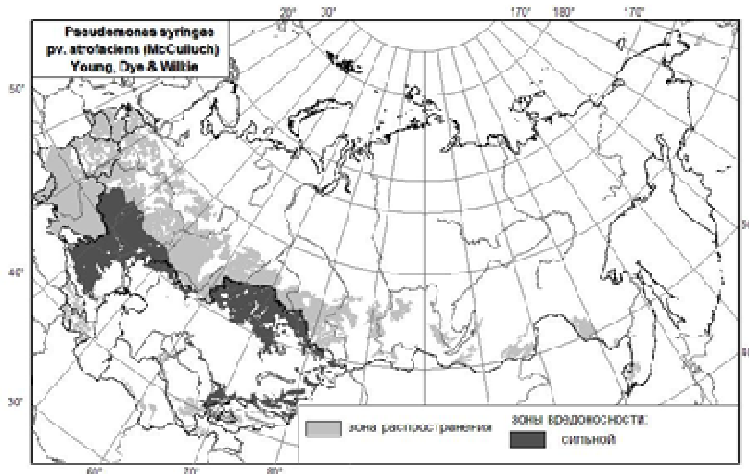
Бактериоз поражает листья, зерна и чешуи колосков. На листовых пластинках

формируются коричневые (не просвечивающие) пятна, при этом бактериальный экссудат и пленка отсутствуют. Ранее заражение часто приводит к карликовости растений. При сильном поражении листья засыхают, колосья нередко деформируются. Наиболее типичные симптомы болезни проявляются на колосковых чешуях, основание которых окрашивается в темно-коричневый цвет (до черного). При слабом поражении темнеет лишь узкая внутренняя часть, симптомы болезни четко не проявляются. Сильное поражение может привести к почернению всей чешуи. При заражении растений до фазы молочной спелости заболевание переходит на зерно, которое делается щуплым, при этом зародыш погибает. Болезнь передается с семенами; при

сильном поражении семена гнивают в почве или отмирают ростки. Возбудитель болезни сохраняется в больных семенах и пораженных растительных остатках, в почве он быстро погибает. В областях ЦЧЗ распространенность базального бактериоза колеблется от 1% до 30-50% при развитии от 0.3% до 25.3% (в зависимости от сортов яровой пшеницы и условий выращивания), а отдельные сорта озимой пшеницы (Воронежская и Липецкая области) могут быть поражены до 72%. В Краснодарском крае отмечают до 36% растений озимой

пшеницы, пораженных этим заболеванием, при распространении от 50 до 100%. В естественных условиях возбудитель базального бактериоза пшеницы поражает также рожь, ячмень и овес.

При составлении ареала базального бактериоза пшеницы на территории Российской Федерации и сопредельных государств за основу взята карта распространения пшеницы, предложенная И.Е.Королевой и др. (2003), а также использованы опубликованные в открытой печати литературные источники.



Векторная карта распространения бактериоза в масштабе 1:20 000 000 в проекции Равновеликая Альберса на СССР, 9, 1001, 7, 100, 0, 44, 68, 0, 0 создана с помощью средств ГИС-технологий.

Карта векторная состоит из двух тематических слоев, характеризующих зону распространения и зону высокой вредоносности болезни. Зона высокой вредоносности определена в тех регионах, где спорадически возникают эпифитотии и могут поражаться более 20% растений.

В сводке отмечена распространенность указанного бактериоза во всех зонах выращивания пшеницы на территории б. Советского Союза - в ЦЧЗ РФ (Воронежская, Курская, Белгородская, Тамбовская, Липецкая, Орловская области), в Краснодарском и Ставропольском краях, в Ленинградской, Ивановской, Тверской, Ростовской, Московской, Кировской, Волгоградской, Саратовской и др. областях, в Западной Сибири, в Кабардино-Балкарской Республике и Республике Северная Осетия

