

# **ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**



**PLANT PROTECTION NEWS**

**2**

# ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Научно-теоретический журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Главный редактор В.А.Павлюшин

Зам. гл. редактора К.В.Новожилов

Зам. гл. редактора В.И.Долженко

Отв. секретарь В.И.Танский

## Редакционный Совет

А.С.Васютин,	С.Прушински (Польша),	<u>А.И.Сметник</u> ,
А.Н.Власенко,	А.А.Макаров,	М.С.Соколов,
В.И.Долженко,	Н.М.Мыльников,	С.В.Сорока (Белоруссия),
Ю.Т.Дьяков,	В.Д.Надыкта,	П.Г.Фоменко,
Б.Ф.Егоров,	К.В.Новожилов,	Д.Шпаар (Германия)
В.Ф.Зайцев,	В.А.Павлюшин,	
В.А.Захаренко,	К.Г.Скрябин,	

## Редакционная коллегия

О.С.Афанасенко, В.Н.Буров,	А.Ф.Зубков, М.М.Левитин,
Н.А.Вилкова, К.Е.Воронин,	Н.Н.Лунева, А.К.Лысов, Г.А.Наседкина,
Н.Р.Гончаров, И.Я.Гричанов,	Д.С.Переверзев (секретарь), Н.Н.Семенова,
Л.А.Гуськова, А.П.Дмитриев,	Г.И.Сухорученко, С.Л.Тютюрев

## Редакция

А.Ф.Зубков (зав. редакцией),  
С.П.Старостин, С.Г.Удалов, В.Н.Жуков, Т.А.Тильзина

## **ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПОЛЕЗНЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ**

**В.Ф.Зайцев, Е.С.Сугоняев**

*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург*

Дано определение понятия "биологическое разнообразие" и вскрыто его содержание. Показано значение факторов, отрицательно или положительно влияющих на видовое разнообразие насекомых, в том числе энтомофагов. Подчеркивается, что биосистематика таксонов полезных организмов, в частности ее новые методы, представляет собой основу изучения видового разнообразия, его роли в поддержании баланса экосистем и путей ее использования в защите растений.

Когда в любой науке, в частности такой традиционной как биология, формируется новая парадигма о глобальной роли биологического разнообразия, возникает необходимость анализа причин, обусловивших ее появление. Рискую в чем-то повториться, попытаемся проанализировать становление парадигмы биоразнообразия, ее значение для защиты растений, как области прикладной экологии, и собственно термина, ставшего ключевым словом в исследованиях и обобщениях, посвященных проблемам биосферы.

В теоретической экологии понятие "видовое разнообразие" обсуждается давно и широко. Оно принято в качестве одного из основных измерений экосистемы, отражающих ее сложность и структурированность (Пианка, 1981). Значительное развитие получили исследования по экосистемному анализу, оценивающие не только характер сообществ, но также роль, значение и перспективы антропогенного воздействия на них. Очевидно, именно это обстоятельство сделало необходимым и индуцировало появление нового представления о биоразнообразии, обеспечивающего недостающее звено между биологическими науками и социально направленной природоохранной деятельностью.

Появление нового термина повлекло за собой необходимость точного его определения и критериев его применимости. Попытка узаконить и то и другое была предпринята в тексте Конвенции по биологическому разнообразию в 1995 г. В соответствии с конвенцией под биологи-

ческим разнообразием понимается вариативность живых организмов из любых экосистем и экологических комплексов, включая разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем. Дальнейшую разработку понятие биологическое разнообразие получило в монографии "Global Biodiversity Assessment" (1995). Согласно этой монографии, структурными компонентами являются разнообразие организмов, экологическое, генетическое и культуральное разнообразие:

а) разнообразие организмов (или видовое разнообразие) характеризуют царства, филумы, семейства, роды, виды, подвиды, популяции и сами индивидуумы;

б) экологическое разнообразие охватывает в качестве структурных единиц биомы, биорегионы, экосистемы (включая агроэкосистемы), местообитания, ниши и популяции;

в) генетическое разнообразие определяет популяции, индивидуумы, хромосомы, гены и нуклеотиды;

г) культуральное разнообразие фиксирует результаты антропогенного воздействия на природные комплексы на всех перечисленных уровнях.

Связь между данными уровнями биоразнообразия очевидна, однако нас в первую очередь интересует взаимозависимость между познанием экологического разнообразия и степенью изученности видового разнообразия. По-видимому, наиболее точно охарактеризовал эту зависимость выдающийся английский эколог Чарльз Элтон (Elton, 1958), один из основоположников парадигмы устойчиво-

го интенсивного земледелия: "Развитие экологии зависит от правильного определения материала и наличия хорошо разработанной систематики для всех групп животных. Систематика - основа любого исследования; без нее эколог беспомощен и вся его работа может оказаться бесполезной".

Однако, коль скоро предметом нашего рассмотрения является развитие теории защиты растений, необходимо уяснить, какое отношение к ней имеет видовое разнообразие, и заслуживает ли оно внимания вообще?

Известно, что в настоящее время на Земле не осталось экосистем, не подверженных антропогенному воздействию. Все возрастающее давление на биосферу через так называемое природопользование оборачивается деградацией природы, исчезновением с лица Земли целых ландшафтов с присущими им биологическими видами, что особенно верно в отношении природных комплексов степи и дождевых тропических лесов. Значительный "вклад" в этот процесс сделало сельское хозяйство. Прорыв, связанный с "зеленой революцией", вывел мировое растениеводство на новый, ранее невиданный уровень производительности, но, как всякий прорыв, он имел высокую социальную цену, выразившуюся, прежде всего, в дальнейшем нарушении природного баланса. Раскручивание "пестицидной мельницы" вследствие массового уничтожения полезных естественных врагов, с одной стороны, и экспоненциального роста числа устойчивых к пестицидам популяций видов-фитофагов - с другой, грозило перечеркнуть достигнутые результаты, и в ряде случаев это произошло. В 1970-1980 гг. подлинной катастрофой для стран Юго-Восточной Азии, особенно для Индонезии, на которую приходилось 20% всех пестицидов, используемых на рисе, стало грандиозное размножение бурой цикадки (*Nilaparvata lugens*), буквально уничтожившей посевы риса, хотя ранее этот вид не имел серьезного значения. Оказалось, что причина вспышки ее размножения - гибель от применяемых химических инсектицидов

микроскопических хальцид - паразитов яиц цикадки и пауков-ликозид, нападавших на нимф. Именно этот факт дал основание одному из руководителей ФАО ООН Питеру Кенмору (Kenmore, 1991) заявить: борьба с бурой цикадкой с помощью инсектицидов равносильна тушению пожара с помощью керосина.

Подобные примеры уже не первый раз показывают, что в таких случаях бы простых и неустойчивых ценозах, как агроэкосистемы, на самом деле действуют мощные силы естественного контроля, пренебрежение которыми грозит разрушением целых отраслей растениеводства. Именно это произошло с хлопчатником в Мексике и странах Центральной Америки в 1960-е годы, когда в результате прессы пестицидов многие хлопковые фермы оказались заброшенными (Bottrell, Adkisson, 1977).

Такого рода эксцессы получили название "пестицидного синдрома" (Doutt, Smith, 1971), а самим пестицидам было дано нелестное определение "экологических наркотиков" - чем больше они применялись, тем большая нужда в них испытывалась (DeBach, Rosen, 1991).

В результате добытого столь дорогой ценой опыта было установлено, что естественные враги в агроэкосистемах могут обладать статусом "краеугольных видов", поддерживающих стабильность экосистем. Их удаление с помощью тех же химических обработок влечет за собой "каскадный эффект", выражающийся в губительном размножении ранее второстепенных растительноядных видов (LaSalle, Guald, 1991). Более того, естественные враги удерживают численность таких видов на уровне, на котором вид не наносит экономически ощутимый вред. Тем самым естественные враги выполняют важную стабилизирующую функцию, ибо при их отсутствии численность популяции вредного вида резко увеличивается в десятки, сотни и даже тысячи раз, приобретая катастрофические размеры (DeBach et al., 1971; Heinrichs et al., 1982; Pang, 1986; Гусева, Вол, 1995).

Итак, мы убеждаемся, что представление о видовом разнообразии вообще и

разнообразии видов естественных врагов в частности, а также связанные с ними цепи питания в агроэкосистемах имеют прямую связь с разработкой теории защиты растений и создания на ее основе технологических схем управления популяциями вредных и полезных видов. Один из авторов настоящего сообщения имеет собственный положительный опыт разработки подобных схем для хлопчатника в Афганистане и республиках Средней Азии в 1960-1970 гг. и для риса в Северном Вьетнаме в 1990-х гг. - то есть для тех культур, на которые затрачивается более половины всех производимых в мире пестицидов. Результаты применения этих схем подтверждают практическую ценность экологического подхода к решению задач защиты культуры на основе сохранения биоразнообразия и стабильности агроэкосистем (Сугоняев, 1979; Сугоняев, Монастырский, 1997).

Теоретически признавая роль видового разнообразия как основы стабильного состояния агроэкосистемы, экологи сталкиваются с необходимостью выявления и определения видов, а это уже функция другой отрасли биологической науки - систематики.

Систематика начинается с описания видового разнообразия экосистемы планеты Земля. Затем происходит поиск сходства и различий описанного материала и выявление полярности признаков для построения иерархической классификации организмов. При определении полярности признаков устанавливаются их исходное, или плезиоморфное состояние и продвинутое, апоморфное состояние. Это служит основой для построения филогенетического древа, или филограммы, описывающей эволюцию данного таксона. Эволюционная теория сформировалась на основе систематики (заметьте, что Чарльз Дарвин неплохо знал систематику жуков). Дальнейшее совершенствование эволюционной теории также неразрывно связано с развитием систематики (Майр, 1968). Филогенетическая систематика обладает прогностической ценностью, позволяя переносить выводы, сделанные для одних видов, на другие,

близкородственные, что особенно важно при экологических и прикладных исследованиях. Поэтому правильное определение вида имеет первостепенное значение не только для других фундаментальных биологических наук, но и для решения практических задач, стоящих перед сельским хозяйством, прежде всего перед защитой растений. Выше уже приводилась оценка значения систематики, данная Чарльзом Элтоном (Elton, 1958), подчеркивающая опасность ее недооценки для исследователей. Известно, что в 1930-1950-е гг. в СССР проводились широкие исследования по выявлению эффективных рас трихограмм, развивающихся на различных хозяевах. Однако отсутствие в то время точных таксономических критериев для трихограмм и, главное, фундаментальной коллекции испытывавшихся в то время материалов не позволяет в настоящее время достоверно установить, с какими видами, а тем более расами, трихограмм работали исследователи.

Изучение систематики трихограмм, начатое в середине 1970-х годов сотрудниками Зоологического института АН СССР и Всесоюзного института защиты растений (Сугоняев, Сорокина, 1975), привело к созданию определителя видов рода *Trichogramma* мировой фауны (Сорокина, 1993), не имеющего аналога в мировой научной литературе. Уместно напомнить, что в России систематика насекомых и наука о защите растений всегда развивались в тесном взаимодействии. Можно даже сказать, что эта наука в значительной степени создавалась энтомологами-систематиками. Так, создатель первой в Российской империи станции защиты растений Н.В.Курдюмов был систематиком по группе хальцидоидных наездников. В отделе прикладной энтомологии Государственного института опытной агрономии и в ВИЗР работали известные энтомологи-систематики, среди которых А.М.Дьяконов, Н.Ф.Мейер, А.А.Штакельберг, Е.Ф.Мирам, А.А.Любищев, Г.Я.Бей-Биенко, Е.М.Шумаков, В.Н.Старк, Л.С.Зимин и многие другие.

В настоящее время наиболее компе-

тентные специалисты в области систематики насекомых сконцентрированы в Зоологическом институте РАН. К сожалению, большинство энтомологов-систематиков - люди весьма почтенного возраста. Подготовка молодых специалистов-систематиков по многим крупным таксонам насекомых, в том числе энтомофагов, не осуществляется из-за известных всем финансовых трудностей. Считаем необходимым обратить на это внимание Министерства сельского хозяйства РФ и РАСХН, ибо уже в следующее десятилетие мы столкнемся с отсутствием специалистов-систематиков, необходимых для точной и быстрой диагностики как самих вредителей, так и их энтомофагов со всеми вытекающими отсюда последствиями. Необходим государственный стратегический заказ на подготовку специалистов-систематиков по важнейшим группам насекомых. В этой связи уместно напомнить, что именно Департамент сельского хозяйства США финансирует лабораторию систематики насекомых при Национальном музее естественной истории в Вашингтоне.

Однако вернемся к роли систематики в исследованиях по защите растений.

В 1998 г. на состоявшемся в Австралии симпозиуме по теме «Морфологическая и молекулярная систематика - дополнительные подходы к разработке интегрированного управления вредителями» было предложено обязательно включать систематиков наряду со специалистами по защите растений во все проекты, направленные на изучение и на использование видовой разнообразия естественных врагов для биологического подавления вредных видов в экосистемах. Кооперация систематиков и специалистов по защите растений обеспечивает правильное направление хода исследований, способствует обособленной документации результатов исследований и созданию базовых справочных коллекций. Все это повышает эффективность научно-практических разработок и предотвращает потери инвестиций, вложенных в проект (Schauff, LaSalle, 1998).

Правильно произведенная системати-

ком видовая диагностика позволяет экологу или специалисту по защите растений, опираясь только на латинское название насекомого, получить целый комплекс сведений, которые необходимы для понимания места и роли этого вида в экосистеме, его потенциальной «полезности», «вредности» или «нейтральности». По существу, видовое название является «базой данных» для конкретного вида, а именно исследователь получает сведения зоогеографического характера (распространение, возможные центры происхождения вида, возможные направления и пути дальнейшего расселения), данные об особенностях биологии (жизненные циклы), пищевых связях, динамике популяций и другие.

Для систематика основным источником информации являются коллекции - гербарии, зоологические коллекции, банки генов. В число крупнейших мировых хранилищ научных коллекций входят такие учреждения как Ботанический институт РАН, Зоологический институт РАН и Палеонтологический институт РАН.

Одним из критериев истинности научных знаний является воспроизводимость результатов предыдущих исследований в случае необходимости проверки или уточнения этих результатов. В систематике возможность проверки полученных данных обеспечивают коллекционные фонды, в частности, хранящиеся в них типовые (эталонные) экземпляры - носители научного названия вида. Именно коллекционные экземпляры являются носителями материальной информации, которая с годами не теряет своей ценности, а, наоборот, увеличивает ее. Совершенствование методов исследований позволяет добывать принципиально новую информацию из объектов, сохраняемых в коллекционных фондах. В настоящее время разработаны методики извлечения ДНК из коллекционных экземпляров. Принципиально стал возможен также митохондриальный анализ ДНК из животных, фиксированных в спирте. Все это открывает широкие возможности для изучения потоков генов между различ-

ными популяциями и анализа микроэволюционных изменений в популяциях самых различных таксонов, происходивших во временных масштабах - десятилетий и столетий (Hallerman, Beckman, 1988). Таким образом, сохранение и развитие естественнонаучных коллекций казалось бы самых обычных, как вредных, так и полезных видов организмов позволяет решить не только задачу принципиальной повторяемости, проверки и уточнения результатов биологических исследований, но также извлекать новую и накапливать еще не использованную или невостребованную информацию.

Важной составляющей исследований по видовому разнообразию агроэкосистем является выявление структуры сообщества животных, главным образом членистоногих, и факторов, определяющих эту структуру. В самых общих чертах это видовое разнообразие в экосистемах обнаруживает прямую связь с диапазоном доступных животным энергетических ресурсов. При этом количество видов в экосистеме связано с шириной экологической ниши отдельных видов и степенью перекрывания ниш. Полнота использования энергетических ресурсов возрастает с увеличением специализации видов в отношении своих потребностей и ростом межвидовой конкуренции. Воздействие естественных врагов на популяции видов-хозяев приводит к уменьшению средней численности этих видов, что, в свою очередь, ведет к снижению межвидовой конкуренции и повышению видового разнообразия. Таким образом, в естественных экосистемах доступность и интенсивность использования пищевых ресурсов, конкуренция и хищничество (включая паразитизм) - главные факторы, определяющие структуру сообщества.

В агроэкосистемах в качестве основного потребляемого ресурса выступает возделываемая культура. В свое время единственными потребителями этого ресурса предполагались человек и сельскохозяйственные животные. Все другие потребители сельскохозяйственной культуры считались вредными и подлежали уничтожению. Именно этот постулат ле-

жал в основе попыток «искоренения» вредных видов, что приводило к обеднению видового разнообразия и нарушению стабильности агроэкосистем.

Каким же образом решается задача создания и поддержания видового разнообразия в агроэкосистеме? Ответ на этот вопрос дает концепция экономического порога вредоносности видов-фитофагов. Рассчитывая экономический порог вредоносности фитофагов, мы допускаем определенный уровень численности вредителей, которая регулируется хищниками и паразитами, сохраняя тем самым в агроэкосистеме определенные цепи питания, что в свою очередь обеспечивает стабильность агроэкосистемы. Уровень допустимых потерь урожая в каждом отдельном случае определяется экономической (рыночной) ситуацией, компетенцией и здравым смыслом специалистов сельскохозяйственного производства. Обычно уровень допустимых потерь урожая составляет долю около пяти процентов. Именно эта доля представляет собою ту цену, которую необходимо заплатить за стабильность экосистемы.

Индексом, отражающим удовлетворяющий нас уровень видового разнообразия сообщества насекомых, может быть величина, характеризующая плотность популяции индикаторных видов энтомофагов. Данный индекс может быть получен как в результате моделирования количественных связей в сообществе, так и эмпирическим путем. Так, в 1977 г. для хлопкового поля в условиях Туркмении (Мургабский оазис) индекс средней плотности не менее двух особей индикаторных видов многоядных хищников на одно растение показывал, что данное поле устойчиво к проявлению вредной деятельности видов-фитофагов (Сугоняев и др., 1977; Sugonyaev, 1994). Недавно для условий северной Калифорнии также было показано, что плотность популяции многоядных клопов-энтомофагов, равная двум особям на одно растение свеклы, обеспечивает удовлетворительный контроль бабочки - вредителя *Spodoptera exigua*, сравнимый по эффективности с одной обработкой посевов инсектицидом

хлорпирифосом (Ehler, 2000). По данным того же автора, положительный экономический эффект "agroecosystem service", получившийся в результате деятельности энтомофагов, оценивается в 15 долларов на акр. Совпадение величины индекса плотности энтомофагов в разных агроэкосистемах (хлопковые поля в Туркмении и свекловичные поля в Калифорнии) свидетельствует о его универсальности, простоте и практической ценности.

Подводя итог сказанному, необходимо отметить следующее.

Знания, полученные в результате изучения систематики, зоогеографии и эволюции организмов, являются производительным ресурсом, использование которого повышает эффективность прикладных научных исследований, прежде всего в

области сельскохозяйственной науки.

Изучение видового разнообразия, в особенности это касается энтомофагов естественных врагов основных вредителей сельскохозяйственных культур, создает предпосылки для разработки технологических схем управления популяциями вредных и полезных видов и сдерживания плотности первых ниже уровня их экономических порогов вредности в условиях стабильных агроэкосистем.

Кооперация науки о защите растений с систематикой насекомых в настоящее время не имеет постоянного и планового характера. Создание совместных проектов для решения крупных научных и практических задач обеспечит прочную научную базу для реального прорыва в области экологизации защиты растений.

#### Литература

Гусева О.Г., Вол И.А. Роль антропогенного фактора в жизненной системе весенней капустной мухи (*Delia brassicae* Bouche) (Diptera, Anthomyiidae). /Энтомолог. обозр., 74, 1995, с.38-44.

Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М., Мир, 1968, 597 с.

Пианка Э. Эволюционная экология. М., Мир, 1981, 399 с.

Сорокина А.П. Определитель видов рода *Trichogramma* Westw. (Hymenoptera, Trichogrammatidae) мировой фауны. М., Колос, 1993, 76 с.

Сугоняев Е.С. Опыт разработки интегрированной системы защиты хлопчатника на биоценологической основе. /Журнал общей биологии, 40, 1979, с.668-679.

Сугоняев Е.С., Сорокина А.П. Систематика рода Трихограмма. /Защ. раст., 6, 1975, с.33-35.

Сугоняев Е.С., Камалов К., Ниязов О.Д., Алексеев Ю.И. Некоторые результаты многолетних исследований агробиоценоза хлопчатника как основы разработки интегрированной защиты хлопчатника в Туркмении. /Биоценологические основы интеграции в защите хлопчатника от вредителей. Л., Зоол. институт АН СССР, 1977, с.26-40.

Сугоняев Е.С., Монастырский А.Л. Введение в управление популяциями насекомых - вредителей риса во Вьетнаме. /Российско-вьетнамский тропический центр, Ханой, 1997, 291 с.

Bottrell D.G., Adkisson P.L. Cotton insect pest management. /Ann. Rev. Entomol., 1977, 22, p.451-481.

DeBach P., Rosen D., Kennet C.E. Biological

control of coccids by introduced natural enemies. /Biological control (ed. Huffaker C.B.), New York, Plenum Press, 1971, p.165-194.

DeBach P., Rosen D. Biological control by natural enemies. /Cambridge, Cambridge University Press, 1991, 440 p.

Doutt R.L., Smith R.F. The pesticiadae syndrome. /Biological control (ed. Huffaker C.B.), New York, Plenum Press, 1971, p.3-15.

Elton C.S. The Ecology of Invasion by Animals and Plants. Vethuen, London, 1958, 394 p.

Ehler L.E. Natural enemies provide an ecosystem service /IOBC Newsletter, 71, 2000, p.1-2.

Global Biodiversity assessment /Cambridge (England), Cambridge Univ. Press, 1995, 1145 p.

Hallerman R.H., Beckman J.C. DNA-level polymorphism as a tool in fisheries science. /Can. Fish. Aquat. Sci., 45, 1, 1988, p.67-74.

Heinrichs E.A., Aquino G.B., Chelliah S., Valensia S.L., Reissig W.H. Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stal) populations as influenced by method and timing of insecticide application in lowland rice. /Environ. Entomol., 11, 1982, p.78-84.

Kenmore P.E. Indonesia's integrated Pest management. /A Mode for Asia Inter-Country Programm for Integrated Pest Control in Rice in South and South-East Asia. FAO Press, Manila, 1991, 56 p.

LaSalle J., Gauld I.D. Parasitic Hymenoptera and the biodiversity crisis. /Redia, 74, 1991, p.315-334.

Pang Xiong-fei. Evaluation of the effectiveness of *Trichogramma* and other natural ene-



mies. /Trichogramma and other egg parasites. 2-d Internat. Symp., Guandzhou (China), Nov. 10-15 1986. Ed. INRA, Paris, 1988, p.443-449.

Schauff M.E., LaSalle J. The relevance of systematics to biological control: protecting the investment in research. /Pest Management - Future Challenge. Proc.6 th Austral. Appl. En-

tomol. Res. Conf. (Symp. 4. Morfol. Molec. Syst: Compl. Appr. Pest Mang.). Brisbane, 29 Sept.-2 Oct. 1998, 1, 1998, p.425-436.

Sugonyaev E.S. Cotton pest management: part 5. A Common welt of Independent States perspective. /Ann. Rev. Entomol., 39, 1994, p.579-592.

A SPECIES DIVERSITY AND THE PROBLEM  
OF BENEFICIAL INSECT TAXONOMY IN AGROECOSYSTEMS

V.F.Zaytsev, E.S.Sugonyaev

A definition of the notion of biodiversity and its subject are given. An attempt to reveal some factors responsible for a decrease or increase of species diversity of beneficial insects is done. It is emphasised that a biotaxonomy of entomophagous insects plays a basic role in study of species diversity and its significance in stabilization of agroecosystem.

**ВОЗМОЖНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЮВЕНОИДОВ И ХИЩНОГО КЛОПА  
ORIVUS LAEVIGATUS (FIEB.) (HETEROPTERA, ANTOCORIDAE) ПРОТИВ  
КАЛИФОРНИЙСКОГО ТРИПСА FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS (PERG.)  
(THYSANOPTERA, THRIPIDAE)**

**В.Н.Буров\*, О.И.Колодяжный\*\*, Е.А.Степаныхева\*, А.В.Щеникова\***

\*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

\*\*Институт биоорганической химии и нефтехимии АН Украины, Киев

В лабораторных экспериментах показана высокая активность ювеноидов для калифорнийского трипса, проявляющаяся в нарушении метаморфоза, снижении репродуктивного потенциала, ингибировании эмбриогенеза. Эти же препараты не оказывают заметного влияния на различные этапы онтогенеза хищного клопа *Orius laevigatus* Fieb. даже при максимально используемых концентрациях. В садковом эксперименте на гетерогенной популяции калифорнийского трипса совместное использование 2-пропоксипиридиноксида с *O.laevigatus* через 3 недели обеспечивало биологическую эффективность на уровне 80%, в то время как в вариантах с раздельным использованием ювеноидов или энтомофагов снижение численности вредителя по сравнению с контролем не превышало 30%.