(Взоров, 1938а, 1938б; Оксентьян, 1948; Израильский, 1960; Горленко, 1966, 1979; Хаврицина, 1967, 1976; Илюхина, 1976а, 1976б, 1979, 1990; Шнейдер, Илюхина, 1975, 1978; Хаврицина и др., 1976; Рекомендации по диагностике..., 1977; Сидоренко и др., 1977а, 1977б; Шпаар и др., 1980; Бактериозы пшеницы и меры борьбы..., 2005; Дьяченко, 2006), а также в Одесской, Николаевской, Кировоградской, Черкасской, Киевской и др. областях Украины (Оксентьян, 1948; Сидоренко и др., 1977б; Сулейман Ахмед Бег Набил, 1987), в Минской, Могилевской и др. областях Белоруссии, в Казахстане (Израильский, 1960). Выделена зона высокой вредоносности, включающая ЦЧЗ РФ (Воронежская, Курская, Белгородская, Тамбовская, Липецкая, Орловская области), Саратовская, Ростовская и Волгоградская

области, Краснодарский Ставропольский края, Кабардино-Балкарская Республика и Республика Северная Осетия, Казахстан (Хаврицина, 1967, 1976; Шнейдер, Илюхина, 1975, 1976, 1976а, 1979, 1990; Хаврицина и др., 1976; Дьяченко, 2006).

Уточнение конфигурации границ ареала и зоны вредоносности болезни

выполнено также по картам распространения пшеницы (Королева и др., 2003). В пределах ареала бактериоза выделена зона высокой вредоносности в тех регионах, где спорадически возникают эпифитотии и могут поражаться более 20% растений (Шнейдер, Илюхина, 1990).

Литература

Бактериозы пшеницы и меры борьбы с ними (Методические рекомендации) (ред. Павлюшин В.А.). ВИЗР, СПб, 2005, 35 с.

Взоров В.И. Выявление видового состава и географии бактериозов растений в Советском Союзе // Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР за 1936 г. 3. Вирусные и бактериальные заболевания растений, биометод, химизация и механизация защиты растений. Л., Гос. изд-во колх. и совх. лит.-ры, 1938а, с. 40-45.

Взоров В.И. Состав и распространение бактериозов сельскохозяйственных растений в Советском Союзе // Известия Ростовской станции защиты растений. Ростов-на-Дону: Ростовское областное книгоизд-во, 1938б, 9, с. 87-91.

Горленко М.В. Бактериальные болезни растений (ред. Соколова Н.А.). М., Высшая школа, 1966, 291 с.

Горленко М.В. Бактериозы хлебных злаков // Бактериальные болезни растений (ред. Израильский В.П.). М., Колос, 1979, с. 3-43.

Дьяченко А.А. Физиологические и экологические основы защиты посевов зерновых колосовых культур от бактериозов. Автореф. канд. дисс. ФГУ КГАУ, Краснодар, 2006, 24 с.

Израильский В.П. / ред./ Бактериальные болезни растений. М., Гос. изд-во с.-х. лит.-ры, 1960, 468 с.

Илюхина М.К. Бактериозы озимой пшеницы в Центрально-Черноземной полосе и Краснодарском крае и обоснование мер борьбы с ними. Автореф. канд. дисс., ВНИИЗР, М., 1976а, 18 с.

Илюхина М.К. Бактериозы озимой пшеницы. Методика учета и прогноза развития вредителей и болезней полевых культур в Центрально-Черноземной полосе (ред. Лахидов А.И. и др.). Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1976б, с. 66-68.

Илюхина М.К. Бактериозы яровой пшеницы // Земледелие. М., Колос, 1979, 8, с. 50-51.

Илюхина М.К. О разработке норм зараженности семян пшеницы бактериальными объектами // Фитонциды. Бактериальные болезни растений (ред. Гвоздик Р.И. и др.). Материалы конф., 2. Киев-Львов, КГТ-2, 1990, с. 52-53.

Королева И.Е., Вильчевская Е.В., Рухович Д.И. Компьютерная карта распространения пшеницы. М., Лаборатория почвенной информации Докучаевского ин-та почвоведения, 2003.

Минько Н.Д., Королева И.Б. Pseudomonas atrofaciens - основной возбудитель бактериоза яровой пшеницы в лесостепи Украины // Микробиол. журнал, 42, 4. Киев, Наукова думка, 1980, с. 415-419.

Оксентьян У.Г. Распространение и диагностика бактериоза пшеницы, вызываемого Pseudomonas atrofaciens // Докл. ВАСХНИЛ. М., Изд-во МСХ СССР, 1948, 4, с. 45-48.

Рекомендации по диагностике базального бактериоза пшеницы (ред. Артеменко Н.Л.). Киев, Урожай, 1977, 12 с.

Сидоренко С.С., Королева И.Б., Пастушенко Л.Т. О возбудителе базального бактериоза озимой пшеницы в условиях Украины // Бактериальные болезни растений (ред. Горленко М.В.). М., Колос, 1977а, с. 27-30.

Сидоренко С.С., Королева И.Б., Правошинская Н.П. О бактериальных заболеваниях озимой пшеницы в условиях УССР // Бактериальные болезни растений (Горленко М.В.). М., Колос, 1977б, с. 23-26.

Сулейман Ахмед Бег Набил. Устойчивость районированных и перспективных сортов озимой пшеницы к базальному бактериозу в условиях северной части лесостепи Украинской ССР. Автореф. канд. дисс., УПК УСХА, Киев, 1987, 16 с.

Хаврицина Т.И. Бактериозы озимой пшеницы // Защита растений, 1976, 1, с. 25.

Хаврицина Т., Сидоренко С., Правошинская Н.П. Возбудители бактериозов озимой пшеницы в Адыгейской автономной области и меры борьбы с ними // Третья Всесоюзная конференция по бактериальным болезням растений (тез. докл.) (ред. Канчевели Л.А. и др.). Мецниереба, Тбилиси, 1976, с. 93-94.

Шнейдер Ю.И., Илюхина М.К. Вредоносность бактериозов озимой пшеницы // Защита растений, 1978, 2, с. 32.

Шнейдер Ю.И., Илюхина М.К. Изучение бактериозов озимой пшеницы в Краснодарском крае // Фитопатогенные бактерии. Киев, Наукова думка, 1975, с. 144-146.

Шпаар Д., Клейнхемпель Г., Мюллер Г., Науманн К. Бактериозы культурных растений // Справочная книга (пер. Попковой К.В.). М., Колос, 1980, 143 с.

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ N 2625.

А.М.Лазарев, к.б.н., allazar54@mail.ru
И.Н.Надточий, м.н.с., irina_nadtochii@mail.ru
В.В.Котляров, д.с.-х.н.,
vladimir.v.kotlyarov@rambler.ru

УДК 633.521:632.938.1

СЕЛЕКЦИЯ ЛЬНА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СЕПТОРИОЗУ**Л.Н. Курчакова***Всероссийский НИИ льна, Торжок*

Создание сортов, устойчивых к септориозу (пасмо) - одна из главных задач в селекции льна-долгунца. Решение этой проблемы невозможно без вовлечения в селекционный процесс новых источников устойчивости, для чего необходимо вести их поиск среди мирового разнообразия льна. Для повышения эффективности использования новых источников в селекции необходимо знание эколого-генетических особенностей наследования устойчивости, однако генетический контроль устойчивости льна к пасмо практически не известен. Сорта льна-долгунца, устойчивые к пасмо, в Госреестре РФ отсутствуют.

До 1978 года пасмо являлось карантинным заболеванием льна. Снятие карантинного способствовало еще большему распространению заболевания льна-долгунца во всех зонах возделывания культуры, хотя до настоящего времени пасмо остается карантинным для льна масличного в России.