Калифорнийский трипс *Frankliniella occidentalis* (Pergande) - широкий полифаг, повреждающий как декоративные, так и овощные культуры закрытого грунта, в Ленинградской области наносит наибольший вред цветочным культурам. Устойчивость ко многим препаратам и ограниченный ассортимент рекомендованных против него инсектицидов обуславливают необходимость поиска новых активных соединений. Жестким санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к инсектицидам в защищенном грунте, в наибольшей степени соответствуют регуляторы роста и развития насекомых (РРН) - в частности, аналоги ювенильного гормона (АЮГ), сочетающие высокую биологическую активность с избирательностью действия и малой токсичностью для позвоночных. Характерные особенности РРН - отсутствие немедленной гибели вредителя, изменение чувствительности и характера ответных реакций в процессе онтогенеза. Влияние АЮГ хорошо изучено на представителях различных таксономических групп, но недостаточно проверено на бахромчатокрылых. В зарубежной литературе имеются данные об активности ювеноидов для таких видов, как *Thrips palmi*,

*Scirtothrips citri* (Grout, Morse, 1986; Nagai, 1990), но о влиянии ювеноидов на калифорнийского трипса имеются лишь фрагментарные сведения (Kontsedalov et al., 1998; Левченко, Совершенова, 1999).

Учитывая замедленное действие ювеноидов на популяцию вредителя, обработкой препаратами этого типа целесообразно совмещать с использованием энтомофагов. Потенциальными хищниками калифорнийского трипса являются клопы семейства Anthocoridae, относящиеся к роду *Orius* (Michelakis, Amri, 1997; Sanchez et al., 1997), среди которых наиболее перспективен по многим показателям (отсутствие диапаузы, высокая плодовитость и продолжительность жизни) *Orius laevigatus* (Fieber) (Dissevelt et al., 1995).

В задачу настоящих исследований входило изучение влияния ювеноидов адмирала (10% КЭ с д.в. пирипроксифен фирмы "Сумитомо") и опытного препарата ОК-84 (д.в. 2-пропоксипиридиноксид, синтез Института биоорганической химии и нефтехимии Украинской АН) на процессы развития калифорнийского трипса и хищного клопа для оценки возможности включения их в интегрированную систему защитных мероприятий в закрытом грунте.

### Материалы и методы

Лабораторную популяцию калифорнийского трипса содержали на растениях фасоли при температуре + 23-25°C и световом дне 16 часов. Культуру *O.laevigatus* разводили на яйцах зерновой моли *Sitotroga cerealella* Ol. и цветочной пыльце при тех же условиях, что и для трипса.

В лабораторном скрининге ювеноидов оценивали их влияние на различные процессы онтогенеза тест-объектов.

При изучении влияния ювеноидов на метаморфоз молодые настоящие листья фасоли обрабатывали с помощью ручного лабораторного опрыскивателя растворами препаратов различной концентрации до смыкания капель. После испарения влаги листья помещали в чашки Петри на влажную фильтровальную бумагу и заселяли личинками 2 возраста калифорнийского трипса, по 15-20 особей в каждой из 5 повторностей. Для предотвращения ухода личинок с листа площадь питания ограничивали полоской из энтомологического клея. Чашку Петри закрывали воздухопроницаемой пленкой. Наблюдение проводили до вылета взрослых особей, регистрируя гибель насекомых на всех стадиях.

В аналогичных опытах с *O.laevigatus* использовали личинок 4 возраста (по 5 особей в 10 повторностях), которым в качестве корма предлагали личинок калифорнийского трипса на обработанных листьях фасоли. Оценку активности препаратов определяли по гибели личинок и молодых имаго клопов.

При изучении действия ювеноидов на репродуктивную функцию самок калифорнийского трипса помещали в садки (диаметр 40 мм, высота 10 мм) с обработанными листьями фасоли на 2 суток для откладки яиц. Опыт включал 5 повторностей по 10 самок. После истечения срока самок удаляли, учитывая количество живых и погибших. Листья переносили в чашки Петри и содержали их как в предыдущем опыте. Через 5 дней подсчитывали количество отродившихся личинок в опыте и контроле. Самок и самцов (на 5 сутки после окрыления) попарно (10 повторностей) со-

держали в чашках Петри на обработанных листьях фасоли с личинками калифорнийского трипса. Через 2 суток имаго удаляли и учитывали количество отложенных яиц и отродившихся личинок.

При изучении действия ювеноидов на эмбриогенез насекомых самок трипса выпускали в садки с чистыми листьями (по 10 самок в каждой из 5 повторностей) для откладки яиц. Через сутки самок удаляли, листья опрыскивали растворами АЮГ и помещали в чашки Петри для учета количества отродившихся личинок. Одновременно использовали модифицированную методику Т.Мураи (Murai, 1998), при которой яйца, отложенные самками в воду через парафиловую мембрану, переносили в чашки Петри (по 20 яиц в каждой из 5 повторностей) на увлажненную раствором препарата фильтровальную бумагу. Эффективность оценивали по количеству отродившихся личинок, для сбора которых применяли высечки листа аттрактивного растения.

Тестирование АЮГ на эмбриональной стадии ориуса проводили также двумя способами. Имаго клопа на 5 сутки после окрыления помещали попарно в чашки Петри на листья фасоли с личинками трипса (10 повторностей). Через сутки клопов и трипсов удаляли, листья обрабатывали и учитывали количество отложенных клопами яиц и отродившихся личинок. При непосредственной обработке яиц использовали ту же методику, что и с трипсом. В варианте 4 повторности по 10 яиц.

Возможность совместного применения ювеноида и ориусов против калифорнийского трипса изучали в условиях садкового эксперимента. Растения фасоли на стадии 2 настоящих листьев помещали в садки и заселяли самками вредителя (по 30 особей в садок). Через 7 дней, после предварительного учета численности трипсов на листьях, в одном варианте растения обрабатывали ОК-84, во втором варианте на растения, обработанные препаратом ОК-84 (концентрации - 0.002%), выпускали ориуса (4 личинки 4-5 возраста и по 2 пары половозрелых имаго), в

третьем - проводили выпуск хищного клопа на растения без препарата в том же количестве, что и в предыдущем варианте. Контролем служили заселенные трипсом растения, обработанные в те же

сроки водой и не заселяемые энтомофагом. В каждом варианте 5 повторностей по 4 растения. Оценивали эффективность по изменению численности вредителя в сравнении с контролем.

### Результаты и обсуждение

Эксперименты показали, что оба АЮГ обладают высокой активностью для калифорнийского трипса (табл.1). Концентрации, вызывающие нарушение процесса метаморфоза у 50% особей, составляют для ОК-84 0.0007%, для адмирала - 0.00014% (по д.в.). Личинки, питающиеся на обработанных листьях, погибают в основном на стадии нимфы, при подготовке к метаморфозу на имаго.

В то же время содержание личинок ориуса на обработанных листьях фасоли не приводит к нарушению их метаморфоза (табл.1).

Аналогичные результаты получены и при сравнительном изучении влияния ювеноидов на репродуктивную деятельность насекомых. Так, выпуск самок трипса на обработанные препаратами растения, не увеличивая смертности имаго, вызывает резкое снижение отрождаемости личинок по сравнению с контролем.

Таблица 1. Влияние ювеноидов на метаморфоз калифорнийского трипса и ориуса  
Смертность за период личинки последнего возраста - имаго (% с учетом контроля)

Препарат	Концентрация, % д.в.	Смертность	
		трипса	ориуса
ОК-84	0.01	98.7	11.2
	0.001	93.4	-
	0.0001	14.4	-
Пирипрокси- фен	0.01	100	18.0
	0.001	98.6	-
	0.0001	46.2	-

Этот эффект может вызываться комплексом причин: снижением плодовитости обработанных самок, нарушением процесса эмбриогенеза или гибелью личинок дочернего поколения в момент отрождения. Существенно, что аналогичные обработки не влияли ни на плодовитость самок хищного клопа, ни на процесс отрождения его личинок (табл.2).

Таблица 2. Влияние ювеноидов на репродуктивные функции калифорнийского трипса и ориуса

Препарат	Концентрация, % д.в.	Калифорнийский трипс		Хищный клоп ориус	
		Число личинок на самку	Индекс стерилизации	Число личинок на самку	Индекс стерилизации
Пирипроксифен	0.01	1.06±0.25	74.5	8.0±0.94	0
	0.001	2.68±0.26	35.6	-	-
Контроль	-	4.16±0.44	-	7.6±1.46	-
	0.01	0.40±0.09	76.3	7.3±0.76	3.9
Контроль	0.001	1.48±0.15	19.6	-	-
	-	1.84±0.24	-	7.6±1.46	-

При изучении влияния пирипроксифена и ОК-84 на эмбриональное развитие фитофага выявлена их одинаковая способность нарушать эмбриогенез трипса. При обработке листьев с яйцами трипса оба препарата ингибировали отрождение около 50% особей при концентрации 0.01% по д.в. (табл.3). В вариантах с прямым воздействием на яйца эффект был еще выше, и гибель эмбрионов доходила до 90% (табл.3). При аналогичных экспериментах с ориусом практически не

наблюдалось гибели отложенных в паренхиму листа яиц, а при непосредственном воздействии препаратов на яйца энтомофага в концентрации 0.01% гибель развивающихся эмбрионов (с поправкой на контроль) составляла 47.5% для ОК-84 и 34.6% для пирипроксифена (табл.3).

Результаты садкового эксперимента по оценке сравнительной эффективности отдельного и совместного использования ювеноида и энтомофага против гетерогенной по возрастному составу популя-

ции калифорнийского трипса показали возможность успешного сочетания этих

элементов при разработке систем борьбы с этим вредителем.

Таблица 3. Сравнительное действие ювеноидов на эмбриональное развитие калифорнийского трипса и ориуса при разных способах обработки

Препарат	Концентрация, % д.в.	Снижение отрождаемости личинок (% к контролю)			
		Обработка растений с кладками яиц		Непосредственная обработка яиц	
		трипса	ориуса	трипса	ориуса
ОК-84	0.01	54.2	0	94.2	47.5
	0.001	20.6	0	70.4	-
Пирипроксифен	0.01	51.8	0	98.4	34.6
	0.001	18.3	0	20.6	-

Так, если через неделю после начала опыта эффективность в вариантах с обработкой ювеноидом или с выпуском хищника на необработанные растения не превышала 50%, то в варианте с совместным применением ювеноида и энтомофага этот показатель достигал 67%. Еще большие различия наблюдались через 3 недели, в период массового вылета взрослых особей фитофага новой генера-

ции. Если к этому времени численность отлавливаемых на цветоловушки особей трипса в вариантах с использованием как ювеноидов, так и энтомофагов была лишь в 1.4 раза ниже, чем в контроле (различие не достоверно), то в варианте с обработкой ювеноидом на фоне выпуска энтомофага численность трипса снизилась почти на 80% по сравнению с контролем (различие достоверно) (табл.4).

Таблица 4. Влияние ювеноида ОК-84 и *Orius laevisgatus* на гетерогенную популяцию калифорнийского трипса

Вариант	Число трипсов/ лист до обра- ботки	Через 1 неделю		Через 2 недели		Через 3 недели			
		Число личинок и нимф трип- са/лист	Эффек- тив- ность, %	Число ориу- сов/ лист	Число личинок и нимф трип- са/лист	Эффек- тив- ность, %	Число ориу- сов/ лист	Число трип- сов/лову шку	Сниже- ние к контро- лю, %
ОК-84 (0.002%)	9.2±1.34	18.4±4.13	40.3	-	6.7±2.54	48.2	-	9.2±3.77	30.3
Orius	8.5±2.41	15.0±2.03	47.3	0.2	8.4±1.44	29.7	0.24	9.6±3.11	27.3
Orius + ОК-84 (0.002%)	7.8±1.09	8.6±2.10	67.1	0.3	3.5±0.71	68.1	0.25	2.8±0.66	78.8
Контроль	6.9±0.54	23.1±3.37	-	-	9.7±0.60	-	-	13.2±2.06	-

Представленные результаты экспериментальной работы свидетельствуют как о высокой избирательности действия препаратов адмирал и ОК-84, так и о существенных различиях в реакциях трипса и его энтомофага на воздействие ювеноидов. Так, если калифорнийский трипс проявляет высокую чувствительность к испытанным препаратам практически на всех этапах онтогенеза, то *O.laevisgatus* продемонстрировал почти полное отсутствие реакции на их воздей-

ствиями K.Nagai (1990) об отрицательном влиянии пирипроксифена (0.01%) на плодовитость, продолжительность развития и метаморфоз у *Orius* sp., а также с заключением об отсутствии чувствительности у *O.laevisgatus* к пирипроксифену (0.01%) в период развития личинок 5 возраста (Delbeke et al.,1997). В то же время нельзя говорить об абсолютной селективности действия пирипроксифена в пределах отрядов бахромчатокрылых и полужесткокрылых, так как рядом авторов (De Clercq et al.,1995; Mestdagh et al.,1997) экспериментально доказана спо-

Полученные результаты совпадают с

способность пирипроксифена (0.005% и 0.01%) вызывать 100% смертность другого вида хищных клопов - *Podisus maculiventris* Say. в период метаморфоза.

Сопоставление полученных и литературных данных позволяет сделать заключение о перспективности поиска путей совместного применения избиратель-

но действующих ювеноидов с энтомофагами против калифорнийского трипса и, вероятно, других вредителей защищенного грунта для повышения эффективности защитных мероприятий, снижения норм расхода препаратов и включения в программы интегрированной защиты.

#### Литература

Левченко В.И., Совершенова В.А. Западный цветочный трипс. /Защита и карантин растений, 10, 1999, с.28

De Clercq P., De Cock A., Tirry L., Vinuela E., Degheele D. Toxicity of diflubenzuron and pyriproxyfen to the predatory bug *Podisus maculiventris*. /Entomologia Experimentalis et Applicata, 74, 1, 1995, p.17-22.

Delbeke F., Vercruyssen P., Tirry L., De Clercq P., Degheele D. Toxicity of diflubenzuron, pyriproxyfen, imidacloprid and diafenthiuron to the predatory bug *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae). /Entomophaga, 42, 3, 1997, p.349-358.

Dissevelt M., Altena K., Ravensberg W.J. Comparison of different *Orius* species for control of *Frankliniella occidentalis* in glasshouse crops in the Netherlands. /Med. Fac. Landbouww Rijksuniv. Gent, 60, 30, 1995, p.839-846.

Grout T.G., Morse J.G. Insect growth regulators : promising effects on Citrus thrips (Thysanoptera: Thripidae). /Can. Entomol., 118, 4, 1986, p.389-392.

Hattingh V., Tate B. Effects of field-weathered residues of insect growth regulators on some Coccinellidae (Coleoptera) of economic importance as biocontrol agents. /Bull. Entomol. Research, 85, 5, 1995, p.483-493.

Kontsedalov S., Weintraub P.G., Horowitz A.R., Ishaaya I. Effects of insecticides on immature and adult western flower thrips (Thysa-

noptera: Thripidae). /J. Econ. Entomol., 91, 5, 1998, p.1067-1071.

Mestdagh I., De Clercq P., Degheele D. Susceptibility of predatory bug *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) to pyriproxyfen residues on sweet pepper plants. /Parasitica, 52, 4, 1997, p.153-161.

Michelakis S.E., Amri A. Integrated control of *Frankliniella occidentalis* in Greece-Greece. /Bull. IOBS/WPRS, 20, 4, 1997, p.169-176.

Murai T. Mass rearing of thrips and assay method for screening of insecticides. /The 1998 Brighton conference - Pests & Diseases, 1998, p.171-176.

Nagai K. Effects of juvenile hormone mimic material, 4-phenoxyphenil (RS)-2-(2-pirydyloxy) propyl ether, on Thrips palmi Karny (Thysanoptera: Thripidae) and its predator *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae). /Appl. Ent., 25, 2, 1990, p.199-204.

Sanchez J.A., Garcia F., Lacasa A., Gutierrez L., Oncina M., Contreras J., Gomez Y.J. Response of the Anthocorids *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* and the Phytoseiid *Amblyseius cucumeris* for control of *Frankliniella occidentalis* in commercial crops of sweet peppers in plastic houses in Murcia (Spain). /Bull. IOBS/WPRS, 20, 4, 1997, p.177-185.

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS №7-2120

#### THE POSSIBILITY TO COMBINE JUVENOIDS WITH PREDATORY BUG *ORIOUS LAEVI GATUS* (FIEB.) (HETEROPTERA, ANTOCORIDAE) FOR CONTROL OF WESTERN FLOWER THRIPS *FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS* (PERG). (THYSANOPTERA, THRIPI DA E)

V.N.Burov, O.I.Kolodyazhnyi, E.A.Stepanycheva, A.V.Shchenikova

The high activity of juvenoids (pyriproxyfen and OK-84) for *Frankliniella occidentalis* has been demonstrated in laboratory experiments. Metamorphosis disturbance, decrease of reproductive potential and embryogenesis inhibition has been shown. The same preparations do not render appreciable influence on various stages of ontogenesis of a predatory bug *Orius laevigatus*. Combined use of 2-propoxy pyridinoxid and *O. laevigatus* in cage experiment on a heterogeneous population of western flower thrips has resulted in biological efficacy at a level 80% in 3 weeks, while the decrease of number of the pest has not exceeded 30% in variants with separate use of juvenoids or entomophages.

**БИОХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РЕЗИСТЕНТНОСТИ У ОТСЕЛЕКТРОВАННЫХ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ДИМЕТОАТУ ЛИНИЙ ОБЫКНОВЕННОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩА****И.А.Тулаева, О.В.Сундуков***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

У двух линий обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch., отселектированных на резистентность к диметоату, из географически удаленных популяций выявлена причастность эстеразной системы клещей к резистентности. У единичных самок изучаемых линий клеща сопоставлены спектры множественных молекулярных форм эстераз и определена удельная суммарная активность комплекса карбоксилэстераз и холинэстеразы. Холинэстераза паутинных клещей по субстратной специфичности отличается от типичной ацетилхолинэстеразы (КФ 3.1.1.7) и бутирилхолинэстеразы (КФ 3.1.1.8). С наибольшей активностью она гидролизовала пропионилтиохолиниодид (ПТХ Г) и менее активно - ацетилтиохолиниодид (АТХ Г) и бутирилтиохолиниодид (БТХ Г). Установлено, что эстеразная активность резистентных клещей связана с отбором особей, обладающих повышенной активностью одного из ферментов карбоксилэстеразного комплекса, предположительно фосфолипазы.

Проводившееся ранее изучение биохимических механизмов резистентности членистоногих к инсектоакарицидам показало, что во многих случаях проявляющаяся устойчивость к токсикантам обусловлена повышенной активностью эстераз. Такая зависимость обнаружена у членистоногих различных таксонов - гусениц совок *Spodoptera littoralis* Boisd. (Riskallah,1983) и *Heliothis virescens* F. (Goh et al.,1995), цикадок *Nilaparvata lugens* Stal. (Miyata,1983) и *Laodelphax striatellus* Fallen. (Sakata, Miyata,1994), белокрылки *Bemisia tabaci* Gennadius. (Ishaaya et al.,1987), жука *Oryzaephilus surinamensis* L. (Conyers et al.,1998), клопа *Lygus hesperus* Knight. (Zhu,Brindley, 1990), паутинного клеща *Tetranychus kanzawai* Kishida (Kuwahara,1984) и других. На основании этой закономерности были разработаны методы, позволяющие по уровню активности эстераз в выборке из нескольких особей оценивать потенциальные возможности популяции проявлять устойчивость к инсектицидам определенных химических групп (Miyata, 1983; Brown,1987; Georghiou,1988; Abdel-Aal et al.,1990).

Установлено, что увеличение количественного содержания эстераз в организме резистентных к инсектицидам насекомых происходит в результате умножения (амплификации) генных локусов, де-

терминирующих синтез какой-то из множественных молекулярных форм этих ферментов (Devonshire,Moore,1982; Devonshire et al., 1983,1986). Факт амплификации генов доказан с помощью меченых атомов  $^{14}\text{C}$  и  $^3\text{H}$  как по увеличению фрагментов ДНК и транскрипционной активности, так и по уровню рибосомальной трансляции синтеза эстераз (Devonshire et al.,1986; Devonshire, Field,1991; Hick et al.,1996; Ono et al.,1999).

Традиционно эстеразам приписывается роль детоксицирующих фосфорорганические, карбаматные и пиретроидные инсектициды ферментов. Однако при этом не всегда принимается во внимание важное обстоятельство, вытекающее из классификационного определения этих ферментов - гидролаз эфиров карбоновых кислот (К.Ф. 3.1.1.). В списках инсектоакарицидов, к которым членистоногие с повышенной эстеразной активностью проявляют устойчивость, вместе с малатионом и некоторыми пиретроидами, относящимися к эфирам карбоновых кислот, часто указываются как детоксицируемые эстеразами и инсектициды, не принадлежащие к этому классу химических соединений, и, следовательно, не гидролизуемые эстеразами. Некоторые авторы акцентировали внимание на этом обстоятельстве (Riskallah,1983; Holwerda, Morton,1983; Georghiou,1988). Последним

из них, в частности, отмечена сходимость результатов биохимического определения уровня эстеразной активности с показателями токсичности для комаров р.*Culex* 28 различных популяций только у инсектицидов, не гидролизуемых эстеразами

### Методы исследования

Объектом изучения служил обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch. двух отселектированных на резистентность к диметоату линий, выделенных из популяций, собранных с хлопковых полей в Южном Таджикистане, подвергавшихся интенсивным обработкам ФОС и другими акарицидами в течение многих лет, и популяции, полученной из московских теплиц. Обе популяции вредителя исходно характеризовались повышенной устойчивостью к фосфорорганическому препарату диметоату (показатель резистентности 250 и 320 соответственно). Селекция на устойчивость к диметоату привела к увеличению показателя резистентности до 480× и 350× соответственно. Селекция велась при инбредной разведении и индивидуальном посемейном тестировании дискриминирующей концентрацией акарицида. Для сравнения использовалась чувствительная к акарициду линия клеща.

Для установления возможного вклада различных ферментативных систем в механизм резистентности клеща к ФОС применяли токсикологический метод, основанный на использовании синергистов, специфически ингибирующих определенные ферментативные системы. В качестве синергистов использовали ингибиторы микросомальных монооксигеназ - пиперонилбутоксид (ППБ) и SCF-525A и ингибиторы карбоксилэстераз - БД-5 и ТБТФ. В наших опытах использовался показатель синергитического эффекта (ПСЭ), который является отношением процента смертности самок клеща при их обработке среднелетальной концентрацией диметоата с добавкой синергиста к смертности самок от той же концентрации акарицида без синергиста (Тулаева, 1995). Применение такой методики бы-

(темофоса, дурсбана, байтекса), но не у малатиона. В этой связи дальнейшее изучение и обсуждение эстеразного механизма резистентности членистоногих к инсектоакарицидам должно считаться по-прежнему актуальной задачей.

ло связано с ограниченностью посемейно получаемого материала.

Исследование типов эстеразного полиморфизма сопоставляемых линий проводили методом гель-электрофореза в полиакриламидном геле (Šula, Weyda, 1983). Анализируемый образец в каждом отдельном случае готовился из одной самки, которая растиралась в микропробирке с 40 мкл 40% сахарозы, содержащей 1% тритона X-100. Самцов гомогенизировали в количестве 10 особей с добавлением 60 мкл 40% сахарозы.

Холинэстеразные фракции в гомогенатах клеща вывеляли методом Карновского (Karnovsky, Roots, 1964). В качестве субстратов в инкубационной среде использовали ацетилтиохолиниодид (АТХ I<sup>-</sup>), бутирилтиохолиниодид (БТХ I<sup>-</sup>) и пропионилтиохолиниодид (ПТХ I<sup>-</sup>). Анализируемые образцы в этих вариантах готовили из 20 самок клеща одной семьи.

Для измерения каталитической активности карбоксилэстераз использовали колориметрический метод ван Асперна (Asperen, 1962). Измерения проводили на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 600 нм. Гомогенат готовили из 10 самок клеща в 1 мл в 0.04М фосфатного буфера, рН 7.0. Для учета спонтанного гидролиза субстрата в параллельных опытах раствор (1 часть 1% прочного синего В и 2.5 части 5% додецилсульфата натрия) добавляли в реакционную среду без раствора фермента. Активность эстераз рассчитывали из разности экстинкций опытной и контрольной проб.

Количество тиохолина, образующегося в результате ферментативного гидролиза холинэстеразой клеща тиохолиновых субстратов, определяли с помощью метода Эллмана (Ellman et al., 1961). Макси-



мум поглощения при длине волны 412 нм. Гомогенаты готовили из 150 самок клеща в 1 мл в 0.1М фосфатного буфера, рН 7.9 с 0.8% тритона X-100.

### Результаты и их обсуждение

На основе использования специфических ингибиторов монооксигеназ ППБ и СКГ-525, а также ингибиторов эстераз БД-5 и ТБТФ, косвенно удалось определить биохимические механизмы, ответственные за резистентность сопоставляемых линий паутинного клеща (табл.1).

Таблица 1. Вклад карбоксилэстераз и микросомальных монооксигеназ в образование резистентности обыкновенного паутинного клеща к диметоату

Ингибитор	Синергитический эффект смесей диметоата с ингибиторами в соотношениях		
	1:0.1	1:1	1:10
	Чувствительная (S) линия		
ППБ	1.1	1.0	1.0
SCF-525A	0.8	0.9	0.7
БД-5	0.8	1.0	1.1
ТБТФ	1.1	1.3	1.9*
Московская (R17) линия			
ППБ	1.0	1.3*	1.3*
SCF-525A	0.9	0.5	0.6
БД-5	1.1	1.2	2.4*
ТБТФ	1.4*	2.7*	2.8*
Пархарская (R19) линия			
ППБ	1.2	1.3*	1.4*
SCF-525A	0.6	0.6	0.6
БД-5	0.9	0.8	1.8*
ТБТФ	1.6*	2.7*	2.8*

\*Различия достоверны при  $P \geq 0.99$ .

СЭ= (СК<sub>50</sub> диметоат+синергист)/(СК<sub>50</sub> диметоат).

Достоверное увеличение токсичности диметоата (1.8-2.8 раз) имело место только в резистентных линиях при использовании ингибиторов эстераз. Дальнейшая серия биохимических исследований подтвердила это предположение.

Методом электрофореза и спектрофотометрическими методами исследовали активность и фракционный состав эстераз в отселектированных диметоатом линиях обыкновенного паутинного клеща. В выборках вредителя из московской и пархарской популяции были выявлены наиболее характерные спектры карбоксилэстераз, присущие, как оказалось, разным видам паутинного клеща (рис.1).

Определение белка в растворах гомогената выполнялось методом Хартри (Hartree,1972), который является модификацией метода Лоури.

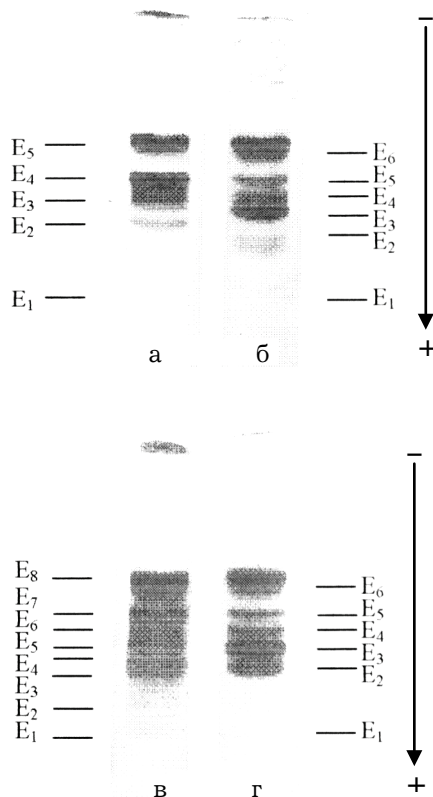


Рис.1. Характерные типы эстеразных спектров у самок разных видов паутинных клещей (гидролиземый субстрат 1-нафтилацетат)

- а - *Tetranychus turkestanii* Ug et Nik.,  
 б - *Tetranychus urticae* Koch.,  
 в - *Tetranychus frater* Wainf.,  
 г - *Tetranychus sawzdargi* Mitrof.

Визуальные различия в спектрах множественных молекулярных форм неспецифических эстераз особей клещей из двух географически удаленных популяций позволили предположить смешанный видовой состав последних. Проведенные

реципрокные скрещивания самок и самцов из выборок клещей обеих популяций показали их репродуктивную несовместимость, то есть скрещивания не происходило и из отложенных самками яиц появлялись только самцы. Определение выделенных линий, выполненное В.И.Митрофановым (Никитский ботанический сад, Ялта), позволило идентифицировать в пархарской популяции 3 вида клещей - *T.urticae*, *T.turkestani* и, предположительно, *T.frater* Wainf. Последний вид часто образует смешанные популяции с *T.urticae*.

В московской популяции определено 2 вида - *T.urticae* и *T.sawzdargi* Mitrof. Селекцию на резистентность к диметоату вели только с обыкновенным паутиным клещом (*T.urticae*) из обеих популяций.

Выявленные типы эстеразных спектров разных видов клещей различались как по количественному составу, так и по активности отдельных фракций (рис.1).

Идентификацию эстеразных фракций осуществляли на основании их субстратной специфичности по отношению к тиохролиновым субстратам, которые могли гидролизироваться только холинэстеразами. Холинэстеразная фракция (E7) располагалась вблизи старта разделяющего геля (рис.2в).

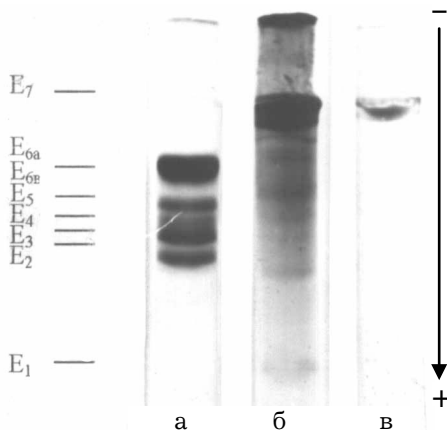


Рис.2. Идентификация эстеразных фракций у самок обыкновенного паутиного клеща (линия R19)

а - гидролизуемый субстрат 1-нафтилацетат,  
б - белковые фракции при окраске Кумасси,  
в - гидролизуемый субстрат ацетилтиохолин-  
иодид

Реакцией Кумасси на белки выявленная плотная фракция на старте разделяющего геля по своему месторасположению соответствовала расположению холинэстеразной фракции E7 (рис.2б).

Все прочие фракции ферментов, выявленные с помощью 1-нафтилацетата (рис.2а), считались карбоксилэстеразными. Активность этих фракций тормозилась фосфорорганическими токсикантами - параоксоном, малооксоном, БД-5 в концентрации 0.00001–0.0001М после 5 мин прединкубации гелей в растворах этих соединений.

Фракций с подвижностью альбумина, активность которых не тормозилась бы параоксоном в этих концентрациях, вследствие чего их можно было бы считать арилэстеразными КФ. 3.1.1.2. в соответствии с использованными ранее тестами (Аугустинссон,1972), у клещей обнаружено не было.

Известно, что попытка идентификации хроматографически разделенных карбоксилэстеразных фракций по их чувствительности к различным фосфорорганическим ингибиторам привела к заключению о ее некорректности. Оказалось, что фракции, которые могли бы рассматриваться как отдельные ферменты - КФ 3.1.1.1, КФ 3.1.1.2 и КФ 3.1.1.6 в соответствии с ранее принятыми критериями, являются комбинациями одних и тех же полипептидных субъединиц, то есть множественными молекулярными формами одного и того же фермента, часто называемого амфифильной эстеразой. Их составом в упаковке мультимера определяется степень его чувствительности к ингибиторам и скорость гидролиза ими различных субстратов (Choudhury, 1972). Используемые нами методики исследования не позволяли более точно идентифицировать состав карбоксилэстеразных фракций и они рассматривались как комплекс карбоксилэстераз. Отдельно от них у паутиного клеща исследовались свойства холинэстеразы, являющейся аллостерическим ферментом. Модификации конформационного состояния одной из двух образующих этот фермент полипептидных субъединиц определяет

особый биохимический механизм устойчивости членистоногих к токсикантам (Villatte et al., 2000).

Использование тиохолиновых субстратов показало, что холинэстераза клещей проявляет наибольшую активность по отношению к ПТХ Г, в меньшей степени к АТХ Г и наименее активна к БТХ Г (рис.3). При этом различия наблюдались не только в количестве образующегося конечного продукта реакции фермента с субстратом, но и в скорости протекания самой реакции. То, что холинэстераза клеща проявляет наибольшее сродство к холиновому эфиру пропионовой кислоты и при этом достаточно активно гидролизует БТХ Г, свидетельствуют о том, что она по основному классификационному критерию - субстратной специфичности, не соответствует ферментам существующей номенклатуры - ни ацетилхолинэстеразе (КФ 3.1.1.7), ни холинэстеразе (КФ 3.1.1.8).

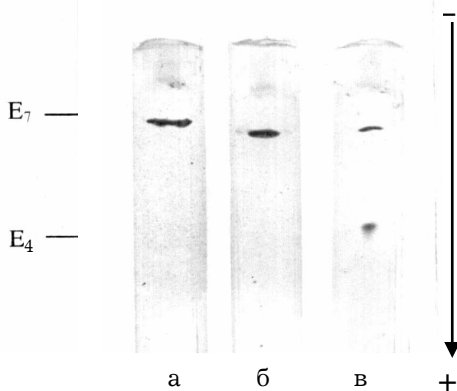


Рис. 3. Относительное сродство холинэстераз к тиохолиновым субстратам самок обыкновенного паутинового клеща (линия R17) *Гидролизуемые субстраты:* а - пропионилтиохолиниодид, б - ацетилтиохолиниодид, в - бутирилтиохолиниодид.

Сопоставление эстеразных спектров клещей исследуемых линий показало, что резистентные к диметоату клещи в отличие от клещей чувствительной линии обладают более высокой активностью множественных молекулярных форм карбоксилэстераз, если судить об этом по интенсивности окраски выявляемых

фракций (рис.4 а,б).

Скорость гидролиза тиохолиновых субстратов холинэстеразой различалась также и у клещей сопоставляемых линий. У клещей резистентных линий холинэстеразные фракции при использовании одних и тех же субстратов выявлялись в значительно более коротком временном интервале. При этом фракции фермента у клещей чувствительной и резистентных линий визуально четко отличались по интенсивности окраски, то есть по количеству образующегося конечного продукта реакции гидролиза (рис.4 а,б).

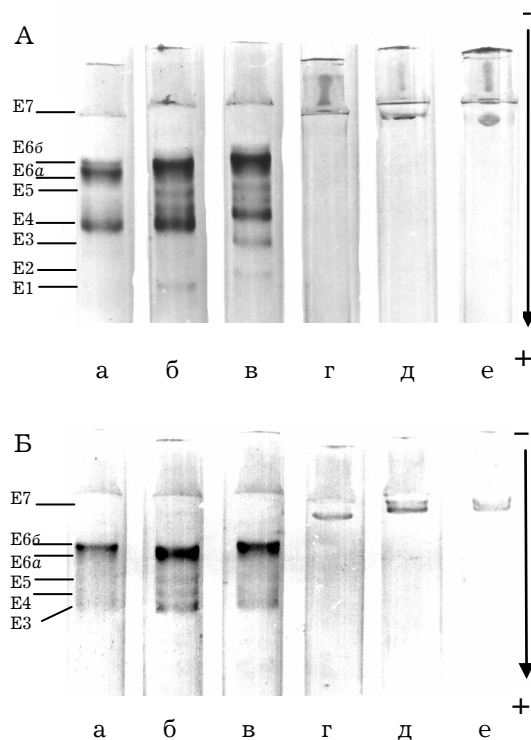


Рис. 4. Различия в активности эстераз у клещей *T.urticae* чувствительной (А) и резистентных (Б) к диметоату линий у самок (А) и самцов (Б) а, б, в - гидролизуемый субстрат 1-нафтил-ацетат; г, д, е - гидролизуемый субстрат ацетилтиохолиниодид у самок и пропионилтиохолиниодид у самцов; а, г - линия S, б, д - линия R17, в, е - линия R19

Количественные различия каталитических свойств изучаемых эстераз оценивались по удельной активности ком-

плекса карбоксилэстераз и холинэстеразы в сравниваемых линиях. Полученные результаты показали (табл.2), что активность карбоксилэстераз у клещей резистентных линий была в 1.4-1.6 раза достоверно выше, чем у клещей чувствительной линии.

Существенных различий в активности холинэстеразы к тиохолиновым субстратам между клещами чувствительной и резистентных линий не было получено. Этот фермент не показал также различий у клещей сопоставляемых линий в чувствительности к ингибиторам его активности - ДДВФ, параоксону и БД-5.

Таблица 2. Сравнительная эстеразная активность самок обыкновенного паутиного клеща чувствительной и резистентных к диметоату линий ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ , n=5)

Линия	Карбоксилэстераз по отношению к нафтилацетату	Удельная активность (н.моль/мин/мг белка)		
		Холинэстеразы по отношению к тиохолиновым эфирам	АТХ Г	ПТХ Г
S	465.3 ± 25.8*	11.5 ± 0.6**	16.6 ± 2.1**	8.1 ± 0.6**
R17	670.4 ± 51.7*	12.7 ± 0.8	16.8 ± 1.1	8.6 ± 0.7
R19	763.9 ± 83.0*	13.9 ± 1.6	17.8 ± 1.6	10.6 ± 1.4

\*Различия между клещами R и S линий достоверны при  $P \leq 0.05$ .

\*\*Различия в скорости гидролиза субстратов достоверны при  $P \leq 0.05$ .

Вместе с тем спектрофотометрическим методом подтверждены данные электрофоретических исследований по субстратной предпочтительности холинэстеразы обыкновенного паутиного клеща. Наиболее активно фермент гидролизует ПТХ Г, несколько слабее АТХ Г и в наименьшей степени БТХ Г (табл.2).

В целом, полученные с помощью электрофоретических и колориметрических методов данные согласуются с результатами токсикологических экспериментов со специфическими ингибиторами эстераз и позволяют считать, что повышенная активность какого-то из ферментов комплекса карбоксилэстераз обыкновенного паутиного клеща определяет его

резистентность к диметоату. Биохимический механизм резистентности в данном случае не заключается в детоксицирующей активности этого фермента, поскольку диметоат не является карбоксиэфиром, а карбоксиамидную связь в его молекуле карбоксилэстеразы разрывать не могут (Дотерман,1972). По имеющимся литературным сведениям, инсектоакарициды острого токсического действия встраиваются в плазматическую мембрану клеток - в места, занимаемые в углеводородных цепях мембранных липидов холестерином (Antunes-Madeira, Madeira, 1979,1989; Голубев,1993). Липидный бислоемембран, как известно, представляет собой подвижную систему множества структурных фрагментов - высших жирных кислот, спиртов, глицерина, углеводов, азотистых оснований, аминокислот, холестерина, фосфорной и фосфоносовой кислот и прочих соединений. Он находится в состоянии непрерывного разрушения и ресинтеза, что позволяет меняться вязкости и геометрии липидного бислоя, вследствие чего осуществляется все многообразие мембранных функций, обеспечивающих жизнеспособность клеток. Эфирные связи жирных кислот и фосфатные диэфирные связи в этом процессе динамического обновления липидного матрикса разрываются и восстанавливаются карбоксилэстеразами.

Ферментам, относящимся к подподклассу карбоксилэстераз (КФ 3.1.1), присуща широкая перекрывающаяся субстратная специфичность к карбоксиэфирам. Такие нефизиологические субстраты, как производные карбоновых кислот и нафтолов или фенолов, используемые в лабораторных экспериментах, гидролизуются всеми ферментами этого подподкласса (Берстон,1965; Луппа,1980). В выявлявшемся нами методом диск-электрофореза с помощью 1-нафтилацетата эстеразном спектре несомненно присутствовали множественные молекулярные формы как неспецифических амфифильных эстераз, так и фосфолипаз (КФ 3.1.1.4) - энзимов, специфически действующих на эфирные связи жирных кислот в фосфолипидах - основных струк-

турных элементах липидного бислоя. Исходя из представлений о физиологической значимости фосфолипидов как ферментов, непосредственно участвующих в динамическом обновлении биомембран, можно предположить, что элиминирующая селекция членистоногих на резистентность к пестицидам должна быть направлена на отбор особей с более высокой активностью у них этих ферментов. Обнаруживаемые спектрофотометрическим методом количественные различия в суммарной активности эстераз по отношению к 1-нафтилацетату у резистентных и чувствительных к диметоату клещей, скорее всего, были обусловлены более высоким содержанием у них фосфолипазы.

Таким образом, выявляющийся у резистентных к пестицидам членистоногих повышенный уровень карбоксилэстеразной активности может рассматриваться как способ усиления защитных функций организма, направленный на предотвращение или устранение вызываемой токсикантом разупорядоченности липидного матрикса биомембран. Это достигается путем увеличения синтеза какой-то из множественных молекулярных форм фермента, участвующего в процессе динамического обновления того участка липидной структуры биомембран, в который, в зависимости от своих физико-химических свойств, встраивается токсикант.

Как было показано ранее, наследова-

ние признака резистентности в линиях клеща к диметоату имеет доминантный характер. Закономерности наследования этого признака и его сохранение в выделенных линиях по данным гибридологического анализа ближе всего соответствуют механизму моногенной амплификации (Анисимов, Тулаева, 1998; Тулаева, Анисимов, 1998). Выявляемые электрофоретическим методом различия в скорости появления холинэстеразных фракций и интенсивности их окраски у клещей чувствительной и резистентных линий, дающие основание предполагать наличие у них неодинаковой активности также и этого фермента, не соответствуют данным гибридологического анализа об ответственности за резистентность одного амплифицированного гена. Возможным объяснением этого факта могут быть имеющиеся сведения о том, что амплификация основного гена, увеличение копий которого поддерживается отбором, может в некоторых случаях происходить вместе с соседними участками хромосомы (Сингер, Берг, 1998). В пользу такого объяснения свидетельствует отсутствие различий у клещей сопоставляемых линий в чувствительности холинэстеразы к ингибиторам ее активности, что должно было бы наблюдаться в том случае, если бы генетическим механизмом резистентности была модификация аллостерических взаимодействий субъединиц холинэстеразы.

#### Литература

- Анисимов А.И., Тулаева И.А. Гибридологический анализ устойчивости к рогору обыкновенного паутинового клеща *Tetranychus urticae* Koch. (Acarina, Prostigmata) из природной популяции в Таджикистане. /Проблемы энтомологии в России. Сборник научных трудов РЭО, 1, СПб, 1998, с.18-20.
- Аугустинссон К.Б. Сравнительное изучение методов очистки и свойств холинэстераз. /Бюлл. ВОЗ, 44, 1-3, 1972, с.81-90.
- Берстон М. Гистохимия ферментов. М., Мир, 1965, 464 с.
- Голубев В.Н. Механизмы взаимодействия пестицидов с липидным бислоем клеточных мембран. /Успехи химии, 62, 7, 1993, с.726-734.
- Дотерман У. Биологические и небологические превращения фосфорорганических соединений. /Бюлл. ВОЗ, 44, 1-3, 1972, с.135-151.
- Луппа Х. Основы гистохимии. М., Мир, 1980, 343 с.
- Сингер М., Берг П. Гены и геномы, 2, М., Мир, 1998, 391 с.
- Тулаева И.А. Исследование биохимических механизмов резистентности с помощью синергистов. /Сб. трудов СПбГАУ "Защита растений и окружающая среда". СПб., 1995, с.531.
- Тулаева И.А., Анисимов А.И. Выделение высокоустойчивых к рогору линий обыкновенного паутинового клеща *Tetranychus urticae* Koch. (Acarina, Prostigmata) из природной популяции в Таджикистане. /Проблемы энтомологии в России. Сб. науч. трудов РЭО, 2, СПб, 1998, с.172-173.
- Abdel-Aal Y.A.I., Wolff M.A., Roe R.M.,

Lampert E.P. Aphid carboxylesterases: biochemical aspects and importans in the diagnosis of insecticide resistance. /Pestic Biochem. Physiol., 38, 1990, p.255-266.

Antunes-Madeira M.C., Madeira V.M.C. Interaction of insecticides with lipid membranes. /Biochim. Biophys. Acta., 550, 1979, p.384-392.

Antunes-Madeira M.C., Madeira V.M.C. Membrane partitioning of organophosphorus and organochlorine insecticides and its implications for mechanisms of toxicity. /Pestic. Sci., 26, 1989, p.167-179.

Asperen K.van. A study of the housefly esterases by means of a sensitive colorimetric method. /J. Insect. Physiol., 8, 1962, p.401-406.

Brown Th. Improved detection of insecticide resistance through conventional and molecular techniques. /Annu. Rev. Entomol., 32, 1987, p.145-162.

Choudhury S.R. The nature of nonspecific esterases. A subunit concept. /J. Histochem. Cytochem., 20, 1972, p.507-517.

Conyers Ch. M., MacNicoll A. D., Price N. R. Purification and characterization of an esterase involved in resistance to organophosphorus insecticides in the saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis*. /Insect. Biochem. Mol. Biol., 28, 1998, p.435-448.

Devonshire A.L., Moores G.D. A carboxylesterase with broad substrate specificity causes organophosphorus, carbamate and pyrethroid resistance in the peach-potato aphids (*Muzus persicae*). /Pestic. Biochem. Physiol., 18, 1982, p.235-246.

Devonshire A.L., Moores G.D., Chiang Ch.-L. The biochemistry of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. /JUPAC Pestic. Chem.;Hum Wotfare. Enveron. Proc 5 th. Int. Congr., Kyoto, 1983, p.191-196.

Devonshire A.L., Moores G.D., french-Constant R.H. Detection of insecticide resistance by immunological estimation of carboxylesterase activity in *Myzus persicae* (Sulzer) and cross reaction of the antiserum with *Phorodon humuli* (Schrank). /Bull. Entomol. Res., 76, 1986, p.97-107.

Devonshire M.L., Field L.M. Gene amplification and insecticide resistance. /Annu. Rev. Entomol., 36, 1991, p.1-23.

Devonshire M.L., Searle L.M., Moores G. D. Quantitative and qualitative variation in the mRNA for carboxylesterases in insecticide-susceptible and resistant *Myzus persicae* (Sulz). /Insect Biochem., 16, 1986, p.659-665.

Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V., Featherstone R.M. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. /Biochem. Pharmacol., 1961, p.88-95.

Georghiou G.P. Novel tests for detection of resistance mechanisms in single insects. /Proc. 18-th Int. Congr. Entomol., Vancouver, 1988, p.461.

Goh D.K.S., Anspaugh D.D., Motoyama N. et al. Isolation and characterization of an insecticide-resistance-associated esterase in the tobacco budworm *Heliothis virescens* F. /Pestic. Biochem. Physiol., 51, 1995, p.192-204.

Hartree E.F. Determination of protein: a modification of the lowry method that gives a linear photometric response. /Ann. Biochem., 48, 1972, p.422-427.

Hick C.A., Field L.M., Devonshire A.L. Changes in the methylation of amplified esterase DNA during loss and reselection of insecticide resistance in peach-potato aphids, *Myzus persicae*. /Insect Biochem. Molec. Biol., 26, 1996, p.41- 47.

Holwerda B.C., Morton R.A. The in vitro degradation of [14 C] malathion by enzymatic extracts from resistant and susceptible strains of *Drosophila melanogaster*. /Pestic. Biochem. Physiol., 20, 1983, p.151-160.

Ishaaya I., Mendelson L., Ascher K.R.S., Casida J.E. Cypermethrin synergism by pyrethroid esterase inhibitors in adults of the whitefly *Bimisia tabaci*. /Pestic. Biochem. Physiol., 28, 1987, p.155-162.

Karnovsky M.G., Roots L. A "direct-coloring" thiocholine method for cholinesterases. /J. Histochem. Cytochem., 12, 1964, p.219-221.