Решение вопросов борьбы с септориозами селекционными методами - задача очень сложная. Во многом это обусловлено отсутствием надежных источников устойчивости. Анализ литературы не выявил сведений о наличии иммунных к септориозу форм культурных и диких видов растений. На наличие же форм, устойчивых к септориозам, указывают многие исследователи.

Были разработаны экспресс-метод по оценке льна-долгунца на устойчивость к пасмо (Вахрушева, 1980а, 1980б), методы искусственного заражения льна-долгунца пасмо для целей селекции (Лошакова, 1981) и созданию инфекционного фона для оценки селекционных образцов льна по устойчивости к пасмо (Курчакова, 1988).

Это существенно ускорило полевые исследования.

Получены формы льна, устойчивые к септориозу, показана возможность использования сортов Crystal, Белоснежка в качестве источников устойчивости к возбудителю этого заболевания (Курчакова, 2009). Разработан способ оценки гибридного материала льна-долгунца по устойчивости к пасмо (возб. *Septoria linicola* (Speg.) Gar.). Изучен характер наследования устойчивости льна к возбудителю болезни пасмо. Установлено, что признак контролируется полигенно. В систему генетического контроля степени развития пасмо существенный вклад вносят гены с аддитивным действием, признак наследуется по типу неполного доминирования. В наследовании устойчивости льна к пасмо присутствует разнопнаправленное доминирование. Доминантные аллели, определяющие устойчивость к пасмо, обнаружены у сортов Crystal, Natasja и Белоснежка, линии Л-75.

Впервые определены эколого-генетические аспекты наследования устойчивости льна к септориозу. Создан новый селекционный материал льна и доноры устойчивости к пасмо. В результате оценки мирового генофонда льна в 1980-2007 гг. (1565 образцов коллекции льна из разных эколого-географических зон распространения культуры) выявлено 6 образцов высоко- и 45 - среднеустойчивых к пасмо.

Выявленные и созданные нами доноры устойчивости к пасмо: Crystal, Белоснежка, Л-75 и селекционные линии (5-169-0-2-2, 5-1690-2-1, 6-159-2-3-5, 6-160-0-1-Х-Е, Л-35-4-5-1-2 и др.) рекомендуется использовать в практической селекции льна-долгунца (Курча-

кова, 2009).

Необходимо учитывать, что устойчивость к септориозам нестабильна и может изменяться как по годам, так и в пространстве. Это подтвердили и результаты наших исследований. Однако выявлены формы, проявляющие устойчивость на протяжении нескольких десятилетий и в разных природно-климатических зонах. Так, об устойчивости сорта льна Crystal сообщали G.H.Goulden и T.M.Stevenson

(1949), A.C.Dillman (1953), Г.Флор (1956). Наши исследования также подтверждают, что сорт Crystal сохраняет свою устойчивость к септориозу на протяжении многих лет.

Для селекционной практики прежде всего представляют интерес формы, характеризующиеся групповой устойчивостью. В результате исследований нами выделены образцы, устойчивые к двум и более болезням (табл.).

Таблица. Образцы льна, характеризующиеся групповой устойчивостью к двум и более грибным заболеваниям (Курчакова и др., 2000)

№ каталогов		Образцы	Страна-оригинатор	Развитие болезни, балл			
ВНИИЛ	ВИР			Ржавчина	Фузариоз	Антракноз	Пасмо
1071	1999	Linota	США	1	1	2	4
1684	3972	Bison C.A.389	США	2	1	3	3
1757	4069	Bombay sel.	Индия	1	1	-	3
3641	6263	Giza Purple	Египет	2	1	2	3
3673	6295	Crystal	США	2	-	2	2
3675	6297	Leona	США	1	1	1	4
3952	6582	Cree	Канада	1	1	3	4
3979	6609	Forrest	Австрал.	0	2	4	3
4116	6746	Aoyagi	Япония	1	2	4	2
4241	6871	Querandi	Аргентина	1	2	2	4
4260	6890	Daros 1	ГДР	1	2	4	3
4782	7413	Уругвай x 1288/12	Россия	1	1	2	4
4795	7426	Krajory CI	ЧССР	1	2	2	3
4996	7628	Л-140-16	Россия	1	2	3	3
5046	7678	Ника	Беларусь	2	1	4	3
5060	7692	Г-82	Россия	2	1	4	4
5061	7693	F106	Россия	1	-	2	4
5097	7730	Saskia	ЧССР	1	2	3	3
5221	7868	Л-82-1-8-3	Россия	1	3	3	2
5240	7870	Г-4829	Россия	1	3	3	2
5243	7873	Г-4918	Россия	0	0	3	3
5248	7883	ВИР-7	Россия	0	1	3	3
5256	7891	Л-4-2-1	Россия	1	2	3	2
5271	7906	Г-4496	Россия	1	2	3	4
5316	0	Г-1781-4-18	Россия	0	1	3	4
5326	0	АР-7	Россия	1	1	3	4
5327	0	КЛН-1	Россия	2	1	3	4

Итак, во ВНИИ льна создан сорт льна-долгунца Белоснежка (патент № 0975 от 11.05.2001) высокоустойчивый к септориозу (пасмо), однако, учитывая его низкую продуктивность по волокну, он не проходил испытание на допуск к использованию. Также нами созданы се-

лекционные линии льна, характеризующиеся высокой (более 70%) устойчивостью к этому заболеванию, которые в разное время переданы в Национальную коллекцию русского льна ВНИИ льна и коллекцию ВИР им. Н.И.Вавилова, Псковский НИИСХ.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что в настоящее время селекционная работа на устойчивость к возбудите-

лям септориозов проводится, имеются определенные успехи, однако она должна быть усилена.

Вахрушева Т.Е. Оценка сортовой устойчивости льна к пасмо. Методические указания. Л., 1980а, 25 с.

Вахрушева Т.Е. Экспресс-метод оценки льна-долгунца на устойчивость к пасмо // Защита растений. 1980б, 10, с. 47.

Курчакова Л.Н. Создание инфекционного фона для оценки селекционных образцов льна по устойчивости к пасмо // Селекция, семеноводство и агротехника возделывания льна-долгунца. Сб. науч. тр. Торжок, 1988, 25, с. 39-41.

Курчакова Л.Н., Лошакова Н.И., Крылова Т.В. и др. Устойчивость образцов Национальной коллекции Русского льна к основным грибным заболеваниям. Торжок, 2000, 96 с.

Курчакова Л.Н. Создание устойчивых к септориозу

Литература:

(пасмо) форм льна // Доклады РАСХН, 2009, 2, с. 21-23.

Лошакова Н.И. Разработать методы искусственного заражения льна-долгунца пасмо для целей селекции. Научный отчет за 1976-1980 гг. Торжок, 1981, 99 с.

Флор Г. Увядание, ржавчина и пасмо льна // Болезни растений. Ежегодник. Мин. земледелия США. Пер. с англ. Общая ред. М.С.Дунина, М, 1956, с. 811-816.

Clark R.V., Zelleinsky F.Z. Epidemiology. Studies on the Septoria disease of cats// Can. J. Bot., 1960, 38, p. 93-102.

Dillman A.C. Classification of Flax //Varieties, 1946 Technical Bulletin. Washington, 1953, N.1054, p. 56.

Goulden G.H. and Stevenson T.M. Breeding for Disease – Resistance in Canada Part II Flax and Forage crops From the Empire //Journal of Experimental Agriculture. Oxford, 1949, Oct., XVII, 68, p. 222-229.

Л.Н.Курчакова, д.с.-х.н., lilia.kurchakova@mail.ru

**ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА ВЛАДИМИРА НИКОЛАЕВИЧА БУРОВА
(1931-2013)**

11 марта 2013 г. на 82-м году жизни скончался Владимир Николаевич Буров, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР), член-корреспондент Россельхозакадемии, профессор, доктор биологических наук.