Kuwahara M. Studies on the resistance of the Kanzawai spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida to acaricides. /Bull. Nat. Inst. Agr. Sci., 39, 1984, p.1-75.

Miyata T. Detection and monitoring methods for resistance in arthropods based on biochemical characteristics. /Pest. Resist. Pestic., N.Y., Plenum Press, 1983, p.99-116.

Ono M., Swanson J.J., Field L.M., Devonshire A.L., Siegfried B.D. Amplification and mettylation of an esterase gene associated with insecticide-resistance in greenbugs, *Schizaphis graminum* (Rondani). /Insect Biochem. Molec. Biol., 29, 1999, p.1065-1073.

Riskallah M.R. Esterases and resistance to synthetic pyrethroids in the egyptian cotton leafworm. /Pesstic. Biochem. Physiol., 19, 1983, p.184-189.

Sakata K., Miyata T. Correlation of esterase isosymes to malathion resistance in the small brown plant hopper (Hemoptera: Delphacidae). /J. Econ. Entomol., 87, 1994, p.326-333.

Süla J., Weyda F. Esterase polymorphism in several populations of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. /Experient., 39, 1983, p.78-79.

Villatte F., Ziliani Ph., Marcel V., Menozzi Ph., Fournier D. A high number of mutations in insect acetylcholinesterase may provide insecticide resistance. /Pestic. Biochem. Physiol., 67, 2000, p.95-102.

Zhu K.Y., Brindley W.A. Properties of esterases from *Lygus hesperus* Knight. (Hemiptera: Miridae) and the roles of the esterases in insecticide resistance. /J. Econ. Entomol., 83, 1990, p.725-732.

THE BIOCHEMICAL MECHANISM OF RESISTANCE IN RED SPIDER MITE LINES  
SELECTED BY RESISTANCE TO DIMETOATE

I.A.Tulaeva, O.V.Sundukov

The testing has been carried out on red spider mite *Tetranychus urticae* Koch. Lines resistant to dimetoate have been isolated from two geographically remote populations. The responsibility of esterases for resistance to dimetoate has been revealed with the help of inhibitors of monooxygenases PPB and SCF-525, and also esterases TBTF and BD-5. The spectra of multiple molecular forms of carboxylesterases have been isolated in few females of investigated spider mite lines, and specific activity of carboxylesterase and cholinesterase has been determined by the spectrophotometric method. It is found that the high esterase activity in resistant mites is related to selection of individuals having a superactivity of a complex of the multiple molecular forms of carboxylesterases. The cholinesterase of spider mite differs from an acetylcholinesterase (KF 3.1.1.7) and butirilcholinesterase (KF 3.1.1.8) by substrate specificity. The acetylcholinesterase of spider mite has hydrolyzed propionilthiocholiniodid with the greatest activity and acetylthiocholiniodid and butirilthiocholiniodid less actively.

## ВЫЯВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО К СТЕБЛЕВОМУ МОТЫЛЬКУ И ДРУГИМ ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ ГЕНОФОНДА КУКУРУЗЫ УКРАИНЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Д.С.Переверзев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Показано, что многие сорта кукурузы Украины, Молдавии и ряда сопредельных стран представляют ценный исходный материал для селекции на устойчивость к стеблевому мотыльку и ряду болезней. Некоторые из них проявили четкие признаки групповой и комплексной устойчивости.

Украина и пограничные с ней страны, особенно ее юго-западные соседи Молдавия и Румыния, представляют крупную историческую зону кукурузосеяния, где эта культура стала широко известна в XVII веке. В условиях благоприятного климата и аборигенной агротехники здесь окончательно сложились и утвердились многочисленные местные сорта кукурузы преимущественно кремнистого (в западных районах Закарпатья - также зубовидного и кремнисто-зубовидного) типа: Грушевки, Молдаванки, Бессарабки, Чинквантино и др. Население успешно освоило эту культуру, производство ее постоянно росло и уже в 1850-1853 гг. только через Одесский морской порт было вывезено на экспорт более 1 млн. тонн кукурузного зерна. В середине 1980-х годов на Украине и Дону, в Молдавии, ЦЧО и Поволжье площади посева кукурузы на зерно превышали 2.8 млн. га (Справочник, 1985).

Одним из лимитирующих факторов кукурузосеяния является заметное повреждение посевов этой культуры стеблевым мотыльком, *Ostrinia nubilalis* Hbn. Изучению различных сторон биологии, экологии и вредоносности стеблевого мотылька на юге Европейской части России в 1960-1980 гг. было посвящено много работ (Шура-Бура, 1968; Притула, 1972; Казымова, 1980; Хроменко, 1982 и др.). В.Г.Иващенко (1976) проанализировал устойчивость кукурузы к полеганию в зависимости от анатомического строения стебля. Л.Г.Хролинский и Е.М.Казымова

(Khrolinski, Kazymova, 1976) разработали лабораторный метод оценки устойчивости кукурузы к стеблевому мотыльку по оптической плотности ее листовых вытяжек. А.Е.Моисеев и Е.И.Кузнецова (1971), И.Д.Шапиро и др. (1979) изучили особенности пищевых популяций этого вредителя. Г.И.Притула (1973), Д.С.Переверзев и Е.М.Казымова (1985) проследили в онтогенезе растений изменения химического фактора устойчивости ДИМБОА. В.В.Моргун и др. (1980) показали возможности экспериментального мутагенеза в селекции устойчивых самоопыленных линий. Развернуто представлены также вопросы частной генетики, селекции и агротехники кукурузы в данной зоне (Селекция..., 1980).

В стороне от исследований оставались вопросы сравнительного изучения устойчивости к стеблевому мотыльку и ряду фитопатогенов местного сортового разнообразия кукурузы Украины, Молдавии и сопредельных территорий. В то же время хорошо известно, что местные сорта-популяции хорошо приспособлены к региональным условиям, высоко пластичны и являются генетическими носителями многих хозяйственно ценных признаков (Культурная флора СССР, 1985).

С целью выявления устойчивых к стеблевому мотыльку и болезням стародавних сортов кукурузы Украины и прилегающих регионов в условиях Прикарпатья было проведено изучение исходного материала с применением искусственного фона.



### Методы исследований

Для сравнительной оценки и дифференциации материала было проведено полевое изучение 60 образцов кукурузы Украины, Молдавии и ряда пограничных районов. В экспериментальный набор были включены все наиболее характерные для зоны сортотипы из коллекции ВИР. Делянка однорядковая, схема посева 70 x 35 см, повторность трехкратная, агротехника общепринятая.

Оценка повреждения растений стеблевым мотыльком проводилась как на естественном фоне, так и при искусственном заселении яйцами вредителя. На каждое растение кукурузы в фазе 7-9 листьев, в его листовую воронку помещали две среднего размера кладки, около 20 готовых к отрождению гусениц яиц в каждой. Степень повреждения листьев и стеблей гусеницами оценивали через месяц после заселения по известной методике (Шапиро и др., 1971). В качестве стандартов использовали районированные гибриды Буковинский 11 ТВ, Буковинский 35 ТВ и Коллективный 210 АТВ. Оценка по устойчивости к болезням была проведена на естественном фоне принятыми методами (Грисенко, Дудка, 1980).

По ботаническому составу местные сорта изучаемого региона были пред-

ставлены шестью подвидами (табл.1).

Таблица 1. Ботаническая характеристика экспериментальных сортов кукурузы (число образцов по подвидам)

Район	Кремни- стых	Зубовидных	Полузу- бовидных	Крахма- листых	Лопаю- щихся	Сахарных	Итого
Украина	21	6	1	1	1	-	30
Молдавия	11	-	-	1	-	1	13
Белоруссия	1	-	-	-	-	-	1
Балтия	2	-	-	-	-	-	2
Польша	2	2	-	-	1	-	5
ЦЧО	4	-	-	1	-	-	5
Дон	1	-	-	-	1	-	2
Поволжье	1	-	-	1	-	-	2
Всего	43	8	1	4	3	1	60

Подавляющее большинство образцов (71.6%) приходится на долю кукурузы с кремнистым эндоспермом. Местные сорта зубовидной и полузубовидной кукурузы менее характерны для этого обширного региона (15%); лопающаяся, сахарная и крахмалистая кукуруза представлена единичными образцами. По продолжительности вегетационного периода хорошо представлены все группы - от самых скороспелых до очень поздних.

### Результаты и обсуждение

Устойчивость растений к фитофагам представляет комплексное явление, основу которого составляют привлекательность растений для откладки яиц самками вредителя, антибиоз кормовых растений и сортовая выносливость их к повреждениям (толерантность) (Пайнтер, 1953).

Средний уровень естественного заселения кукурузы природной популяцией вредителя был невысок и составил 16.4%. Наименее привлекательными в этих условиях были несколько образцов с показателями поврежденности 0% из Украины (к-7483, 10887, 10889), Молдавии (к-8952, 11203, 11206), Польши (к-13125, 13926, 13927), а также к-11078 из Белоруссии. В сильной степени были заселены при свободном выборе растений и повреждены

среднезрелая белая к-10924 (Украина) - 35%, среднезрелая кремнистая оранжевая из Сев. Буковины (к-11307) - 40%, Старинская местная из Киевской области и Чинквантино к-4787 - по 46%. Максимально заселены были растения гибрида Буковинский 35 ТВ - 50%.

Антибиотические характеристики кукурузы были оценены при искусственном заселении растений яйцами стеблевого мотылька. Установлен большой диапазон варьирования экспериментальных оценок и выделено значительное количество слабо повреждаемых форм. По признаку повреждения листьев оценки экспериментального материала колебались от 1.4 до 4.1 балла. У растений стандартных гибридов листья были повреждены в диапазоне 2.8-3.4 балла.

Основное значение в устойчивости кукурузы к стеблевому мотыльку имеет степень повреждения стеблей гусеницами старших возрастов. По этому признаку был выделен ряд образцов с высокой степенью устойчивости (повреждение менее двух баллов). Это среднеранняя крахмалистая (к-9116) из Днепропетровской области - 0.4 балла, зубовидная поздняя (к-12014) из Тернопольской области - 0.8 балла, кремнистая поздняя (к-7938) из Днепропетровской области - 1 балл, среднеспелая зубовидная из Закарпатья (к-10883) - 1.4 балла и др. Высокий процент устойчивых к повреждению местных сортов свидетельствует об интенсивном отборе кукурузы на устойчивость к стеблевому мотыльку в процессе народной селекции в этом регионе. Повреждение стандартных гибридов было на уровне 2.3-3.1 балла.

Для выделения источников устойчивости большое значение имеет развитие комплексных исследований по иммунитету кукурузы. Используя благоприятный естественный фон, мы изучили экспериментальный сортовой набор по устойчивости к пузырчатой головне, стеблевым гнилям, северному гельминтоспориозу, а также повреждению всходов шведской мухой.

Пораженность кукурузы пузырчатой головней колебалась в пределах от 0.1 до 41.5%. Не проявляя внешних признаков поражения болезнью образцы к-1274, 7483, 7700, 10883 и др. В наиболее сильной степени были поражены крахмалистая местная (к-9116) - 33.3% и рисовая белая (к-1239) из Ростовской области - 41.5%. Стандартные гибриды были поражены в диапазоне 12.4-15.5%.

Средний уровень поражения кукурузы стеблевыми гнилями составил 54.2% (пределы 0 ... 100%). Очень высокую полевую устойчивость продемонстрировали совершенно не поражающийся сорт зубовидной кукурузы (к-10883) из Закарпатья - 0%, зубовидная поздняя *Wezesny Zar* из Польши - 3.3%, поздняя Молдаванка (к-11206) - 4.7%, среднепоздняя зубовидная (к-10916) из Закарпатья - 7.4%, очень позднеспелая кремнистая (к-7938) из Днепропетровской области - 7.6%.

Близок к ним к-12014 из Тернопольской области - 12.5%. В то же время многие образцы были поражены на 90-100% (к-8952, 10925, 11172, 11300, 14495 и т.д.). Стандарты были поражены на 30.8-51.6%.

По признаку устойчивости к северному гельминтоспориозу материал разделен нами на 3 почти равные группы: более устойчивые формы составили 22 образца; промежуточная группа - 20 образцов; неустойчивые и сильно повреждаемые - 18 образцов. В группу наиболее устойчивых вошли 9 сортов: среднеспелая зубовидная к-10889, поздняя зубовидная к-12014, среднеранняя кремнистая к-12010 из Украины, сахарная желтая к-14001 из Молдавии, скороспелая кремнистая к-11139 из Прибалтики, Лаплатская желтая (к-9798) и Перловая белая (к-13125) из Польши; Бурлей Каунти (к-5546) из Тамбовской и рисовая среднепоздняя (к-1239) из Ростовской области. Близки к ним Чинквантино к-4787 (Ростовская область), поздний Пигнолетто (к-10061) из Молдавии, кремнистая желтая из Поволжья к-5682. В наиболее сильной степени поражались кремнистые сорта из Днепропетровской области: к-7700, к-7489, к-7938, а также кремнистая белая к-10905 из Закарпатья. Показатели стандартных гибридов были на довольно высоком уровне устойчивости.

На отдельных образцах были отмечены фузариоз початков, красная гниль, нигроспориоз, бель зерна.

Совмещенный анализ материала по степени повреждения гусеницами мотылька листьев и стеблей кукурузы с учетом поражения растений рядом основных болезней позволил выделить для селекционной практики лучшие образцы данного региона (табл.2).

Из таблицы 2 можно видеть, что в качестве генетических источников комплексной устойчивости к стеблевому мотыльку могут служить к-1239, 5682, 7664, 7938, 10889, 11346. Ряд образцов одновременно слабо повреждался шведской мухой (к-8952, 8956, 9116). Следует отметить значительную полевую устойчивость к стеблевому мотыльку образцов кукурузы к-4787, 5552, 8963. У некото-

рых местных сортов она сочетается с высокой устойчивостью к ряду болезней. Здесь необходимо назвать зубовидную желтую (к-10883) из Закарпатья с высокой полевой устойчивостью к стеблевому мотыльку, стеблевым гнилям, северному гельминтоспориозу и зубовидную пестрозерную (к-12014) из Тернопольской области - с высокой полевой устойчивостью к стеблевому мотыльку, шведской мухе, пузырчатой головне, стеблевым гнилям и северному гельминтоспориозу.

Если некоторые изученные сорта кукурузы характеризуются высокими значениями ряда признаков устойчивости в комплексе, то другие заметно выделялись своей устойчивостью лишь к отдельным вредным объектам. Однако, учитывая, что местные сорта кукурузы представляют собой свободноопыляющиеся популяции, возможен дальнейший отбор из них отдельных ценных генотипов на групповой иммунитет. И для тех и для других дальнейшим этапом работы должно стать определение их донорских свойств. Не исключено, что с этой точки зрения наиболее ценными в генетическом плане могут оказаться представители второй группы.

Указанные выше образцы представляют большой интерес в качестве исходного материала для селекции на иммунитет тем более, что некоторые из них характеризуются довольно высоким урожаем зерна. Так, у ряда образцов из Украины урожай сухого зерна был на уровне 44-48 ц/га (к-7664, 9116, 10889, 12014); к-11307 (Украина) и к-13927 (Польша) по урожаю зерна не уступали лучшим стандартным гибридам (54-58 ц/га), а зубовидная желтая из Закарпатья к-10883 дала наиболее высокий урожай зерна среди всех изученных образцов - 61.2 ц/га (113.5% к наиболее продуктивному стандарту Буковинский 11 ТВ).

Большой интерес представляет изучение выносливости растений кукурузы к повреждению стеблевым мотыльком. Этот признак был изучен по двум параметрам: снижению высоты растений и урожая зерна в сравнении с контрольными (неповрежденными) растениями

тех же сортов. Установлено, что, как правило, у поврежденных растений снижались оба показателя. Среднее снижение высоты поврежденных растений составляло 24.6% (пределы -2.2 ... -66.4). Менее других снизили высоту стеблей кремнистая оранжеевая к-11307 из Северной Буковины - 2.2%, зубовидная желтая к-10889 (Украина) - 3.3%, очень позднеспелая к-7938 из Днепропетровской области - 3.9% и др. Наиболее сильно реагировали снижением высоты растений среднеранняя кремнистая пестрозерная к-12010 из Тернопольской области - 51.2%, Лаплатская желтая - 52.2%, Дар полночи - 66.4% (обе из Польши).

Среднее снижение урожая зерна у поврежденных растений составило 31.4% (пределы +0.7 ... -79.7). То есть этот признак характеризовался более широким диапазоном изменчивости. Отмечены и другие особенности: так, при слабой степени повреждения гусеницами листьев и стеблей местный сорт к-7664 из Днепропетровской области не только не снизил урожай, но даже повысил его на 0.7%, что вполне согласуется с данными К.И.Попова (1965) о роли и значении компенсаторных реакций растений. В то же время у ряда изученных образцов снижение урожая зерна было весьма значительно: к-10886 (Закарпатье) - 63.7%, к-11139 (Калининградская обл.) - 68.3%, к-5514 (Литва) - 73.9%, к-9689 (Молдавия) - 79.7%.

При сравнении обоих показателей толерантности чаще имела место ситуация, когда снижение урожая зерна было более сильно выражено, чем снижение высоты поврежденных растений соответствующих сортов (59%), реже - обратная зависимость (41% случаев).

Таким образом, в условиях Прикарпатья нами впервые проведено сравнительное изучение местных сортов кукурузы Украины и сопредельных с ней территорий по устойчивости к стеблевому мотыльку и ряду фитопатогенов. Экспериментальный материал характеризовался широким полиморфизмом по биологическим и хозяйственно ценным признакам.

Таблица 2. Источники групповой и комплексной устойчивости кукурузы к вредным организмам

Каталога ВИР	Название	Происхождение	Консистенция зерна		Цвет зерна	Повреждение стеблевым мотыльком листьев, балл	То же стеблей, балл	Повреждение шведской мучой, %	Поражение пугырагой головней, %	Поражение стеблевыми гнилями, %	Поражение северным гельминтоспориозом*, %	Урожай зерна, ц/га	Устойчивость
7938	Кукуруза	Днепропетров-	кр	ж	1.1	1.0	20.0	7.6	7.6	++++	22.2	к мот-ку	
9116	Местная	ская обл.	крах	бел	1.3	0.4	2.8	33.3	80.0	++++	44.5	к вред-лям	
7664	Кукуруза	То же	кр	ж	1.7	1.4	8.5	6.6	20.0	++++	45.9	к мот-ку	
10889	Кукуруза	Украина	зуб	ж	1.6	1.3	11.4	3.4	24.2	+	46.6	к мот-ку	
11346	Местная	Сев. Буковина	кр	ж,ор	1.1	1.9	11.4	3.3	53.3	++	24.8	к мот-ку	
8952	Бессарабка	Молдавия	кр	ж	1.8	1.9	0	0	100.0	++++	22.1	к вред-лям	
8956	Кукуруза	То же	кр	ж	1.8	1.6	0	3.7	82.4	+++	13.7	к вред-лям	
1239	Кукуруза	Ростовская обл.	рис	бел	1.8	1.9	8.0	41.5	41.5	+	17.0	к мот-ку	
5682	Кукуруза	Саратов. обл.	кр	ж	1.3	1.8	5.7	0	100.0	+	21.5	к мот-ку	
8963	Кукуруза	Днепрон. обл.	кр	бел,ж	2.0	1.5	0	7.4	70.4	++	22.1	полев. уст-сть	
5552	Чинкван-тино	Одесская обл.	кр	ж	2.4	1.5	7.1	10.4	51.7	++++	27.9	полев.уст-ь	
10883	Кукуруза	Закарпатская	зуб	ж	3.3	1.4	11.4	0	0	+++	61.2	компл.уст-ь	
10916	Кукуруза	обл.	зуб	ж	2.8	1.6	2.0	3.7	7.4	++	34.1	непривлекат-ть	
12014	Местная	Тернопольская обл.	зуб	бел,ж	3.8	0.8	0	0	12.5	+	47.9	компл.уст-ь	
11307	Местная	Сев. Буковина	кр	ор	1.6	2.0	0	0	73.3	++++	54.0	полев.уст-ь	
10904	Местная	Украина	рис	бел	2.3	1.5	5.7	10.0	56.6	++	36.2	то же	
9689	Кукуруза	Молдавия	кр	ж,бел	2.9	1.8	0	3.3	56.6	++++	15.4	то же	
11212	Кукуруза	То же	кр	ж	4.1	1.7	0	3.3	66.6	++	21.9	непривлекат-ть	
13927	Wezesny Zar	Польша	зуб	ж	2.3	1.7	3.5	16.6	3.3	++	57.9	компл.уст-ь	
4787	Чинкван-тино	Ростовская обл.	кр	ж	2.4	2.0	5.7	0	47.3	+	16.2	полев.уст-ь	
9103	Местная	Самарская обл.	крах	ж,бел	2.9	1.6	5.7	2.0	100.0	+	35.2	то же	
	Стандарты:												
	Буковинский 11 ТВ	Украина	п/зуб	ж	1.5	3.0	0	12.4	51.6	++	53.9	непривлекат-ть	
	Буковинский 35 ТВ	То же	зуб	ж	1.0	3.1	21.4	15.5	33.4	+++	35.7	-	
	Коллективный 210 АТВ	То же	п/зуб	ж	2.1	2.8	11.7	15.1	30.8	++	53.1	-	

\*Степень поражения: +++++ очень сильная, +++сильная, ++средняя, +слабая.

Проведена его детальная дифференциация, выделены генетические источники устойчивости кукурузы к стеблевому мотыльку, а также формы с высокой степенью полевой устойчивости, которые представляют ценный исходный матери-

ал для селекции. Значение выделенных источников возрастает в связи с тем, что некоторые из них характеризовались также групповой и комплексной устойчивостью к ряду заболеваний и высокой продуктивностью зерна.

#### Литература

Грисенко Г.В., Дудка Е.Л. Методика фитопатологических исследований по кукурузе.

/ВАСХНИЛ, ВНИИ кукурузы, Днепропетровск, 1980, 62 с.

Иващенко В.Г. Некоторые особенности анатомического строения стеблей кукурузы в связи с устойчивостью к полеганию и повреждению стеблевым мотыльком. /Научн. техн. бюлл. ВСГИ, Одесса, 26, 1976, с.56-60.

Казымова Е.М. Устойчивость кукурузы к стеблевому мотыльку и ее повышение в Прикарпатье. /Автореф. канд. дисс., Л., 1980, 19 с.

Культурная флора СССР. Кукуруза. М., Колос, 6, 1982, 295 с.

Моисеев А.Е., Кузнецова Е.Н. Расовый состав стеблевого мотылька в Ростовской области. /Растительность и фауна Дона и Сев. Кавказа в системе зональных биол. и научно-производ. разработок. Ростов-на-Дону, 1971, с.97-108.

Моргун В.В., Чучмий И.П., Хроменко А.С., Шапиро И. Д., Переверзев Д.С. Экспериментальный мутагенез в создании иммунных линий кукурузы. /Селекция и семеноводство, 5, 1980, с.5-16.

Пайнтер Р. Устойчивость растений к насекомым. М., Изд. иностр. лит., 1953, 442 с.

Переверзев Д.С., Казымова Е.М. Биохимическая оценка устойчивости кукурузы к стеблевому мотыльку в онтогенезе растений /Сельскохозяйств. биология, 4, 1985, с.65-70.

Попов К. И. Выяснение природы выносливости растений к повреждениям листогрызущими насекомыми. /Тез. докл. IV Совещания по иммунитету, Кишинев, 1965, с.151-175.

Пругула Г.И. Некоторые особенности в ус-

тойчивости кукурузы к стеблевому мотыльку /Автореф. канд. дисс., Л., 1972, 22 с.

Пругула Г.И. Роль веществ вторичного обмена в устойчивости растений кукурузы к стеблевому мотыльку. /Сб. трудов ВИЗР, 37, 1973, с.113-120.

Селекция, генетика и технология возделывания кукурузы в Молдавии. /Сб. статей, Кишинев, Штиинца, 1980, 204 с.

Справочник ИСУ СССР, М., 1985.

Хроменко А.С. Устойчивость кукурузы к кукурузному мотыльку в условиях Центральной лесостепи Украины. /Автореф. канд. дисс., Л., 1982, 24 с.

Шапиро И.Д., Переверзев Д.С., Шура-Бура Г.Б. Методические указания для оценки полевой устойчивости кукурузы к стеблевому мотыльку. Л., ВИЗР, 1971, 15 с.