С именем В.Н.Булова связано начало в СССР и России научно-исследовательских работ по ряду новых перспективных направлений в энтомологии и защите растений. Эти исследования включали изучение закономерностей динамики численности природных популяций сельскохозяйственных вредителей, а также разработку таких методов борьбы с ними, которые позволили бы перейти от применения в целях защиты растений препаратов с широким спектром активности (биоцидов) к использованию средств с повышенной избирательностью действия (аналоги гормонов, феромоны, вторичные метаболиты растений и т.д.).

В.Н.Буров родился 8 декабря 1931 года в Ленинграде, и почти вся его жизнь (кроме периода эвакуации) прошла в этом городе. В 1949 г. сразу после окончания школы он поступил на биолого-почвенный факультет Ленинградского государственного университета, который окончил в 1955 г. по специальности "зоология - энтомология".

В январе 1959 г. Владимир Николаевич был зачислен в очную аспирантуру ВИЗР, с которым была связана в дальнейшем вся его научная карьера. После успешного окончания в 1962 г. аспирантуры Владимир Николаевич был оставлен в штате института в должности младшего научного сотрудника лаборатории по изучению вредителей зерновых культур. В 1963 г. он защитил кандидатскую диссертацию по теме "Факторы, определяющие динамику численности и вредоносности остроголовых клопов в Северном Казахстане" (руководитель Т.Г.Григорьева).

Работу Владимира Николаевича в ВИЗР можно разделить на два этапа. С момента зачисления в штат сотрудников института и до 1973 г. он принимал участие в различных исследованиях по вредителям зерновых культур. Вначале он проводил эти работы в должности младшего и старшего (1966) научного сотрудника лаборатории по изучению вредителей зерновых культур, а в марте 1968 г. был назначен на должность руководителя проблемной лаборатории по вредной черепашке. В этот период впервые ярко проявились организаторские способности Владимира Николаевича. В течение ряда лет он возглавлял комплексную экспедицию ВИЗР по разработке системы защитных мероприятий от вредной черепашки в Сальских степях Ростовской области и в Ставропольском крае, а также был ответственным за координацию исследований по вредной черепашке в СССР.

В начале 1970-х годов Владимир Николаевич выступил пионером в организации в нашей стране исследований по изучению закономерностей гормональной регуляции развития и размножения насекомых, изысканию путей искусственного управления этими процессами и применению новых биологически активных веществ в защите растений. Под его руководством в 1973 г. в ВИЗР была создана первая в стране лаборатория эндокринологических методов борьбы с вредителями растений, которая превратилась впоследствии в ведущий научный методический центр. В свою очередь лаборатория была включена в состав вновь созданного отдела новых методов борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, которым руководил также Владимир Николаевич. В этот период он отдает много сил и энергии изучению механизмов воздействия синтетических гормональных препаратов на вредных насекомых из различных таксономических групп. Эти исследования осуществлялись совместно с

целой сетью других научно-исследовательских учреждений химического и физиолого-биохимического профиля в России и за рубежом. В 1976 г. Владимир Николаевич защитил докторскую диссертацию по теме "Ювеноиды. Биологические предпосылки использования в защите растений". В 1980 г. Владимиру Николаевичу Бурову было присвоено звание профессора. Под его руководством разработаны методические подходы к изучению новой группы веществ - синтетических аналогов гормонов насекомых, создана программа по их испытанию и оценке активности, определены основные пути их практического использования в защите растений.

В дальнейшем, отдел новых методов борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений был переименован в отдел биологически активных веществ (1987) и, в связи с изменением структуры и штатного расписания ВИЗР, постепенно трансформировался в лабораторию регуляторов роста, развития и поведения насекомых (1993), которой Владимир Николаевич руководил до 2003 г. и в которой он работал до последних дней в должности главного научного сотрудника.