Шапиро И.Д., Переверзев Д.С., Хроменко А.С. О характере пищевых связей стеблевого мотылька в условиях Центральной лесостепи Украины. /Экология, 3, 1979, с.75-79.

Шура-Бура Г.Б. Особенности развития стеблевого мотылька на различных по устойчивости гибридах и линиях кукурузы /Автореф. канд. дисс., Л., 1968, 19 с.

Khrolinski L.G., Kazymova E.M. Laboratory determination of maize leaf resistance to the european corn borer. /Report of the international project on *O. nubilalis*, phase III results, Budapest, 1976, p.27-29.

## ISOLATION OF CORN GENOME RESISTANT TO THE EUROPEAN CORN BORER *OSTRINIA NUBILALIS* AND OTHER PEST ORGANISMS IN UKRAINE AND ADJACENT COUNTRIES D.S.Pereverzev

The study of local varieties of corn of Ukraine and adjacent countries on resistance to the European corn borer *Ostrinia nubilalis* and some phytopathogenes has been carried out in conditions of the Carpathian region. The experimental material has been differentiated by resistance and hardiness, the genetical sources of resistance to the European corn borer have been isolated. Some varieties are characterized by batch and complex resistance to series of diseases and by high grain productivity.

## ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОСАНИТАРНОЙ ОБСТАНОВКИ В АГРОЦЕНОЗЕ ТАБАЧНОГО ПОЛЯ

О.Д.Филипчук

*Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий, Краснодар*

Показано, что в агроценозах табачных полей в последние годы произошли существенные изменения в видовом составе и вредоносности возбудителей болезней, насекомых-фитофагов и сорняков, что связано с изменениями технологии возделывания табака. В частности отмечены существенные изменения в составе грибных болезней в рассадниках, где основными возбудителями заболеваний стали грибы из родов *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*. В период вегетации увеличилось поражение табака альтернариозом, пероноспорозом и бактериозами. В рассадный период возросла численность медведки, в период вегетации - хлопковой совки и некоторых других ранее второстепенных вредителей (ягодный клоп, южный серый долгоносик и др.). Зафиксирована перестройка видового состава сорной флоры.

В последние годы наблюдаются существенные изменения фитосанитарной обстановки табачного агроценоза. Результаты многолетнего мониторинга показывают, что в южно-предгорной зоне Кубани табак поражается различными видами болезней. В рассадный период наиболее вредоносны грибные патогены, вызывающие корневые и стеблевые гнили, которые нередко поражают до 50% растений. Некоторые изменения состава патогенной микрофлоры установлены в рассадниках. В течение последних лет здесь отсутствует возбудитель черной корневой гнили грибок *Thielaviopsis basicola*. Основными возбудителями заболеваний теперь являются грибы из родов *Pythium*, *Rhizoctonia* и *Fusarium*. К доминирующему ранее *P.debarianum* присоединились новые микромицеты из этого рода - *P.ultimum* и *P.aphanidermathum*.

В полевой период развития культуры наблюдается постепенное увеличение поражения растений такими грибными болезнями, как альтернариоз (*Alternaria tenuis*) и пероноспороз (*Peronospora tabacina*). Еще недавно эти заболевания встречались единично, но постепенно их распространение увеличилось и достигло 12%. Начали заметно проявляться бактериозы табака, в основном это бактериальная рябуха (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*) и пустостебельность (*Erwinia carotovora* и *E.aroidea*). Пока они не получили широкого распространения (в среднем поражается 3-4% растений), однако

при благоприятных условиях их вредоносность заметно повышается.

Наиболее часто в период вегетации растений проявляются вирусные заболевания. Поражение табака огуречной и табачной мозаикой (*Cucumber mosaic virus* [*Cucumis virus* 1] и *Tobacco mosaic virus* [*Nicotiana virus* 1]), соответственно, достигает 12 и 18%. Белая пестрица и бронзовость томата (*Potato virus Y* [*Solarium virus* 2] и *Tomato spotted wilt virus* [*Lycopersicon virus* 3]) в среднем проявляются на 7-9% растений. Начиная с 1998 г. грибные заболевания преобладают над бактериозами и лишь незначительно уступают вирусным инфекциям табака (рис.1).

Распространение микоплазменной инфекции столбура (возб. *Mycoplasma*) в основном зависит от отношения переносчика (цикадки *Hyalesthes obsoletus*) к определенному сортогену табака. При благоприятных обстоятельствах может быть поражено до 15% растений. В настоящий период распространение столбура достигает 8%. Также установлено одновременное присутствие на растениях табачной и огуречной мозаики часто в комплексе со столбуром, что раньше отмечалось крайне редко. Смешанная инфекция более опасна для табака, чем поражение отдельным фитопатогеном.

Из многоядных вредителей в рассадный период табака наиболее вредоносна медведка обыкновенная (*Gryllotalpa gryllotalpa*). Кроме того, заметно активи-

зируются подуры (отр. Podura), мокрицы (отр. Isopoda), слизни (*Agriolimax* sp.). Их вредоносность особенно ощущается в наиболее раннюю фазу развития расса-

ды. В последнее время наблюдается активизация медведки и в условиях открытого грунта наряду с другими почвообитающими насекомыми.

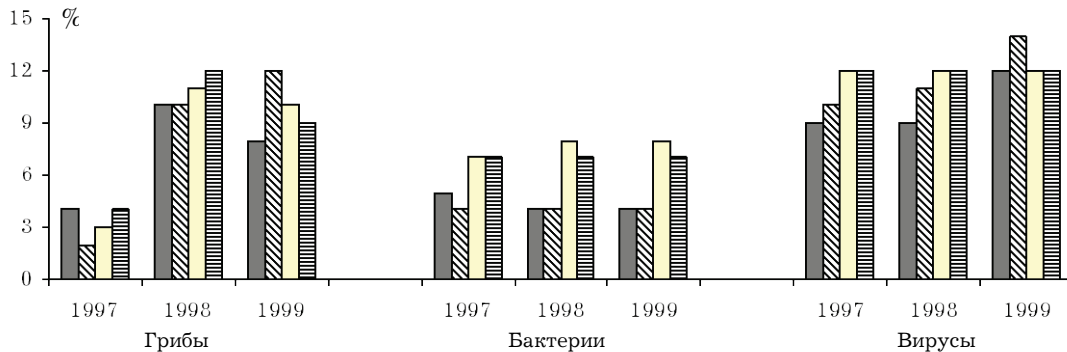


Рис.1. Распространение болезней табака в полевой период, %  
Сортообразцы: ■ - Остролист, ▨ - Трапезонд, □ - Вирджиния, ▤ - Берпей

Обычно на посадках табака преобладают щелкуны р. *Agriotes*: кубанский, проксимус, посевной (*A.tauricus*, *A.proximus*, *A.sputator*). В условиях повышенной влажности почвы при численности личинок 0.5 экз/м<sup>2</sup> они способны уничтожить около 10 тыс. растений на 1 га (или 25%). Их вредоносность может быть снижена экстремальными погодными условиями в период приживаемости рассады (это либо засуха, либо затопление). Из подрывающих совок наибольшее распространение на табаке (до 65%) имеет озимая совка (*Scotia segetum*). Массовому развитию второго поколения вредителя способствуют разреженные посадки и прогревание верхнего слоя почвы. Численность гусениц на некоторых полях достигает до 4 экз/м<sup>2</sup>, что выше ЭПВ. В последнее время существенно изменился и период вредоносности гусениц. Табак повреждается теперь не только в фазу приживаемости рассады, но и до фазы бутонизации (по типу "кольцевания стебля"), то есть практически весь вегетационный период.

Наряду с почвообитающими вредителями во всех районах возделывания табака отмечается заметное увеличение численности наземных фитофагов - хлопковой совки (*Helicoverpa armigera*),

персиковой тли (*Myzodes persicae*), табачного трипса (*Thrips tabaci*) и других (рис.2).

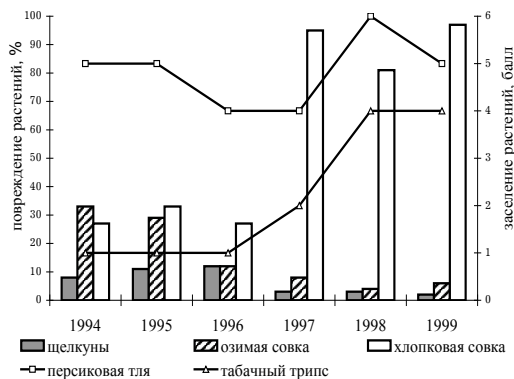


Рис.2. Динамика вредоносности основных фитофагов табака

Наибольшие повреждения табаку причиняют гусеницы хлопковой совки. Уже несколько лет подряд повреждается в среднем до 90% растений. Следует отметить нехарактерное повреждение табака этим вредителем. Гусеницы старших возрастов стали питаться не только генеративными органами, но и листьями табака. Это очень серьезно, поскольку товарной частью культуры является именно лист. Причем, повреждаются гу-

сеницами в сильной степени все ярусы листьев. Возможно, это объясняется повышенной влажностью воздуха, при которой гусеницы могут переходить к открытому образу жизни и, соответственно, на другой тип питания. Численность гусениц достигает 6-12 экз/раст., что в 6 раз превышает ЭПВ. В такой ситуации собрать урожай практически невозможно, а реального средства сдерживания развития совки пока нет.

Меняются некоторые поведенческие реакции насекомых. Так, окукливание гусениц хлопковой совки наблюдается не только в поле непосредственно под кормовым растением, но и в ближайших лесополосах.

Заселение табака табачным трипсом находится в пределах 4-6%, персиковой тлей - 10-13%. Оба вредителя - переносчики вирусных заболеваний, поэтому их численность не имеет пороговой величины. Несколько лет подряд развитие популяции персиковой тли сдерживалось галлицей (*Aphidoletes* sp.). Пораженные особи фиксировались на определенном ярусе листьев, что исключало миграцию насекомых как по растению, так и в пределах участка. Наиболее сильное поражение тлей галлицей наблюдалось вблизи естественного "конвейера" нектароносов.

В некоторых районах обнаружено повреждение табака в поле медведки обыкновенной.

В последнее время отмечается усиление вредности таких второстепенных вредителей как ягодный клоп (*Dolycoris baccarum*), южный серый долгоносик (*Tanymecus dilaticollis*), луговой мотылек (*Pyrausta sticticalis*), сверчки (*Gryllus* spp.). Также на табачных полях отмечаются повреждения растений гусеницами бражников (сем. Sphingidae). Это необычно, поскольку у насекомых этого семейства всегда существовала строгая приуроченность к кормовому растению.

Следует также отметить изменение фитосанитарной ситуации в сторону увеличения агрессивности объектов. Так, заметно усилилась вредность озимой

совки, медведки, хлопковой совки. В связи с этим ущерб от их повреждений значительно увеличился.

Сорные растения табачного агроценоза в основном представляют биологическую группу малолетних поздних яровых сорняков. Следует отметить изменение соотношения между биологическими типами сорняков. Так, в тридцатые годы прошлого столетия малолетники составляли 40% (из них поздние яровые - 28%), а многолетники - 52%. Сейчас малолетние сорняки составляют 85% (из них 61% поздние яровые), а многолетники - всего лишь 15%. Теперь в структуре сорного компонента преобладают злаковые сорняки (рис.3). Наибольшей частотой встречаемости характеризуются куриное просо (*Echinochloa crus-galli*) и щетинники (*Setaria* spp.) - соответственно 83 и 75%. Увеличивается количество заразихи (*Orobanche* spp.) - до 14%, амброзии польннолистной (*Ambrosia artemisiifolia*) - до 64% (Крымский район), вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis*) - до 70% (Апшеронский район) и канатника Теофраста (*Abutilon Theophrasti*) - до 25% (Северский район). Частота встречаемости портулака огородного (*Portulaca oleracea*) и щириц (*Amaranthus* spp.) находится в среднем на уровне 60%.

Рост количества двудольных сорных растений, вероятно, вызван многолетним систематическим применением гербицидов против злаковых сорняков, после уничтожения которых соотношение сорняков смещается в сторону двудольных. Общая засоренность табачных полей составляет 3-5 баллов, что соответствует среднему и выше среднего уровням.

Нередко сорные растения бывают поражены болезнями или повреждены вредителями. Так, из заболеваний отмечены: пероноспороз (марь белая), фузариоз (заразиха), ржавчины (портулак, щирица, бодяк), пятнистости (злаковые растения). Гусеницы чешуекрылых значительно повреждали канатник, а личинки амброзиевого листоеда полностью уничтожали генеративные органы амброзии.



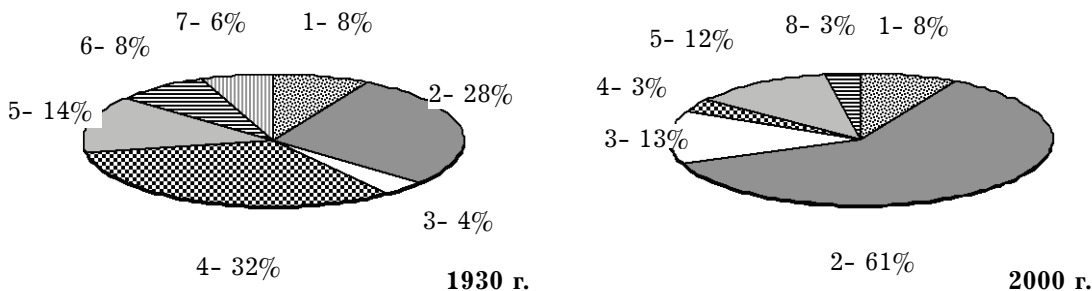


Рис.3. Соотношение биогрупп сорных растений табачного агроценоза  
 1 - ранние яровые, 2 - поздние яровые, 3 - зимующие, 4 - корневищные,  
 5 - корнеотпрысковые, 6 - кустарники и полукустарники, 7 - корнестержневые,  
 8 - паразиты

Ухудшение фитосанитарной обстановки табачного поля связано с изменением севооборотов и агротехники, нарушением системы обмена семенного материала, возделыванием сортов со слабой устойчивостью к болезням, а также с появлением новых для табака вредных организмов. Благоприятные почвенные и погодные условия южно-предгорной зоны Кубани позволяют вредителям, возбудителям инфекций и семенному запасу сорняков хорошо

сохраняться и накапливаться. Для создания оптимальной фитосанитарной обстановки на полях табачных севооборотов, предотвращения потерь урожая и получения экологически чистой продукции необходимо реализовать комплексную систему организационно-хозяйственных (профилактических), агротехнических и биологических мер защиты. Такая система позволит существенно снизить негативное последствие агрохимикатов на компоненты природной среды.

#### CHANGE OF PHYTOSANITARY SITUATION IN AGROCENOSIS OF A TOBACCO FIELD

O.D.Filipchuk

The changes in technology of tobacco cultivation have caused changes in ecosystems of tobacco fields. The species composition of pathogens and weeds has changed. The injuriousness of considered earlier as secondary diseases and insect phytophages has increased. The yield losses caused by traditional harmful organisms have also increased. The conforming development of tobacco protection system is necessary for counteraction.

## **ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПШЕНИЧНОЙ МУХИ *PHORBIA SECURIS TIENSUU* (DIPTERA: ANTHOMYIDAE) К ИНСЕКТИЦИДАМ**

**А.Г.Махоткин\*, В.А.Павлюшин\*\***

\*Азовская научно-исследовательская лаборатория ВИЗР, Порт-Катон

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

С использованием двух методов определена чувствительность азовской популяции пшеничной мухи к пяти инсектицидам (Би-58 Новый, КЭ (400 г/л); данадим, КЭ (400 г/л); базудин КЭ (600 г/л); конфидор, ФС (350 г /л) и калипсо, КЭ (600 л/га). Оценены особенности и условия токсикологического анализа применительно к данному виду. Определены токсикологические характеристики препаратов. Установлено, что наиболее эффективны против пшеничной мухи базудин и калипсо. Наименее чувствительна пшеничная муха к препарату конфидор.

Происходящие с 1996 г. на Северном Кавказе массовые размножения пшеничной мухи (*Phorbia securis* Tiensuu) и причиняемый этим видом значительный ущерб посевам озимой пшеницы определяют актуальность совершенствования защитных мероприятий, в том числе химических мер защиты от этого вредителя.

В первых работах, посвященных пшеничной мухе, широко рекомендовались двух-трех- и даже четырехкратные опыливания посевов дустами ДДТ, гексахлорана, метафоса и другими (Замфи-ров,1963; Лукашевич,1964; Павлов,1964; Антонова, Шарбан,1971). Биологическая эффективность обработок по данным большинства авторов составляла 30-60%. Наряду с опыливанием рекомендовались опрыскивания посевов хлорофосом, метафосом, фосфамидом, базудином и другими препаратами. Их биологическая эффективность колебалась преимущественно в пределах 40-70% (Замфи-ров,1963; Рахимов,Сибиряк,1973).

Низкая эффективность химических обработок обусловлена продолжительным лётом пшеничной мухи, особенно в период ее весеннего размножения, развитыми миграционными способностями этого вида, а также слабой разработанностью вопроса о сигнализации сроков обработок. До последнего времени рекомендуемый экономический порог численности вредителя выражался величиной уловов энтомологическим сачком (Антонова,Шарбан, 1971; Сусидко, Махоткин, 1985). Между тем, уловистость сачка на всходах пше-

ницы очень низкая, а при плохо выровненной поверхности поля проводить кошения вообще невозможно. Кроме того, уловы сачком сильно зависят от погодных условий. Поэтому нередко первые попадания пшеничной мухи в сачок отмечаются уже после начала откладки яиц, что ведет к запаздыванию обработок. В настоящее время предложен более совершенный метод сигнализации обработок против этого вредителя с использованием разработанных применительно к нему водных ловушек (Махоткин и др.,2001).

Наряду с этим нельзя исключать также и низкой чувствительности вредителя к инсектицидам. Каких-либо упоминаний о резистентности пшеничной мухи к инсектицидам и о величинах  $СК_{50}$  ее чувствительных популяций обнаружить в литературе не удалось. В связи с этим было проведено определение чувствительности к инсектицидам приазовской популяции пшеничной мухи. С этой целью использовались пять препаратов: Би-58 Новый КЭ (400 г/л), данадим КЭ (400 г/л), базудин КЭ (600 г/л), конфидор ФС (350 г/л) и калипсо КЭ (600 л/га). Для определения токсикологических показателей применена усовершенствованная методика мониторинга резистентности вредителей к инсектицидам (Махоткин и др.,2000). Производственные концентрации рассчитывались для данадима, исходя из нормы его расхода 1.5 л/га, для остальных препаратов - 1.2 л/га, и составляли по д.в., соответственно, для даназина 0.16%, БИ-

58 Новый 0.20%, базудина 0.29%, конфидора 0.14%, калипсо 0.29%.

Определение чувствительности пшеничной мухи к инсектицидам проводили двумя методами - опрыскиванием мух из пульверизатора и использованием обработанных инсектицидами клейких ловушек. Оба определения проводились практически одновременно, 1-3 октября, во второй половине периода лёта пшеничной мухи, когда ее популяция была представлена в основном самками. Их доля в уловах кошнями и ловушками составляла в это время 92-96%. Мухи для опрыскивания их в лаборатории собирались на том же поле, на котором выставлялись клейкие ловушки.

В опыте с опрыскиванием мух использовали концентрации 0.0028; 0.0083; 0.025 и 0.075% д.в. от производственной концентрации каждого инсектицида. Мух для обработки отсаживали по 10 экз. в пробирки и опрыскивали сквозь тонкое капроновое сито. При этом пробирки

верхней частью помещали к источнику света, чем достигалась концентрация мух в зоне распыла инсектицида. После опрыскивания мух сразу пересаживали в чистые пробирки, отверстия которых затягивали марлей. При учетах к живым относили подвижных мух, способных удержаться на стенках пробирки. Неподвижных, не подающих признаков жизни мух, относили к погибшим, неспособных удержаться на стенках, но подающих признаки жизни, - к парализованным.

По мере выдерживания мух их смертность с учетом необработанного контроля нарастала. Первый учет был проведен при появлении заметного количества погибших мух через 12 часов, последующие - через 24, 36 и 48 часов после обработки. Вместе с изменениями показателей смертности мух изменялись во времени и рассчитанные по ним токсикологические показатели (табл.1). Так, угол наклона пробит-линии сначала увеличивался, затем понижался.

Таблица 1. Изменение токсикологических показателей Би-58 в зависимости от сроков учета смертности мух после обработки

Показатели	Время после обработки, часы			
	12	24	36	48
СК <sub>50</sub> , % д.в.	0.3207	0.0186	0.0081	0.0040
СК <sub>95</sub> , % д.в.	28.6996	0.6798	0.5925	0.1696
Индекс токсичности*	0.005	0.24	0.27	0.09
Смертность от производственной концентрации, %	43	83	87	84
Угол наклона пробит-линии, °	29	47	42	32

\*Величина, получаемая от деления производственной концентрации пестицида (% д.в.) на значение его СК<sub>95</sub>.

При этом вследствие логарифмического характера зависимости даже в своих наименьших значениях величины СК<sub>95</sub> оставались выше производственной концентрации препарата (0.1696% д.в.). В результате этого индекс токсичности оставался меньше единицы, а смертность мух от производственной концентрации в последних трех учетах составляла 83-87%, что, очевидно, характеризует возможный верхний предел эффективности этого препарата. В производственных условиях она обычно не превышает 60%.

На наш взгляд, в качестве наиболее приемлемого срока экспозиции мух после

обработки инсектицидами при описанном анализе можно принять 24 часа, когда наклон пробит-линии максимален. Недостатком метода является его высокая трудоемкость, связанная с двукратной пересадкой большого количества мух, очень подвижных и, в отличие от комнатной мухи, легко травмируемых при работе с ними.

Технически проще определение токсикологических показателей при помощи клейких ловушек, в качестве которых использовали вкладыши от стандартных феромонных ловушек яблонной плодовой жоржки с нанесенным на них клеем пестификс. Для обработки вкладышей ис-

пользовали концентрации, равные 0.02, 0.05, 0.25, 0.5 и 0.75% от производственной концентрации каждого инсектицида. Растворы равномерно распределяли по поверхности вкладыша с помощью пульверизатора. Количество наносимых растворов рассчитывали, исходя из производственной нормы расхода рабочей жидкости.

Обработанные ловушки были 1 октября, в период интенсивного лёта пшеничной мухи, размещены в шестикратной повторности на поверхности почвы в посевах озимой пшеницы. Кроме пшеничной мухи в ловушки в значительных количествах попадали также родственные ей, активные в это время ростковые мухи, *Phorbia (Delia) platura* Mg. Через 6 часов ловушки были сняты и перенесены с поля в лабораторию, где были проведены три учета - через 6, 12 и 18 часов. К живым при учетах относили мух, проявивших признаки жизни при прикосновении к ним препаральной иглой. Парализованных мух при этом не выделяли. Из-за быстрого нарастания смертности мух на клеевом слое как обработанных, так и контрольных ловушек, после 18-часовой экспозиции проводить дальнейшие учеты было нецелесообразно. Суще-

ственным недостатком данного метода является также и то, что в отличие, например, от бабочек яблонной плодовой мухи различать живых и погибших мух на клеевом слое из-за их относительно мелких размеров довольно трудно, из-за чего могут возникать ошибки в учетах.

Полное совпадения токсикологических показателей, полученных двумя методами, не было. Тем не менее, обнаружилось определенное их сходство, в наибольшей мере выраженное для показателей, полученных через 24 часа после опрыскивания мух и после 18-часовой экспозиции на клейких поверхностях. Сопоставление величин  $СК_{50}$ , значений смертности мух от производственных концентраций препаратов и углов наклона пробит-линий по этим двум учетам для пшеничной и ростковой мух показано в таблице 2. Величины  $СК_{50}$  препаратов для пшеничной мухи, определенные методом опрыскивания, были во всех случаях меньше, а углы наклона пробит-линий - больше таковых, определенных методом клейких ловушек. При сравнении величин смертности мух от производственной концентрации столь определенных различий не обнаружено.

Таблица 2. Токсичность инсектицидов для пшеничной и ростковой мух при разных способах обработки

Инсектицид	$СК_{50}$ , % д.в.			Смертность от производственной концентрации, %			Угол наклона пробит-линии		
	Опрыскивание	Клейкие ловушки		Опрыскивание	Клейкие ловушки		Опрыскивание	Клейкие ловушки	
		пшеничная муха	пшеничная муха		ростковая муха	пшеничная муха		пшеничная муха	ростковая муха
Би-58	0.0186	.0342	.0054	83	73	92	47	45	32
Данадим	.0073	.0135	.0008	81	82	97	43	39	16
Базудин	.0008	.0015	.0019	98	98	99	59	58	74
Конфидор	.0001	.0007	.0024	53	67	88	2	-7	-5
Калипсо	.0004	.0013	.0006	96	94	97	26	31	31

Согласно полученным результатам препарат данадим не уступал по эффективности препарату Би-58. Вместе с тем следует отметить, что чувствительность пшеничной мухи и к тому, и к другому препарату невысока, что ставит под вопрос целесообразность их применения

против нее в качестве контактных инсектицидов.

Наиболее активными по отношению к обоим видам мух были базудин и калипсо, индекс токсичности которых превышал единицу. Последний препарат представляет особый интерес, поскольку об-

ладает выраженными системными свойствами и по нашим наблюдениям активен также против личинок пшеничной мухи при токсикации всходов как методом обработки семян, так и путем опрыскивания растений. Наименее чувствительна пшеничная муха была к препарату конфидор.

Все изучаемые препараты были по показателю расчетной биологической эффективности менее активны по отношению к пшеничной мухе по сравнению с ростковой мухой.

По совокупности условий и особенностей из двух примененных методов для токсикологического анализа популяций пшеничной мухи предпочтение следует отдать опрыскиванию мух наборами концентраций инсектицидов с их последующим выдерживанием в чистых пробирках в течение 24 часов. Метод отлова мух на клеевые ловушки может служить экспресс-методом обнаружения резистентности с использованием производственных концентраций инсектицидов в качестве "диагностических".

#### Литература

Антонова В.П., Шарбан И.П. Борьба с черной пшеничной мухой. /Защита растений, 1, 1971, с.17-18.

Замфиоров Ц. Проучвания върху черните пшеничени мухи *Phorbia securis* Tiensuu и *Phorbia penicilifera* Jermy (Diptera, Muscidae) и възможности за борба с тях. /Изв. на института по царевичата. Кнежа, 5, София, 1963, с.139-146.

Лукашевич А.Ф. Яровая муха в Молдавии. /Защита растений от вредителей и болезней, 4, 1964, с.25.

Махоткин А.Г. Определение численности пшеничной мухи на посевах озимой пшеницы. /Докл. ВАСХНИЛ, 7, 1980, с.47-48.

Махоткин А.Г. Сигнализация сроков борьбы. /Защита растений, 8, 1984, с.64.

Махоткин А.Г., Зверев А.А., Махоткин М.А. Методика регионального мониторинга резистентности вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. к инсектицидам. /Современное состояние проблемы резистентности вредите-

лей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. Материалы девятого совещания (20-22 декабря 2000 г., Санкт-Петербург). СПб, ВИЗР, 2000, с.26.

Махоткин А.Г. Гричанов И.Я., Овсянникова Е.И. Водные ловушки для учета двукрылых насекомых. /Защита и карантин растений, 8, 2001, с.36.

Павлов И.Ф. Яровая муха - вредитель пшеницы. /Защита растений от вредителей и болезней, 7, 1964, с.16.

Рахимов Э.М., Сибиряк Л.А. Вредоносность яровой мухи на яровой пшенице и оценка мер борьбы с ней в переходной лесостепи Башкирии /Труды Башкирского СХИ, 17, 1973, с.221-225.

Сусидко П.И., Махоткин А.Г. Пути снижения вредоносности черных злаковых цветочных мух на озимой пшенице /Вестник с.-х. науки, 1, 1985, с.109-116.

#### SUSCEPTIBILITY OF THE WHEAT FLY *PHORBIA SECURIS* TIENSUU (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE) TO INSECTICIDES

A.G.Makhotkin, V.A.Pavlyushin

The susceptibility of the Azov population of *Phorbia securis* Tiensuu to five insecticides is determined by use of two methods. The features and conditions of toxicological analysis are estimated for the species. The toxicological characteristics of preparations are determined.

## МЕТОД УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД В ПОЧВЕ ПУТЕМ ВЫЛОВА НА ПРИМАНОЧНОЕ НАСЕКОМОЕ

Г.Е.Сергеев, Л.Г.Данилов

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Сформулирована шестифакторная математическая модель вылова энтомопатогенных нематод на приманочное насекомое. По экспериментальным данным построена формула расчета плотности в почве нематод семейств Steinernematidae и Heterorhabditidae на основе их вылова. Учтены лабораторные и естественные условия вылова, число приманочных насекомых, температура, влажность, тип почвы по ее механическому составу и время экспозиции.

В сельском хозяйстве разрабатываются системы мероприятий, при которых основными методами снижения численности вредителей станут методы экологические, способствующие размножению и повышению активности естественных врагов вредителей. Так, в борьбе с насекомыми-фитофагами важное место отводится использованию их естественных врагов - паразитов, хищников, возбудителей заболеваний. В связи с этим в последние два десятилетия возрос интерес к энтомопатогенным нематодам, которые могут быть применены для снижения численности вредных видов насекомых.

Энтомопатогенные нематоды семейств Steinernematidae и Heterorhabditidae способны к активному поиску и инвазированию насекомых-хозяев в почве. В почве вне тела насекомого-хозяина нематоды могут существовать только на стадии инвазионной личинки. При изучении возможности применения нематод в качестве биологических агентов возникает необходимость в разработке методов учета их плотности в среде обитания, особенно в почве. Трудности при этом связаны, прежде всего, с тем, что в почве присутствуют другие виды сапробиотических нематод из отряда Rhabditidae, личинки которых по морфологическим признакам схожи с личинками энтомопатогенных нематод (Peters,1999; Sturhan, 1999). Кроме того, учет по погибшим от заражения нематодами насекомым практически невозможен, так как мертвые насекомые, в которых развиваются нема-

тоды, сохраняются в почве несколько дней. По этой причине вместо непосредственных учетов плотности нематод в почве с использованием традиционных методов, основанных на выделении нематод из почвы в водной вытяжке, многими исследователями отдается предпочтение методам отлова инвазионных личинок с использованием в качестве приманки для гельминта гусениц большой воцинной моли (*Galleria mellonella* L.) (Bedding, Akhurst, 1975; Mracek, 1982; Akhurst, Bedding, 1986; Bednarek, Nowicki, 1991; Fan, Hominick, 1991).

О несовершенстве подобных методов для прямого суждения о плотности нематод можно судить по нашим экспериментальным данным. В порядке изучения экологии инвазионных личинок нематод в почве нами проводились оценки влияния на их вылов различных факторов окружающей среды, воздействующих на жизнедеятельность нематод. Полученные оценки свидетельствовали о большом влиянии этих факторов как на активность проникновения нематод в приманочное насекомое, так и на интенсивность гибели хозяина (Данилов и др., 1997). Оценки эти позволили приступить к созданию метода количественного учета абсолютной плотности энтомопатогенных нематод в почве. В настоящей статье дана разработка такого метода применительно к нематодам упомянутых двух семейств, приведены материалы по экспериментальному его обоснованию и рекомендации по практике применения.

### Методика

В качестве модельных объектов были использованы нематоды вида *Steinernema carpocapsae*, штамм "agriotos". Поведение энтомопатогенных нематод изучалось в зависимости от абиотических и биотических факторов. Заданную влажность почвы регулировали на основе взвешивания сосудов. Перед внесением нематод сосуды с почвой помещали на двое суток в термостаты с соответствующими температурами.

Нематод вносили в виде водной суспензии инвазионных личинок из расчета 10 особей/см<sup>2</sup> поверхности почвы в сосуде, после чего сосуды закрывали ватными тампонами для уменьшения испарения влаги из почвы. Влияние температуры на поведение энтомопатогенных нематод оценивали в пределах 10-30°C путем экспозиции сосудов в термостатах с определенной температурой.

Экспозицию опытов определяли по срокам появления половозрелых особей нематод в поколении гигантских форм, по которым проводили учет количества инвазионных личинок, проникших в приманочное насекомое, то есть спустя 2, 3, 6 дней и при температурах 25, 20, 12°C соответственно. При проведении учетов насекомых извлекали из контейнеров и вскрывали. Вскрытие проводили на часовом стекле в физиологическом растворе. Для установления связи количества нематод  $n$ , вылавливаемых с помощью приманочных насекомых из почвы, с плотностью популяции нематод  $m$  производился экспериментальный их вылов при заданных плотностях и условиях. При количественном изучении закономерностей использовались методы нелинейного регрессионного анализа, дисперсионного анализа, линейной двумерной интерполяции. Синтез результатов проведен по принципу имитационного моделирования. Ниже приведены параметры, исследованные в процессе экспериментальных учетов нематод (Данилов и

др.,1997) и даны их условные обозначения, использованные в формулах и таблицах.

1. Место экспозиции  $C$  (насекомые в лаборатории помещались в пробу почвы, находящуюся в стеклянной банке объемом 300 мл, либо насекомые в сетчатом контейнере помещались прямо в почву в поле), тип почвы  $s$  по механическому составу (песок, супесь, суглинок).

2. Количество приманочных насекомых  $L$ , в которых подсчитывалось общее число проникших из почвы нематод  $n$ .

3. Температура почвы,  $t^{\circ}\text{C}$ .

4. Влажность почвы  $h$  (% от ее полной влагоемкости).

5. Длительность экспозиции  $k$  (сутки).

Для построения формулы плотности нематод исследовались также вторичные параметры учетов:

$P$  - исходный процент вылова нематод из почвенных проб;

$u$  ( $L$ ) - его регрессионная расчетная оценка в зависимости от количества приманочных насекомых  $L$ ;

$p$  - условный процент вылова - в пересчете на суточную экспозицию при одном приманочном насекомом;

$r$  - условное расстояние привлечения нематод (подробное описание параметра дано после формулы (3));

$v$  - условный объем облова (подробное описание параметра дано после формулы (3));  $v(h,t)$  - значение  $v$  при влажности  $h$  и температуре  $t$ ;

$z(k)$  - кратность увеличения вылова нематод при экспозиции  $k$  суток в сравнении с суточной (регрессионная оценка).

Во всех случаях обозначения типа  $u(L)$ ,  $v(h,t)$ ,  $z(k)$  - общепринятые сокращенные представления соответствующих формул или величин из таблиц: для вычисления значения  $u$  по значениям  $L$  (формула (1)), значения  $v$  по значениям  $h$  и  $t$  (по таблице 2), значения  $z$  по значению  $k$  (формула (2)) и так далее.

### Результаты и обсуждение

На рисунке 1 показано, какое влияние производит на долю  $P$  выловленных не-

матод (*S.carpocapsae* штамм "agriotos") количество приманочных насекомых (гу-

сеницы *G.mellonella* L. старших возрастов), которые были свободно выпущены в стеклянные банки объемом 300 мл, наполненные суглинистой почвой. Опыты проводились при температуре почвы 25°C и ее влажности 20%, в 15 повторностях.

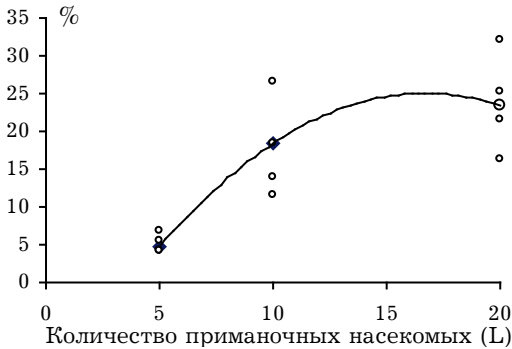


Рис.1. Связь вылова нематод (P, %) из почвенных проб с количеством приманочных насекомых (L), свободно выпущенных в почву

В пределах данного интервала L рассчитана функция  $y(L)$ . Она представляет собой оценку средне ожидаемой величины P для того или иного значения L в форме полинома третьей степени:

$$y(L) = 1.25916L + 0.04296L^2 - 0.00259L^3 \text{ \%}/\text{экз.} \quad (1)$$

Общее количество вылавливаемых из почвы нематод особенно быстро возрастает при количестве приманочных насекомых от 5 до 10 экземпляров. При дальнейшем увеличении количества приманочных насекомых с 10 до 20 экземпляров интенсивность проникновения нематод в каждое насекомое значительно снижается.

По экспериментальным данным в пределах восьмисуточного вылова была рассчитана и функция  $z(k)$ , определяющая кратность увеличения вылова нематод при экспозиции k суток, в сравнении с суточной:

$$z(k) = 0.2 \ln(1 + 157.327k - 9.914k^2). \quad (2)$$

При  $k=1$   $z(k)=1$  с увеличением k темпы роста  $z(k)$  замедляются быстрее, чем для предыдущей функции; для  $k=3, 4, 8,$

соответственно,  $z(k)=1.19, 1.23, 1.29$ . Очевидно, это связано с тем, что с увеличением расстояния до приманки ее действенность резко снижается, а облавливаемая зона исчерпывается достаточно быстро.

По данным других исследователей, личинки природных видов энтомопатогенных нематод на открытой поверхности активно инвазируют насекомых-хозяев, находящихся на расстоянии не более 3.5 см (Gaugler et al., 1989). Однако в почве расстояние восприятия нематодами насекомых может быть несколько иным. Расчеты с помощью данной функции показывают, что за 1, 2, 3 и 4 суток из этой зоны вылавливается, соответственно, 78, 87, 92 и 96% активных особей нематод.

Статистически значительно различаются доли нематод, вылавливаемых за одно и то же время экспозиции в песке (19%), супеси (23.9%) и суглинке (13.6%). Это позволяет оценить влияние типа почвы на эффективность вылова через параметр s как отношение вылова (P - относительного вылова, доли) в данной почве к эталонному вылову в суглинке при одинаковых условиях. Таким образом, для суглинка  $s=1$ , для песка  $s=1.40$ , для супеси  $s=1.76$ . Аналогичным образом параметром C учитывается, производится ли экспозиция приманки в сетках непосредственно в полевых условиях, либо имеет место лабораторная (эталонная) экспозиция гусениц, свободно выпущенных в банку с почвенной пробой (то есть C есть усредненное отношение вылова в поле к вылову в лаборатории в почвенных образцах при прочих равных условиях). В поле  $C=1.177$ , в лаборатории  $C=1$ .

Влияние на долю P выловленных нематод влажности почвы h и ее температуры t оценивалось в двухфакторном лабораторном эксперименте при трех уровнях влажности и температуры с четырьмя повторностями в каждом варианте. В качестве приманки в каждую банку-повторность с суглинистой почвой выпускалось по 10 гусениц ( $L=10$ ). Средние результаты по вариантам приведены в левой части таблицы 1.



Таблица 1. Исходные данные для оценки влияния температуры (t) и влажности (h) почвы, длительности (k) нахождения приманочных насекомых в почве (сутки) на эффективность вылова нематод

h	P*			r*			v*		
	15°C k=8	20°C k=4	28°C k=3	15°C k=1	20°C k=1	28°C k=1	15°C k=1	20°C k=1	28°C k=1
10	1.8	2.0	3.2	5.1	5.4	6.4	566	661	1087
20	4.5	14.6	161	7.0	10.5	11.0	1417	4826	5499
30	0.0	1.7	6.3	0.0	5.1	8.0	0	562	2151

\*См. раздел "методика".

Слева в таблице приведены характеристики вылавливаемости нематод в зависимости от температуры t и влажности h почвы (эмпирические значения P вылова нематод при L=10 гусениц для разных сроков экспозиции k); справа - соответствующие расчетные значения "расстояний привлечения" r (мм) и "объемов облова" v в кубических миллиметрах (для суточной экспозиции одиночной приманки при L=1, k=1).

Длительность экспозиции для t= 15, 20 и 28 фактически составляла, соответственно, k= 8, 4 и 3 суток. Она определялась зависящими от температуры сроками появления половозрелых особей в популяции гигантских форм, по которым и проводится учет количества нематод, проникших в приманочное насекомое. Для наибольшей точности эксперимента экспозиция должна была выбираться максимальной, но не превышающей определенных пределов (различных для разной температуры). Поэтому для определения сопоставимых характеристик вылавливаемости нематод исходные результаты эксперимента были определенным образом пересчитаны.

Исходный процент вылова P был преобразован в условный процент p (для суточной экспозиции приманки в полевых условиях при одной приманочной гусенице). С этой целью для каждого сочетания k и L исходный P был помножен на соответствующий этому сочетанию коэффициент. В частности, при P=16.1:

$$p = P[Cy/z(k) y(L)] = 16.1 [1.177 \cdot 1.3 / 1.19 \cdot 14.3] = 1.447 \% \quad (3)$$

То есть, если бы при той же температуре t=28°C и влажности h=20% вылов

производился не в лаборатории, а в поле, не на десять гусениц, а на одну и не трое суток, а сутки - тогда было бы выловлено не 16.1%, а лишь около 1.4% всех нематод, обитающих в объеме 380 см<sup>3</sup> (а точнее их доля, равная 0.01447). Следовательно, в данном случае такое их количество приходится на объем почвы v, равный:

$$v(h,t) = v(20\%, 28^\circ) = 380p = 380 \cdot 0.01447 = 5.499 \text{ см}^3 \text{ или } 5499 \text{ мм}^3.$$

Вычисленное таким образом значение v есть некий "условный объем полного облова" (сокращенно "объем облова"). Он имеет довольно громоздкую словесную характеристику. Величина v определяет тот объем почвы, к которому следует отнести суточный вылов нематод на одно приманочное насекомое для того, чтобы полученное значение численно равнялось плотности нематод, обитающих в этом объеме почвы.

Такое тяжеловесное определение потребовалось лишь для того, чтобы рассчитать параметр, предельно очевидный для практики: v эквивалентен объему почвы, в данных условиях полностью облавливаемому за сутки на одно приманочное насекомое.

Очевидно, что на самом деле часть нематод из соответствующего объему v слоя почвы вокруг приманочного насекомого (особенно из наружных его областей) к приманке за сутки вообще не мигрирует, это с одной стороны. С другой стороны, существенная часть инвазивировавших приманку нематод была привлечена также из-за пределов этого слоя, с большего расстояния. Так что объем почвы, фактически облавливаемой (но не

полностью, а в той или иной степени!), больше условного объема полного облова  $v$ .

Тем не менее, объективно существует некое среднее расстояние, с которого нематоды мигрировали и инвазировали приманочное насекомое. Оно и определяет толщину вышеназванного слоя почвы вокруг приманки. Толщина эта в равной степени зависит от поисковых способностей нематод, их миграционной активности при данных условиях среды. Среднее расстояние привлечения нематод за сутки на одиночное насекомое (сокращенно "расстояние привлечения") характеризует эту активную подвижность нематод для разных условий температуры и влажности. Независимо от размера и формы насекомого, оно может быть стандартным образом количественно выражено радиусом ( $r$ ) шара. Объем его равен упомянутому объему ( $v$ ) почвы, соответствующего условному полному суточному

облову нематод на одно приманочное насекомое. При этом, данный радиус  $r$  не больше фактического среднего расстояния привлечения нематод в данных условиях, в любом случае.

Исходя из формулы объема шара, для данного примера (при  $t=28^{\circ}\text{C}$  и  $h=20\%$ ) получаем:

$$r = (3v/4 \cdot 3.14159)^{1/3} = (3 \cdot 5499/4 \cdot 3.14159)^{1/3} = 11 \text{ мм.}$$

Значения  $r$ , вычисленные для условий эксперимента, приведены в центральной части таблицы 1. Исходные значения  $v$  (вычисленные по экспериментальным данным) приведены в правой части таблицы 1. Путем линейной интерполяции рассчитаны промежуточные значения; таблица 2 дает их для любого сочетания температуры и влажности в исследованных их пределах.

Таблица 2. Стандартизованные "объемы облова"  $v$  ( $h, t$ ) куб. мм: объемы почвы, которые содержат количества нематод, равные их суточному вылову на одно насекомое, при различных значениях влажности  $h$  и температуры почвы ( $t$   $^{\circ}\text{C}$ )

h%	Температура почвы, $^{\circ}\text{C}$													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
10	566	585	604	623	642	661	714	767	820	874	927	981	1034	1087
11	651	736	822	907	992	1077	1134	1190	1247	1303	1359	1416	1472	1528
12	736	888	1039	1191	1342	1494	1553	1613	1672	1732	1791	1851	1910	1969
13	821	1039	1257	1475	1693	1911	1973	2036	2098	2161	2223	2386	2348	2411
14	906	1191	1475	1759	2043	2327	2393	2458	2524	2589	2655	2721	2786	2852
15	991	1342	1692	2043	2393	2743	2812	2881	2950	3018	3087	3156	3224	3293
16	1077	1493	1910	2327	2743	3160	3232	3304	3375	3442	3519	3591	3662	3734
17	1162	1645	2128	2611	3094	3577	3557	3551	3801	3876	3951	4026	4101	4175
18	1247	1796	2345	2895	3444	3993	4071	4149	4227	4305	4383	4461	4539	4617
19	1332	1947	2563	3178	3794	4409	4491	4572	4653	4734	4815	4896	4977	5058
20	1417	2099	2781	3462	4144	4826	4910	4994	5078	5163	5247	5371	5415	5499
21	1275	1900	2525	3150	3775	4400	4495	4591	4686	4782	4877	4973	5069	5164
22	1134	1702	2269	2837	3405	3973	4080	4187	4294	4401	4508	4615	4722	4829
23	992	1503	2014	2525	3036	3547	3665	3784	3902	4021	4139	4258	4376	4495
24	850	1304	1758	2212	2666	3120	3250	3380	3510	3640	3770	3900	4030	4160
25	709	1106	1503	1900	2297	2694	2835	2977	3118	3259	3401	3542	3684	3825
26	567	907	1247	1587	1927	2268	2420	2573	2726	2879	3032	3185	3337	3490
27	425	708	992	1275	1558	1841	2005	2170	2334	2498	2663	2827	2991	3155
28	283	510	735	962	1189	1415	1591	1766	1942	2118	2293	2469	2645	2821
29	142	311	480	650	819	988	1176	1363	1550	1737	1924	2111	2299	2486
30	0	112	225	337	450	562	761	959	1158	1357	1555	1754	1952	2151

Сформулированные параметры процесса вылова нематод и их связи с условиями учета определяют функцию оценки плотности популяции  $m$  в почве по

количеству нематод  $n$ , инвазировавших приманочное насекомое при этих условиях, при влажности  $h$  и температуре  $t$  почвы, в условиях  $S$  "лаборатория - по-

ле", при почве  $s$ , количестве приманочных насекомых для одной повторности  $L$  и длительности экспозиции  $k$  суток. Плотность популяции нематод  $m$ , таким образом, равняется фактическому вылову  $n$ , деленному на величину сформулированного выше условного "объема облова", приведенного к задаваемым условиям ( $h, t, C, s, L, k$ ):

$$m = n/V \text{ экз/см}^3,$$

где  $V = v(h,t)Csy(L)z(k)/1000y(1)$ , отсюда:  $m = 1000n \cdot y(1)/[v(h,t)Csy(L)z(k)]$ .

Подставляя функции (1) и (2), значение  $y(1)=1.3$ , а также заменяя натуральный логарифм на более общепринятый десятичный, окончательно получаем следующую итоговую формулу для расчета точечной оценки плотности нематод на кубический сантиметр почвы по их вылову для различных условий в поле:

$$m(n,h,t,c,s,L,k) = \frac{2822.9n}{[Csv(ht) \cdot (1.25916L + 0.04296L^2 - 0.00259L^3) \cdot \lg(1 + 157.327k - 9.914k^2)]},$$

где  $n$  - количество нематод, проникших в приманочное насекомое за  $k$  суток;  $L$  - количество приманочных насекомых (гусениц);  $C$  - параметр: для полевых условий  $C=1.177$ , для лаборатории  $C=1$ ;  $s$  - параметр, отражающий специфику почвы (для суглинка  $s=1$ , для песка  $s=1.40$  и для супеси  $s=1.76$ );  $k$  - длительность экспозиции, сутки;  $v(h,t)$  - находимый по таблице 2 параметр интенсивности вылова в зависимости от активности нематод, при различных значениях влажности  $h$  и температуры почвы  $t$  (в среднем за время учета) - "стандартизованный объем облова".

Из всех перечисленных выше параметров (значения которых требуются для того, чтобы вылов нематод на приманочное насекомое мог быть истолкован в виде плотности их обитания в почве) более всего имеет значение интенсивность вылова в зависимости от активности инвазирования нематодами насекомого-хозяина при различных значениях влажности  $h$  и температуры почвы  $t$ . Это можно видеть на следующих примерах.