В последние годы по инициативе Владимира Николаевича впервые в России были начаты фундаментальные исследования характера информационного химического взаимодействия растений (как автотрофных продуцентов, являющихся средообразующим элементом консорции) с двумя резко различающимися по своей природе, но занимающими общую экологическую (трофическую) нишу, группами гетеротрофных консументов - членистоногими-фитофагами и патогенными микроорганизмами. Эти работы были поддержаны несколькими грантами Российского фонда фундаментальных исследований, а их результаты вошли в последнюю публикацию Владимира Николаевича - коллективную монографию, подготовленную по его инициативе, "Индукцированная устойчивость растений к фитофагам", вышедшую в 2012 г.

Выполненные Владимиром Николаевичем и под его руководством работы по изучению закономерностей динамики численности природных популяций сельскохозяйственных вредителей, по разработке и совершенствованию перспективных методов борьбы обеспечили переход к новой стратегии и тактике построения интегрированных мер защиты растений от вредителей и управления агроэкосистемами. Научно-исследовательская деятельность Владимира Николаевича в области теоретической и прикладной энтомологии была высоко оценена Российской академией сельскохозяйственных наук, избравшей его в 1993 году членом-корреспондентом.

Владимиром Николаевичем опубликовано более 250 статей и монографий, получено 17 патентов и авторских свидетельств. Он всегда уделял большое внимание подготовке молодых специалистов, среди его учеников 18 кандидатов наук и 3 доктора наук, работающих успешно во многих научных и учебных учреждениях России и стран СНГ.

В.Н.Буров вел активную научно-общественную деятельность. Он являлся членом редколлегии ВИЗР и редакционных коллегий журналов «Агро XXI» и «Вестник защиты растений», членом Бюро Отделения защиты растений Россельхозакадемии и председателем секции по регуляторам поведения и развития насекомых, много лет входил в состав президиума Русского энтомологического общества, почетным членом которого он был избран в 2012 г. на XIV-м съезде РЭО. На протяжении многих лет Владимир Николаевич входил в состав диссертационного совета ВИЗР, долгое время являлся председателем методической комиссии по энтомологии и членом экзаменационной комиссии ВИЗР.

Он имел государственные награды, его успешная научно-производственная деятельность отмечена грамотами Министерства сельского хозяйства и Россельхозакадемии.

Владимир Николаевич Буров похоронен на Серафимовском кладбище Санкт-Петербурга, его уход из жизни - большая утрата не только для тех, кто его знал лично, его родных, друзей и коллег, но и большая потеря для отечественной и мировой науки.

Содержание

ЭНТОМОПАТОГЕННЫЕ МИКРОСПОРИДИИ (EUKARYA: OPISTHOKONTA: MICROSPORIDIA): ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ <i>В.А.Павлюшин, И.В.Исси, Ю.С.Токарев</i>	3
МОДЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ БОЛЕЗНЕЙ В АГРОЛАНДШАФТАХ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА <i>В.В.Евсеев</i>	13
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕРБИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА И НОРМ РАСХОДА ИХ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ <i>Ю.Я.Спиридонов, Н.В.Никигин, В.Г.Шестаков</i>	26
МОНИТОРИНГ ТЛЕЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ С ПОМОЩЬЮ ВАСЫВАЮЩЕЙ ЛОВУШКИ <i>М.Н.Берим</i>	35
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КЛОПА ВРЕДНАЯ ЧЕРЕПАШКА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ <i>В.В.Нейморовец, Л.И.Проценко</i>	42
ПРОРАСТАНИЕ И МОРФОГЕНЕЗ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКОЙ <i>А.В.Капусткина, Л.И.Нефедова</i>	48
БОЛЕЗНИ ФЕЙХОА НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ИХ ВРЕДНОСТИ <i>М.Д.Омаров, Н.Н.Карпун, З.М.Омарова, Н.А.Осташева</i>	56
ВОПРОСЫ ПРОБОПОДГОТОВКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИКАНТОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>А.К.Смирнов</i>	60
<u>Краткие сообщения</u>	
ОЦЕНКА МИКОГЕРБИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ <i>Dendryphion penicillatum</i> (Corda) Fr. 1.39, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ РОСТА МАКА <i>Н.Е.Агансонова</i>	64
ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ В БОРЬБЕ С БОРЩЕВИКОМ СОСНОВСКОГО НА ЗЕМЛЯХ НЕСЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ <i>А.Б.Егоров, Л.Н.Павлюченкова, В.И.Хайруллина</i>	66
АРЕАЛ И ЗОНА ВРЕДНОСТИ БАЗАЛЬНОГО БАКТЕРИОЗА ПШЕНИЦЫ <i>А.М.Лазарев, И.Н.Надточий, В.В.Котляров</i>	71
СЕЛЕКЦИЯ ЛЬНА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СЕПТОРИОЗУ <i>Л.Н.Курчакова</i>	74
<u>Хроника</u>	
ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА ВЛАДИМИРА НИКОЛАЕВИЧА БУРОВА (1931-2013)	77