В поле ( $c=1.177$ ), в суглинистой почве ( $s=1$ ), на приманку из  $L=5$  гусениц в сетях за время  $k=3$  суток выловлено  $n=10$  нематод. При этом средняя влажность и температура почвы были, соответственно,  $h=10\%$  и  $t=20^\circ\text{C}$ . По таблице 2 находим  $v(h,t) = v(10, 20) = 661$ , после чего подставляем все приведенные выше значения в формулу:

$$\begin{aligned} m(n, h, t, C, s, L, k) &= m(10, 10, 20, 1.177, 1, 5, 3) \\ &= \frac{2822.9 \cdot 10}{[1.177 \cdot 661 \cdot (1.25916 \cdot 5 + 0.04296 \cdot 5^2 - 0.002595 \cdot 5^3) \cdot \lg(1 + 157.327 \cdot 3 - 9.914 \cdot 3^2)]} = \\ &= \frac{2822.9 \cdot 10}{[1.177 \cdot 661 \cdot 7.046 \cdot 2.584]} = \\ &= \frac{2822.9}{[1.177 \cdot 7.046 \cdot 2.584] \cdot [10/661]} = \\ &= 131.73 [10/661] = 2 \text{ экз/см}^3. \end{aligned}$$

Здесь 131.73 - постоянный коэффициент, определяемый условиями учета (кроме температуры и влажности, отраженными значением знаменателя).

Если бы такой же вылов ( $n=10$ ) имел место в условиях максимальной инвазионной активности нематод (в пределах исследованных в эксперименте  $h=20\%$ ,  $t=28^\circ\text{C}$  и  $v(20, 28) = 5499 \text{ мм}^3$ ), то ему соответствовала в десять раз меньшая плотность нематод в почве:  $m(10, 20, 28, 20, 1.177, 1, 5, 3) = 131.73 \cdot 10/5499 = 0.2$  (нематоды на  $\text{см}^3$ ).

Наоборот, при подавленной их подвижности (слишком высокой влажности и низкой температуре при  $h=30\%$ ,  $t=16^\circ\text{C}$ ,  $v(30, 16) = 112 \text{ мм}^3$ ) вылов в 10 экз. свидетельствовал бы о гораздо более высокой плотности нематод в почве:  $m(10, 30, 16, 20, 1.177, 1, 5, 3) = 131.73 \cdot 10/112 = 11.8$  (экз/см<sup>3</sup>).

Таким образом, сколько-нибудь состоятельное истолкование вылова нематод на приманочное насекомое в отношении плотности их обитания в почве возможно только при учете отраженного в таблице 2 влияния влажности и температуры, имевшими место в процессе вылова. Как видно из приведенных примеров, при стандартной методике учета (отраженной значениями  $L$  и  $k$ ) расчет по предлагаемой формуле плотности по вылову упрощается. Постоянная техника учета отражается постоянным коэффициентом, который может быть вычислен

заранее. Чтобы получить данные о плотности нематод в почве, коэффициент надо лишь умножить на количество отловленных в разных местах нематод и делить на значение из таблицы 2.

Для исследованного диапазона условий предлагаемая формула (с использованием определенных экспериментально ее параметров) позволяет без особых трудовых затрат оценивать абсолютную плотность нематод семейств *Steinernematidae* и *Heterorhabditidae* в почве непосредственно по их вылову на приманочное насекомое, проведенному в достаточном количестве мест обследуемого биотопа. Изложенную методику можно использовать при расчете аналогичных формул для определения плотности и других видов нематод. Мера точности учета определяется, как обычно, по стандартной ошибке учета, вычисляемой на основе серии из нескольких приманочных проб, закладываемых в почву в пределах обследуемого местообитания.

Предложенный ранее австралийскими исследователями метод определения наличия энтомопатогенных нематод в почве (Bedding, Akhurst, 1975; Mracek, 1982) не давал сведений об их плотности в естественных условиях. Попытку усовершенствовать этот метод, оценивая плотность нематод в почвенных образцах по связи этой плотности с процентом гибели приманочных насекомых, сделал З.Мрачек (Mracek, 1982). Другие авторы (Bednarek, Nowicki, 1991; Fan, Hominick, 1991) предлагали оценивать плотность энтомопатогенных нематод в почве по количеству инвазионных личинок, извлеченных из мерт-

вых гусениц *G.mellonella*. Однако в обоих случаях использовавшиеся критерии плотности оказываются не инвариантными к условиям вылова, и упомянутые методы учетов регистрируют лишь факт наличия нематод в почвенном образце. Д.Штурхан (Sturhan, 1990, 1996) оценку плотности нематод в почвенных пробах проводит (по аналогии с известными методами выделения из почв фитопаразитических нематод) путем промывки почвы через сита с определенным размером ячеек. Затем с использованием микроскопа проводится идентификация и прямой подсчет инвазионных личинок энтомопатогенных нематод в почвенных образцах. Надежно оценивать этим методом численность инвазионных личинок в естественных местах их обитания не позволяет трудоемкость метода.

Разработанный и используемый нами при изучении распространения нематод оригинальный метод подтвержден сопоставлением с плотностью объекта, оценивавшейся прямым подсчетом нематод в пробах, а также экспериментальными данными по изучению особенностей поведения различных видов энтомопатогенных нематод в почве в зависимости от абиотических и биотических факторов окружающей среды (Данилов, 1978; Данилов и др., 1997). Практическое использование метода позволяет надежно оценивать как наличие в почвах энтомопатогенных нематод, так и их численность (плотность) в местах отбора проб. Существенно, что метод исключает также достаточно трудоемкий традиционный процесс транспортировки почвенных проб в лабораторию.

### Заключение

По экспериментальным данным построена шестифакторная математическая модель вылова энтомопатогенных нематод на приманочное насекомое. На примере семейств *Steinernematidae* и *Heterorhabditidae* дана практическая формула расчета плотности нематод в почве по их вылову на приманку. Учтены условия вылова: число приманочных насекомых, температура, влажность и тип почвы по ее механическому составу, вре-

мя экспозиции, а также - открытый грунт или условия лаборатории. С помощью предложенной методики можно оценить не только длительность выживания и динамику численности того или иного интродуцируемого вида нематод в отдельных биотопах, но и взаимодействие его с естественными местными популяциями нематод, а в их отсутствие - также возможность создания новых очагов существования этих биологических агентов.

## Литература

Данилов Л.Г. Влияние биотических и абиотических факторов на миграционную активность энтомопатогенных нематод (Neoaplectana carpocapsae штамм "agriotos") в почве. /Бюлл. ВИЗР, 43, 1978, с.21-27.

Данилов Л.Г., Карпова Е.В., Сергеев Г.Е. Влияние абиотических и биотических факторов на эффективность отлова штейнернематид и гетерорабдитид из почвы. /Сб. научн. трудов БелНИИЗР, "Защита растений", Минск, Экаунт, 20, 1997, с.85-95.

Akhurst R.J., Bedding R.A. Natural occurrence of insect pathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in soil in Australia. /J. Aust. Ent. Soc., 25, 1986, p.241-244.

Bedding R.A., Akhurst R.J. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. /Nematologica, 21, 1, 1975, p.109-110.

Bednarek A., Nowicki T. New estimation method for the density of entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae) in the soil. /Rew. nematol., 14, 4, 1991, p.638-639.

Fan X., Hominick W.M. Efficiency of the Galleria (wax moth) baiting technique for recovering infective stages of entomopathogenic rhabditids (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from sand and soil. /Rew. nematol., 14, 3, 1991, p.381-387.

Gaugler R., Mc Guire T., Campbell J. Genetic variability among strains of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. /J. Nematol., 21, 2, 1989, p.247-243.

Mracek Z. Estimate of the number of infective larvae of *Neoaplectana carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) in soil sample. /Nematologica, 28, 3, 1982, p.303-306.

Peters A. Differentiating entomopathogenic nematodes from other free living nematodes. /Entomopathogenic nematodes. DG XII, COST 819. Eds. Gwynn R.L., Smits P.H., Griffin C., Ehlers R.-U., Boemare N. and Masson J.-P. Luxemburg, 1999, p.73-75.

Sturhan D. Untersuchungen zur Verbreitung entomoparasitärer nematoden in der Bundesrepublik Deutschland. /Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstw. Berlin-Dahlem. 266, 1990, s.453.

Sturhan D. Jareszeitliches Vorkommen, Horizontal- und Vertikalverteilung entomopathogener Nematoden auf einer Ackerfläche. /Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem. 1996, 317, 1996, s.35-45.

Sturhan D. Prevalence and habitat specificity of entomopathogenic nematodes in Germany. /Entomopathogenic nematodes. DG XII, COST 819. Eds.: Gwynn R.L., Smits P.H., Griffin C., Ehlers R.-U., Boemare N. and Masson J.-P. Luxemburg, 1999, p.123-132.

METHOD OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES (STEINERNEMATIDAE AND HETERORHABDITIDAE) MONITORING IN SOIL BY TRAPPING THEM ON A BAIT INSECT

G.E.Sergeev, L.G.Danilov

The materials on statistical substantiation and on development of a method of entomopathogenic nematodes of the families Steinernematidae and Heterorhabditidae monitoring by trapping them on a bait insect are given together with the practical recommendations on application. An algorithm for calculation of nematode density in soil has been constructed in relation to parameters of their trapping: quantity of invasive larvae invaded a bait with the count of soil humidity and temperature in conditions of "laboratory - field", quantity of bait insects in sample and duration of the insects exposition in soil. The offered method allows to determine entomopathogenic nematodes density in soil directly by their trapping on a bait insect in investigated range of conditions.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ВИРОИДА ВЕРЕТЕНОВИДНОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ**

**Л.В.Солянкина**

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Проведена сравнительная оценка различных методов диагностики ВВКК (визуального, индикаторного, электрофореза в ПААГ) с точки зрения их пригодности для массовых анализов в системе сертификации. Использование только визуального метода недостаточно для точной диагностики ВВКК. Индикаторный метод непригоден для быстрой диагностики большого количества образцов из-за длительности получения результатов, трудоемкости и отсутствия абсолютной надежности. Из трех методов диагностики вириода наиболее приемлемым для массовых анализов признан метод электрофореза в ПААГ с использованием тоμάτων-посредников. Апробирована методика определения зоны РНК вириода по номограмме с использованием константы Rm.

Вироидное заболевание - веретеновидность клубней картофеля (ВВКК) в последние годы стало препятствием развития картофелеводства в России. В 1991-1993 гг. на территории Северо-Запада произошла вспышка этого заболевания, охватившая Ленинградскую, Псковскую, Вологодскую, Калининградскую области, а также Карелию. В результате вириодом оказались поражены наиболее ценные районированные сорта.

Широкому распространению ВВКК способствовало то, что в России не были разработаны четкие методы диагностики

вириода, пригодные для массовых анализов, и отсутствовал контроль за вириодной инфекцией. ГОСТ 29267-91 на оздоровленный семенной и посадочный материал предусматривает лишь визуальную оценку на ВВКК, что совершенно недостаточно в случае латентной формы заболевания. Цель настоящей работы - сравнительная оценка различных методов диагностики ВВКК (визуального, индикаторного, электрофореза в ПААГ) с точки зрения их пригодности для введения в ГОСТ и дальнейшего использования в системе сертификации.

### **Методика**

В опыте были использованы инфекционные растения картофеля, выращенные из зараженных вириодом клубней, следующих сортов: Невский, Петербургский, Елизавета, Лукьяновский, Луговской, Адретта, Фреско. Контролем служили здоровые растения картофеля тех же сортов, ранее проверенные на ВВКК. По 10 вириодных и контрольных растений каждого сорта выращивали в теплице в течение вегетационного периода, в ходе которого наблюдали за развитием симптомов.

В качестве растений-индикаторов использовали томаты сортов Невский, Волгоградский 5/95, Сибирский скороспелый, Карлик 1185, Rutgers. Томат выращивали в условиях светустановки при следующем режиме: световой день 16 ч, температура 20-25°C, освещенность 5000-7000 лк. Заражали по 10 растений каждого

сорта в фазе 2-4 настоящих листьев. Заражение проводили механически, соком из листьев картофеля сорта Невский, пораженного ВВКК. В качестве контроля использовали здоровые растения томата тех же сортов.

ВВКК в составе суммарной низкомолекулярной РНК выделяли из листьев картофеля сорта Невский, а также из листьев тоμάτων-посредников сортов Невский, Волгоградский 5/95, Сибирский скороспелый, Карлик 1185, Rutgers. Для каждого варианта опыта заражали по 4 растения томата в фазе 2-4 настоящих листьев. Опыт проводили в двукратной повторности. В качестве контроля использовали здоровые растения картофеля и томата. Для выделения суммарной низкомолекулярной РНК использовали методику Морриса и Смита (Morris,

Smith,1977). Методика была модифицирована нами - уменьшено время проведения диализа (3 часа вместо диализа в течение ночи), что значительно сократило время анализа и упростило его проведение при сохранении качества и коли-

чества выделенной РНК. Электрофорез низкомолекулярной РНК проводили в цилиндрических вертикальных установках с 5% полиакриламидным гелем на аппарате фирмы Reanal (Венгрия) в трис-ацетатной буферной системе.

### **Результаты исследований**

*Визуальный метод.* Визуальная диагностика остается основным приемом при оценке растений в поле. Главная трудность визуальной диагностики связана с тем, что проявление внешних симптомов часто зависит от погодных условий и условий выращивания растений (Леонтьева, Можаяева,1988). Следует отметить, что погодные условия 1999 г. были крайне благоприятны для развития заболевания и проявления симптомов, которые обычно лучше видны в период жаркого и сухого лета. Симптомы были хорошо заметны при выращивании растений в теплице, где в солнечные дни температура достигала 35-40°C.

При осмотре растений, выращенных из зараженных клубней, мы отмечали растения с внешними симптомами, сходными с симптомами, вызываемыми ВВКК. Эти симптомы были хорошо заметны: одностебельчатость, укорочение боковых побегов, листья приподняты кверху и прижаты к стеблю, некоторые листья слабоморщинистые и деформированные. Больные растения существенно отставали в росте и развитии по сравнению с контрольными. После окончания вегетации на большинстве клубней также отмечали симптомы заболевания. Форма клубней была удлинненной, часто уродливой. Количество глазков на клубнях было увеличено, поверхность их более выпуклая, брови более резкие. Среди клубней, полученных от контрольных растений, такие симптомы отмечены не были. Наряду с клубнями, имеющими признаки веретеновидности, в потомстве зараженных растений были клубни без признаков заболевания. Наибольшее количество клубней с признаками веретеновидности было отмечено на сортах Петербургский и Луговской, а более четкие симптомы ВВКК на вегетирующих растениях - на Лугов-

ском. На растениях картофеля сорта Невский симптомы на ботве и клубнях развивались слабее, чем на остальных сортах.

*Метод растений-индикаторов.* Первые симптомы на томате отмечали через 30-50 дней после инокуляции. Симптомы ВВКК проявлялись в задержке роста и незначительной деформации листьев у сортов Невский, Волгоградский 5/95, Rutgers. Зараженные растения цвели и формировали плоды позже контрольных на 1.5-2 недели. Плоды были мелкие (25-35 мм в диаметре), со слаборазвитыми семенами. В наиболее сильной степени разница высоты контрольных и зараженных растений была отмечена на сортах Сибирский скороспелый, Волгоградский 5/95 и Rutgers.

Другие характерные признаки поражения растений ВВКК - укорочение междоузлий, некроз жилок, резкая эпинастия листьев, кустистость верхушки нами отмечены не были. Вероятно, это можно объяснить тем, что используемый в опытах изолят ВВКК относится к мягкому штамму. По данным ряда отечественных и зарубежных авторов (Леонтьева,1971,1980; Singh,1971), при заражении мягкими штаммами томат может реагировать лишь слабыми симптомами, либо вообще не проявлять признаков болезни.

*Метод электрофореза в ПААГ.* Электрофорез является одним из самых распространенных методов диагностики ВВКК и используется для сертификации семенного материала во многих странах мира.

При тестировании ВВКК методом электрофореза непосредственно с растений картофеля возникал ряд трудностей с определением места локализации полосы виroidной РНК. Это происходило из-за множественности полос нуклеиновых кислот, а также из-за того, что полоса РНК виroidа занимала самые разные

положения относительно полос других нуклеиновых кислот. Наиболее четкие результаты электрофореза были получены при тестировании ВВКК с использованием томатов - посредников. При идентификации виroidной полосы отмечали гораздо меньше сомнительных случаев - использование томата позволяло избежать негативных явлений, связанных с разнообразием генотипов картофеля (van Gelber, Treur, 1982). Наиболее подходит для использования в качестве посредников томат сортов Невский, Волгоградский 5/95, Rutgers.

При использовании методики тестирования ВВКК с томатами - посредниками зоны РНК при электрофоретическом разделении располагались в следующем порядке: на старте остатки ДНК и высокомолекулярных РНК, затем зона ВВКК, зона 9S-РНК, зона 5S-РНК и t-РНК. Виroidная РНК с константой седиментации от 7S до 9S занимала промежуточное положение и могла быть ошибочно принята за полосу нуклеиновой кислоты 9S. В таких сомнительных случаях нами была апробирована методика определения зо-

ны РНК виroidа по номограмме с использованием константы Rm (van Gelber, Treur, 1982). Этот показатель определяет положение зоны ВВКК относительно зоны 5S, которая всегда четко видна на электрофореграмме. Отношение расстояния от старта до полосы виroidа к расстоянию от старта до полосы 5S соответствует для ВВКК значению  $Rm=0.61$ . Наши опыты подтвердили, что у большинства тестируемых образцов показатель Rm равнялся значению 0.61, благодаря чему полоса РНК виroidа могла быть легко идентифицирована.

### Выводы

Для диагностики виroidа наиболее приемлемым является метод электрофореза в ПААГ с использованием томатов - посредников. Для выделения суммарной низкомолекулярной РНК из анализируемых растений считаем наиболее приемлемой методику Морриса и Смита (1977). В случаях затруднений при определении полосы РНК ВВКК может быть использована методика определения зоны виroidа по номограмме.

### Литература

Леонтьева Ю.А. Веретеновидность клубней (готика) - одно из основных вирусных заболеваний картофеля в Поволжье. Автореф. докт. дисс., СПб, Пушкин, 1971, 43 с.

Леонтьева Ю.А. Виroid веретеновидности клубней на картофеле и томатах. Вирусные болезни сельскохозяйственных культур. М., 1980, с.102-104.

Леонтьева Ю.А., Можяева К.А. Методические указания по диагностике и идентификации виroidов веретеновидности клубней картофеля и карликовости хризантем. М., 1988, 43 с.

Morris T.S., Smith E.M. Potato spindle tuber disease: procedures for the detection of viroid RNA and the certification of disease-free potato tubers. /Phytopathology, 67, 2, 1977, p.145-150.

Singh R.P. A local lesion host for potato spindle tuber virus. /Phytopathology, 61, 8, 1971, p.1034-1035.

Van Gelber W. M.-J., Treur A. Testing of imported potato genotypes of potato spindle tuber viroid with a tomato-intermediata. /Bull. OEPP, 12, 4, 1982, p.297-305.

### A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT DIAGNOSTIC METHODS OF POTATO SPINDLE TUBER VIROID

L.V.Solyankina

A comparative analysis of different PSTV diagnostic methods (visual, bioassay on plant indicators, electrophoresis on PAAG) has been carried out for their use for mass analyses in certification system. The use of only visual method is insufficient for precise PSTV diagnostics. Bioassay on plant indicators is unusable for quick diagnostics of large quantity of samples because of long period of time necessary for receiving the results, labor-consuming nature of the process and lack of absolute reliability. The electrophoresis in PAAG with use of tomato - intermediate is the most suitable for mass analyses among 3 methods of PSTV diagnostics studied. Method of RNA viroid band determination by nomogram with the use of Rm constant is approbated.



## **ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИРУСА ЖЕЛТОЙ КАРЛИКОВОСТИ ЯЧМЕНЯ С ПОМОЩЬЮ ИММУНОФЕРМЕНТНОГО АНАЛИЗА**

**Т.Б.Кастальева, К.А.Можаева**

*Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы, Московская область*

Представлены результаты определения вируса желтой карликовости ячменя в образцах зерновых культур с помощью иммуноферментного анализа на основе моноклональных антител и их конъюгатов с пероксидазой хрена. Подобраны оптимальные условия для выявления антигена: продолжительность экстрагирования, состав экстрагирующего буфера и буфера для разведения конъюгата.

В 1995-1997 гг. совместно с сотрудником Института биоорганической химии им. М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН Т.Н.Ерохиной разработали диагностическую тест-систему на основе моноклональных антител для определения вируса желтой карликовости ячменя (ВЖКЯ). В течение пяти лет она успешно применяется для выявления этого вируса в образцах зерновых культур, злаковых трав и сорняков в "сэндвич"-варианте прямого иммуноферментного анализа (ИФА). При проведении анализа в качестве иммуносорбента используются антитела 4В5 и ЗС2 моноклонов, полученных с помощью гибридомной технологии. В качестве проявляющих применяются конъюгаты тех же моноклональных антител с пероксидазой хрена. Антитела, производимые моноклоном 4В5, обладают специфичностью в отношении РAV штамма ВЖКЯ, антитела моноклона ЗС2

специфичны по отношению к RPV штамму (Ерохина,1995; Кастальева и др., 1996,1997).

Первоначально при определении ВЖКЯ мы пользовались рекомендациями по проведению ИФА Всесоюзного научно-исследовательского института картофельного хозяйства (ВНИИКХ) и инструкциями фирмы Agdia Inc., производящей поликлональные антитела к ВЖКЯ (Инструкция,1993; Agdia,1995). Последняя в 1996 г. внесла в свои инструкции значительные изменения: во-первых, 0,1М фосфатный буфер для приготовления образцов был заменен на фосфатно-солевой с многочисленными добавками, во-вторых, был изменен состав конъюгатного буфера. Целесообразность внесения аналогичных изменений в нашу методику требовала обоснования. С этой целью и была предпринята представляемая работа.

### **Методика**

Приготовление экстракта. Высушенные на воздухе при комнатной температуре растения (листья или корни) мелко нарезали ножницами и растирали в порошок в ступке с жидким азотом. Для приготовления экстракта к 100 мг сухой измельченной ткани растений добавляли 2.5 мл 0.1М фосфатного буфера с рН 7.0. Гомогенат периодически в течение часа тщательно перемешивали и оставляли на ночь при комнатной температуре. Утром еще раз тщательно перемешивали, давали отстояться, надосадочную жидкость отбирали пипеткой и центрифугировали 10 мин. при 10000 об/мин. Осветленный

экстракт хранили в холодильнике при 4°C не более суток.

Последовательность операций ИФА описана в Методических указаниях (Васильева и др.,1998). Для отработки методики экстрагирования и проведения ИФА использовали моноклональные антитела 4В5, специфичные к РAV штамму ВЖКЯ, и их конъюгаты с пероксидазой хрена или поликлональные антитела фирмы Agdia Inc., также специфичные к РAV штамму ВЖКЯ, и их конъюгаты со щелочной фосфатазой. В первом случае показания оптической плотности выражены в виде значений  $A_{492}$ , во втором -  $A_{405}$ .

### Результаты и обсуждение

Отбор образцов для анализа проводится в фазу колошения-цветения или в более ранние сроки при появлении типичных симптомов поражения злаковых ВЖКЯ. К таким симптомам относится равномерное, начиная с верхушки, яркое пожелтение листьев ячменя и покраснение листьев овса и пшеницы. Как правило, растения, имеющие симптомы заболевания, можно обнаружить по краям полей или в глубине участка, где они располагаются очагами. Для анализа лучше отбирать не флаговые, а еще не отмершие листья первого-третьего междоузлий от узла кущения, так как вирус в большей степени накапливается в корнях и нижних листьях. Собранные листья следует сразу высушить при комнатной температуре. Хранить их лучше при  $-20^{\circ}\text{C}$ , однако, если нет такой возможности, то можно и при комнатной температуре, поскольку в течение по крайней мере года они сохраняют свои антигенные свойства.

Для начала исследовали возможность замены 0.1M экстрагирующего буфера с рН 7.0 на фосфатно-солевой буфер с 0.05% твином-20 (промывочный буфер - ФСБТ). Результаты опытов показали, что при разных режимах экстрагирования

(разная продолжительность) количество определяемого с помощью ИФА антигена практически не зависит от того, какой из двух буферов использовался для его извлечения. Наблюдаемые отличия находятся в пределах ошибки опыта.