Contents

ENTOMOPATHOGENIC MICROSPORIDIA: PERFORMANCE OF APPLICATION AGAINST HARMFUL INSECTS <i>V.A.Pavlyushin, I.V.Issi, Y.S.Tokarev</i>	3
MODEL OF ECOLOGICALLY SAFE CEREAL PROTECTION AGAINST DISEASES IN AGROLANDSCAPES OF THE URAL REGION <i>V.V.Yevseyev</i>	13
INCREASING EFFICACY AND COST EFFECTIVENESS OF HERBICIDE USE BY OPTIMIZING COMPOSITION OF PREPARATIONS <i>Yu.Spiridonov, N.Nikitin, V.Shestakov</i>	26
MONITORING APHIDS IN THE NORTH WEST OF RUSSIA WITH SUCTION TRAP <i>M.N.Berim</i>	35
LONG-TERM POPULATION DYNAMICS OF <i>EURYGASTER INTEGRICEPS</i> IN KRASNODAR TERRITORY <i>V.V.Neimorovets, L.I.Protsenko</i>	42
GERMINATION AND MORPHOGENESIS OF WHEAT SEEDS DAMAGED BY <i>EURYGASTER INTEGRICEPS</i> <i>A.V.Kapustkina, L.I.Nefedova</i>	48
FEIJOA DISEASES ON THE BLACK SEA COAST OF RUSSIA AND WAYS TO REDUCE THEIR HARMFULNESS <i>M.D.Omarov, N.N.Karpun, Z.M.Omarova, N.A.Ostasheva</i>	56
ON SAMPLE PREPARATION AND TOXICANT DETECTION IN OBJECTS OF ENVIRONMENT. <i>A.K.Smirnov</i>	60
<u>Brief Reports</u>	
EVALUATION OF HERBICIDAL ACTIVITY OF <i>DENDRYPHION PENICILLATUM</i> (CORDA) TO SUPPRESS <i>PAPAVER SOMNIFERUM</i> GROWTH <i>N.E.Agansonova</i>	64
APPLICATION OF HERBICIDES AGAINST <i>HERACLEUM SOSNOWSKYI</i> ON NONAGRICULTURAL LANDS <i>A.B.Egorov, L.N.Pavlyuchenkova, V.I.Hairullina</i>	66
AREA AND ZONE OF HARMFULNESS OF BASAL BACTERIOSIS OF WHEAT <i>PSEUDOMONAS SYRINGAE</i> PV. <i>ATROFACIENS</i> <i>A.M.Lazarev, I.N.Nadtochii, V.V.Kotlyarov</i>	71
SELECTION OF RESISTANCE TO THE FLAX <i>SEPTORIA LINICOLA</i> (SPEG.) GAR. <i>L.N.Kurchakova</i>	74
<u>Chronicle</u>	
IN MEMORY OF PROFESSOR VLADIMIR NIKOLAEVICH BUROV (1931–2013)	77

ISSN 1727-1320