Изучение влияния состава буфера на эффективность выхода в раствор антигена совместили с экспериментом по влиянию продолжительности экстрагирования на тот же параметр. Результаты, приведенные в таблице 1, показали, что при попытке сократить время экстрагирования до одного часа, даже в условиях постоянного перемешивания раствора на качалке, эффективность извлечения антигена составляет в среднем 35% от условно принятого за 100% выхода антигена в раствор, которое наблюдается при выдерживании гомогената в течение ночи при комнатной температуре и эпизодическом его перемешивании. С увеличением времени экстрагирования до трех часов при интенсивном перемешивании на качалке не удается достигнуть такого же, как в течение ночи, выхода антигена в раствор. Оно остается на уровне примерно 70% и поэтому теряет смысл, так как не позволяет завершить всю процедуру ИФА в течение рабочего дня.

Таблица 1. Влияние продолжительности экстрагирования на величину оптической плотности в реакции ИФА

Номер образца	Перемешивание, продолжительность экстрагирования							
	периодическое		постоянное на качалке					
	17-18 ч		1 ч		2 ч		3 ч	
	A492	%	A492	%	A492	%	A492	%
142	1.336	100	0.468	35.0	-	-	-	-
307	0.547	100	0.235	43.0	0.355	64.9	0.401	73.3
308	2.100	100	0.738	35.1	-	-	-	-
326	0.655	100	0.193	29.5	0.239	36.5	0.329	50.2

На следующем этапе работы изучали влияние добавок к экстрагирующему буферу на эффективность извлечения и активность антигена. Каждую из добавок вводили в 0.1M фосфатный буфер по отдельности, а затем все одновременно и определяли величину оптической плотности в реакции ИФА при "раститровке" - последовательном двукратном разведе-

нии раствора. В качестве добавок брали вещества, входящие в состав водно-солевого буфера (NaCl и KCl), а также натрий сернистокислый (0.01M), яичный альбумин (0.2%), твин-20 в повышенной концентрации (2%), азид натрия (0.02%) и поливинилпирролидон (2%) - все те вещества, которые предлагает вводить в экстрагирующий буфер фирма Agdia Inc.

Яичный альбумин, хлористый натрий, хлористый калий, азид натрия влияли на величину оптической плотности не очень существенно. Положительный эффект этих добавок заключался в снижении фоновой реакции (табл.2). Сернистокислый натрий и

2% твин-20 существенно уменьшали величину оптической плотности в случаях, когда для реакции использовался неразведенный экстракт. Влияние этих реагентов снималось разведением экстрактов 0.1M фосфатным буфером с pH 7.0 (табл.2).

Таблица 2. Влияние добавок к экстрагирующему 0.1M фосфатному буферу с pH 7.4 на величину оптической плотности в реакции ИФА (A<sub>405</sub>)

Добавки	Разведение экстракта (количество раз)						Отрицат. контроль
	1	2	4	8	16	32	
Без добавок	1.497	0.914	0.749	0.355	0.238	0.143	0.058
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0.176	0.125	0.125	0.075	0.071	0.130	0.027
Яичный альбумин	1.201	0.788	0.468	0.279	0.115	0.107	0.057
NaCl	1.250	0.810	0.556	0.279	0.141	0.120	0.083
Твин-20	0.040	0.487	0.377	0.218	0.107	0.114	0.095
KCl	0.603	0.775	0.268	0.230	0.124	0.119	0.060
NaN <sub>3</sub>	1.227	0.593	0.553	0.334	0.173	0.177	0.046
ПВП	0.842	0.524	0.316	0.196	0.108	0.052	0.061
Все добавки одновременно	0.060	0.119	0.316	0.210	0.057	0.111	0.027

Наконец, изучали влияние добавок к конъюгатному буферу на определение ВЖКЯ методом ИФА. Введение бычьего сывороточного альбумина (БСА) несколько уменьшало значения оптической плотности, сильно снижая при этом фоновую реакцию. Добавление одновременно с БСА поливинилпирролидона увеличивало значения оптической плотности в реакции ИФА, еще более снижая фон (табл. 3,4).

Таблица 3. Влияние добавок к конъюгатному буферу (ФСБТ) на величину оптической плотности в реакции ИФА (A<sub>405</sub>)

Буфер и добавки	Разведение экстракта (количество раз)			
	1	3	9	27
ФСБТ	1.621	0.932	0.580	0.581
ФСБТ+БСА (2 мг/мл)	1.399	0.669	0.264	0.180
ФСБТ+БСА (2 мг/мл) + ПВП (20 мг/мл)	1.713	0.927	0.324	0.162

Таблица 4. Влияние поливинилпирролидона в конъюгатном буфере на величину оптической плотности в реакции ИФА (A<sub>492</sub>)

Конъюгатный буфер*	Номер образца			
	142	307	324	326
Без поливинилпир-а	0.778	0.304	1.366	0.413
С поливинилпирро-лидоном	1.366	0.547	1.924	0.655
Увеличение оптической плотности, %	75.6	79.9	40.8	58.6

\*Фосфатно-солевой промывочный буфер с бычьим сывороточным альбумином (БСА).

Поскольку наши данные по использованию в качестве добавки к экстрагирующему буферу 0.01M Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> и 2% твина-20 входили в противоречие с рекомендациями фирмы Agdia, представлявшими новый буфер как наиболее эффективный, мы обратились за разъяснениями непосредственно к фирме. От нее получили результаты аналогичного нашего эксперимента по влиянию добавок на величину оптической плотности в реакции ИФА: Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, 2% твин-20 и поливинилпирролидон каждый по отдельности также приводили к снижению оптической плотности в реакции ИФА в случае использования для разведения конъюгатного буфера, не содержащего поливинилпирролидона (ПВП). Если же конъюгатный буфер помимо БСА, добавленного в водно-солевой буфер с твином, содержал еще и ПВП, то картина принципиально менялась: оптическая плотность реакции ИФА в экстрактах, содержащих ВЖКЯ, напротив, возрастала, иногда в несколько раз, в то время как фон не повышался. При этом наибольшего эффекта увеличения оптической плотности можно было достичь при длительном инкубировании с субстратом (в течение ночи в холодильнике).

Такое длительное инкубирование с субстратом возможно в случае использо-

вания конъюгатов на основе щелочной фосфатазы, которые выпускает фирма Agdia. Если же в реакции ИФА применяются конъюгаты антител с пероксидазой хрена, как в нашем случае, то реакция с субстратом протекает очень быстро и большого эффекта увеличения оптической плотности не наблюдается. Более того, добавление ПВП в конъюгатный буфер не компенсирует того уменьшения оптической плотности, которое наблюдается из-за присутствия в экстрагирующем буфере  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 2% твина-20 и ПВП.

Учитывая все вышесказанное, мы пришли к выводу о том, что при определении ВЖКЯ методом ИФА на основе моноклональных антител с использованием конъюгатов с пероксидазой хрена оптимальными условиями будут следующие:

1) экстрагирование ВЖКЯ из высушенного растительного материала в течение ночи (17 часов);

2) использование для экстракции фосфатно-солевого буфера (рН 7.4), содержащего твин-20 в концентрации 0.05%, в

который можно добавлять альбумин, азид натрия, поливинилпирролидон, но не сернистокислый натрий (0.01М) и твин-20 в концентрации 2%;

3) применение для разведения конъюгата фосфатно-солевого буфера с твином, в который добавляется бычий сывороточный альбумин в концентрации 0.2% и 2% поливинилпирролидон (М.в. 24000-40000).

При определении вируса желтой карликовости ячменя с помощью иммуноферментного анализа с использованием моноклональных антител 4В5 и 3С2, специфичных к РAV и RPV штаммам вируса, экстрагирование антигена рекомендуется проводить в течение ночи (17 часов) при эпизодическом перемешивании в стандартном фосфатно-солевом буфере с твином, с добавлением азиды натрия. Из других добавок можно использовать яичный альбумин и поливинилпирролидон. В качестве буфера для разведения конъюгата рекомендуется фосфатно-солевой буфер с твином-20, содержащий 0.2% бычий сывороточный альбумин и 2% поливинилпирролидон.

#### Литература

Ерохина Т.Н. Моноклональные антитела к вирусу желтой карликовости ячменя. Иммуноферментная тест-система для диагностики вируса. /Биоорганическая химия, 21, 4, 1995, с.35.

Васильева Т.Я., Ерохина Т.Н., Кастальева Т.Б., Можяева К.А. Определение вируса желтой карликовости ячменя при помощи иммуноферментного анализа на основе моноклональных антител. /Сборник методических рекомендаций по защите растений. СПб., 1998, с.242-245.

Инструкция по использованию иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля. РАСХН -

НПО по картофелеводству. Коренево, 1993.

Кастальева Т.Б., Ерохина Т.Н., Васильева Т.Я., Можяева К.А. Диагностика вируса желтой карликовости ячменя с помощью иммуноферментной тест-системы на основе моноклональных антител. /Докл. РАСХН, 5, 1996, с.19-21.

Кастальева Т.Б., Можяева К.А., Васильева Т.Я. Распространение и штаммовый состав вируса желтой карликовости ячменя. /Вестник РАСХН, 2, 1997, с.48-50.

Agdia Inc.: ELISA procedure for BYDV-pav reagents, 1995; Agdia 1000 Reagent Set. DAS ELISA. New protocol. Elkhart, USA, 1996.

#### OPTIMIZATION OF PROCEDURE OF BARLEY YELLOW DWARF VIRUS IDENTIFICATION USING IMMUNOFERMENTATION ANALYSIS

T.B.Kastal'eva, K.A.Mozhaeva

Identification of barley yellow dwarf virus in samples of grain cultures with the help of immunoferrmentation analysis is carried out on the basis of monoclonal antibodies and their conjugants together with peroxidase of *Cochlearia armoracia*. The optimum conditions for revealing an antigen include duration of abstraction, structure of the abstracting buffer and buffer for dilution a conjugant.

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВРЕДНОСТИ БОЛЕЗНЕЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

**Ю.А.Стрижекозин**

*Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы, Московская область*

На основе математических моделей разработаны шкалы и компьютерные системы оценки вредности листостебельных болезней зерновых культур и поддержки принятия решений по химической защите. Оправдываемость систем оптимизации решений подтверждена в многолетних производственных опытах в регионах РФ. Предложены компьютерные формы (электронные таблицы) анализа данных мониторинга фитопатогенов, позволяющие оценивать размеры площадей по классам поражения патогенами, прогнозировать классы динамик развития болезней, потери урожая и объемы работ по химической защите.

Потери урожая являются основным показателем, характеризующим хозяйственную значимость того или иного заболевания или комплекса заболеваний в сложившихся агроэкологических условиях. При проведении защитных мероприятий (протравливании семян, опрыскивании пестицидами, возделывании устойчивых сортов, применении специальных агротехнических приемов) величина потерь урожая и определяемый на ее основе сохраненный урожай характеризуют эффективность применяемых средств и приемов защиты.

Существуют два основных метода оценки потерь урожая: экспериментальный и расчетный. Экспериментальный метод состоит в проведении специальных опытов и заключается в сопоставлении урожая зерна в опытном и контрольном вариантах. Расчетный метод основан на применении математических моделей или составленных на их основе шкал потерь урожая от отдельных болезней или комплекса заболеваний. Этот метод не требует постановки сложных опытов. Для расчетов используются данные наблюдений, получаемые в ходе проведения фитосанитарных учетов.

### *1. Модели развития и вредности болезней зерновых культур*

Различия климатических ресурсов, сортов, технологий возделывания, урожайности обуславливают значительную дифференциацию по регионам частоты всплесков и интенсивности развития бо-

лезней зерновых культур. На основе многолетних экспериментальных данных институтов фитопатологии, полученных в различных агроклиматических зонах страны, разработаны модели развития и вредности основных болезней пшеницы и ржи (Неклеска и др.,1991; Стрижекозин и др.,1994,1997; Стрижекозин, Пыжикова,2001).

Ниже представлены уравнения применительно к бурой ржавчине пшеницы и ринхоспориозу ржи. Динамика развития определяется уравнением:

$$dx/dt = rx(1-x/100) \text{ или} \\ \ln\{x(t)/[100-x(t)]\} = \ln\{x_0/[100-x_0]\} + r(t-t_0), \quad (1)$$

где  $x$  - степень пораженности посевов, %;  $t$  - время, сутки. Скорость роста инфекции  $r$  зависит от агроклиматических условий. Так, для бурой ржавчины

$$r = a \cdot \exp(-c \cdot I), \quad (2)$$

где  $a$  - коэффициент, зависящий от восприимчивости сорта и технологии возделывания,  $I$  - индекс благоприятности метеословий (Стрижекозин, Пыжикова, 2001),  $c$  - константа.

Потери урожая пшеницы от бурой ржавчины определяют по формуле:

$$\ln[y/(A_i - y)] = a \ln x + b F + d I, \quad (3)$$

где  $y$  - величина возможных потерь, %;  $x$  - степень пораженности, %;  $F$  - индекс фазы развития посевов (шкала Эукарпия);  $a, b, d$  - константы;  $A_i$  - верхний порог потерь в зависимости от техноло-

гии возделывания.

Для потерь урожая ржи от ринхоспориоза получено соотношение

$$y = V_i x_k,$$

где  $V$  - индекс восприимчивости сорта,  $x_k$  - пораженность в фазу 69-71, %. Математические модели применяли для решения следующих задач.

## 2. Разработка шкал и компьютерных моделей оценки потерь урожая

Экспресс-оценки снижения урожая зерна от болезней можно получить с помощью шкал и компьютерных моделей, что значительно упрощает работу. Разработаны шкалы оперативной оценки потерь урожая в зависимости от интенсивности развития болезней, алгоритмы и шкалы прогноза риска развития эпифитотий, применяемые при анализе данных территориального фитомониторинга. Методы и шкалы учета и прогноза болезней зерновых культур достаточно широко представлены в научно-методическом пособии "Фитосанитарная экспертиза зерновых культур", подготовленном ВНИИФ для специалистов службы защиты растений и агроперсонала хозяйств.

Шкалы предназначены для проведения прогностических и ретроспективных экспресс-оценок потерь урожая по наблюдаемым динамикам развития грибных болезней как на обработанных, так и необработанных посевах зерновых культур. Высокие оценки остаточных потерь урожая могут свидетельствовать о недостаточно эффективной защите.

При разработке пакета компьютерных программ оценки вредоносности (Стрижекозин, Агаев, 2001б) использованы имеющиеся в литературе математические модели отечественных и зарубежных авторов для расчета потерь урожая от болезни 21 сельскохозяйственной культуры. Значительная часть из них относится к болезням зерновых культур (около 50 наименований). Ряд моделей позволяет прогнозировать развитие и вредоносность

болезней, другие модели оценивают величину потерь урожая по данным наблюдений за динамикой заболевания в заключительные фазы вегетации.

Общее меню пакета содержит 95 наименований заболеваний сельскохозяйственных культур по разделам: зерновые, клубнекорнеплоды, бобовые, зернобобовые, масличные, прядильные, овощные культуры. Выбор подпрограммы, соответствующей конкретному заболеванию, выполняется с помощью системы взаимовложенных меню, содержащих вышеуказанный набор культур и список заболеваний по каждой культуре. В информационном разделе приводится перечень входных параметров и представлен алгоритм (модель) оценки вредоносности по интересующему заболеванию, авторы, год разработки. После перехода в вычислительный раздел проводится расчет по модели путем ввода конкретных данных.

## 3. Шкалы и компьютерные системы оптимизации решений по защите

Защитные мероприятия могут не всегда окупаться величиной сохраненного урожая. Объективным инструментом оптимизации решений по защите, допускающих проведение фунгицидных обработок лишь в необходимых случаях, являются математические модели.

Многофакторные критерии рациональной защиты должны учитывать не только фитосанитарные (срок проявления, развитие болезни, восприимчивость сорта), но и агроклиматические, экономические и экотоксикологические показатели (урожайность культуры, цена на зерно, токсиколого-гигиеническая характеристика и цена пестицидов, затраты на обработку и т.д.).

Рентабельность химической защиты достигается в тех случаях, когда потенциальные потери урожая превышают определенные пороговые значения (Стрижекозин и др., 1994). Пороговые потери определяют из баланса затрат с использованием моделей оценки эффективности фунгицидных обработок (Стриже-

козин и др.,1997):

$$P = (Z_{\text{фун}}/\Pi + Z_{\text{обр}}/\Pi)/(K/100)(1 - Z_{\text{уб}}/\Pi), \quad (4)$$

где P - пороговые потери урожая, ц/га,  $\Pi$  - цена реализации зерна, руб/ц,  $Z_{\text{фун}}$ ,  $Z_{\text{обр}}$ ,  $Z_{\text{уб}}$  - соответственно затраты на фунгицид, обработку, руб/га, уборку и доработку сохраненного урожая, руб/ц, K - коэффициент токсикологической эффективности препарата (сохраняемая в результате обработки часть потенциальных потерь), %.

Критерий целесообразности химической защиты определяется неравенством:

$$\Pi \cdot Y / 100 > P, \quad (5)$$

где  $\Pi$  - программируемый урожай, ц/га, Y - потенциальные потери урожая, %.

Если потенциальные потери урожая меньше пороговых значений, то от проведения обработок следует воздержаться ввиду возможной их убыточности.

С использованием математических моделей и теоретических методов разренности и подобия разработаны шкалы

значений фитосанитарной сигнальной пораженности (ФСП) для различных сочетаний предикторов.

Уровни сигнальной пораженности (пороги целесообразности защиты) являются аналогами ЭПВ, но более широко дифференцированными для разных фитосанитарных, агроэкологических и хозяйственно-экономических ситуаций. В качестве примера значения сигнальной пораженности ржи ринхоспориозом представлены в таблице. Входная колонка урожайности зависит от суммы затрат на препарат и обработку 1 га, выраженных в центнерах зерна. Базовый вариант с эквивалентом суммарных затрат 2.2-2.5 ц зерна ориентирован на среднебиржевую цену зерна ржи 8-9 у.е./ц, а эквивалент затрат 3.5-4 ц зерна может соответствовать более низкой цене на зерно и/или более высокой величине затрат. В последнем случае следует ориентироваться на величину урожайности в скобках. При промежуточных значениях затрат уровни ФСП определяются интерполяцией.

Таблица. Сигнальная (пороговая) пораженность растений ржи ринхоспориозом

Класс препарата**	Типовой препарат, л/га, кг/га	Сорт	Урожайность ржи, ц/га, при стоимости обработки 1 га, выраженной в зерновом эквиваленте 2.2-2.5 ц (3.5-4 ц)																		
			<20 (21-35)						21-35 (36-55)						>35 (>55)						
			Пороговые значения пораженности (%) по фазам вегетации																		
			25-32		37-49		51-61		25-32		37-49		51-61		25-32		37-49		51-61		
БУ		НБУ		БУ		НБУ		БУ		НБУ		БУ		НБУ		БУ		НБУ			
I >1	Альто	В	2	30	5	*	15	*	0.4	5	1	9	5	17	0.3	3	0.7	5	3	10	
			УВ	5	*	15	*	*	*	0.7	12	2	17	10	25	0.4	5	1	10	5	15
II 0.3-1	Тилт-прем	В	10	*	20	*	*	*	0.7	12	2	17	10	25	0.4	5	1	10	4	15	
			УВ	*	*	*	*	*	*	1	20	5	30	15	*	0.6	10	2	15	7	25
	Тилт 0.5	В	*	*	*	*	*	*	1	15	3	25	10	30	0.5	5	1	10	5	20	
			УВ	*	*	*	*	*	*	3	*	5	*	22	*	0.8	15	3	20	10	30
III <0.3	Райдер 1.0	В	*	*	*	*	*	*	1	15	3	25	10	30	0.5	5	1	10	5	20	
			УВ	*	*	*	*	*	*	3	*	5	*	22	*	0.8	15	3	20	10	30
	Импакт 1.0	В	*	*	*	*	*	*	5	*	10	*	25	*	1	15	3	25	10	*	
			УВ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	30	5	*	15	*
	Корбел 1.0	УВ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	30	5	*	15	*

БУ - среднесуточная температура 12-18°С, увлажнение 9-12 час., осадки (год-аналог 1994); НБУ - сухая, жаркая погода с недостаточным увлажнением растений (годы-аналоги 1992,1995); В - восприимчивый сорт (Вятка 2, Кировская 89, Брянская 8, Пурга, Киевская 8, Волхова); УВ - умеренно восприимчивый сорт (Восход 1, Восход 2, Пуховчанка. Саратовская 5, Чулпан, Орловская 9).

\*Обработка экономически не целесообразна. \*\*Индекс эффективности, т зерна/кг.

Аналогичные шкалы поддержки принятия решений разработаны для бурой ржавчины, мучнистой росы, септориоза пшеницы, стеблевой, бурой ржавчины ржи (Стрижекозин, 2000). Индекс эффективности представляет вероятную прибавку урожая при умеренном развитии болезни и урожайности 21–35 ц/га.

В случае комплекса заболеваний на культуре анализ фитосанитарной ситуации проводится с использованием набора шкал ФСП, составленных для основных листостебельных инфекций и применяемых в последовательности, соответствующей срокам их появления на посевах.

Известно, что величина потерь от комплекса болезней меньше суммы потерь от каждого заболевания и близка к потерям от наиболее вредоносного вида. В этой связи обработку фунгицидами в случае нескольких заболеваний целесообразна, если она оправдана хотя бы по одному из них (пораженность посевов этой болезнью превышает соответствующее значение ФСП). При этом обработку целесообразно проводить не ранее фаз 36–37 с тем, чтобы одновременно защитить посевы от развития более поздних инфекций, особенно в тех случаях, когда они регулярно встречаются в истории поля.

Обработка не проводится, если она не рекомендована ни по одной болезни, наблюдения за развитием болезней в этом случае продолжают.

Оправдываемость модельных решений и окупаемость затрат по защите пшеницы и ржи от болезней подтверждена на данных 160 производственных опытов ВНИИФ по изучению эффективности фунгицидов, проведенных в 1992–1998 гг. в регионах РФ (Стрижекозин, 2000). В опытах, где проведенная обработка фунгицидами прогнозировалась в соответствии с базовым вариантом метода как целесообразная, прибавка урожая была значительно выше (2.6–2.3 ц/га), чем в 24 опытах с не рекомендованными обработками (0.8–2.2 ц/га). Применение вышеуказанного метода при более высоком уровне затрат на обработку 1 га (3.5–4 ц зерна) дополнительно исключило еще 19 опытов как потенциально нерентабельные, что

подтвердилось относительно низкими прибавками урожая. В остальных рекомендованных к обработке опытах полученная прибавка урожая в подавляющем большинстве случаев превышала величину 3.8 ц/га, что обеспечивало рентабельность химической защиты. В целом точность модельных решений была существенно выше, чем решений, принимаемых на основе экспертных оценок.

Предлагаемые системы поддержки принятия решений являются доступными и оперативными для применения непосредственно в поле (хозяйстве). Универсальные таблицы значений пороговой пораженности содержат основные динамически меняющиеся предикторы (агроклиматические, фитосанитарные, экономические), от которых зависит принятие обоснованных практических решений по защите посевов в хозяйстве.

На базе моделей разработаны компьютерные системы оптимизации решений (Стрижекозин, Агаев, 2001), оперирующие с широким набором современных препаратов, список которых насчитывает до 20 наименований и может быть расширен. В них в должной мере учтен экологический регламент применения пестицидов (разрешенные "Списком" кратности обработки, сроки ожидания и др.). Актуальность требований экологической безопасности отмечена в данных, представленных департаментом по ЧС МСХ РФ (Гончарик, 2001), согласно которым основной причиной загрязнения сельскохозяйственной продукции сверхнормативными остатками пестицидов является несоблюдение хозяйствами сроков от последней обработки до уборки урожая.

Информация для оценки эколого-экономической целесообразности защиты конкретного поля вводится в компьютер в диалоговом режиме. В случаях, когда принятие решения приходится на регламентированный срок ожидания (длительность срока до уборки составляет 20–50 суток в зависимости от выбранного препарата), система запрещает проведение обработки по санитарно-экологическим требованиям. Такое же ограничение вводится по допустимой кратности обрабо-



ток. Таким образом, предусмотрено выполнение требований как рентабельности, так и экологической безопасности химзащиты.

Рассчитываются возможные потери урожая и ориентировочный прогноз уровня рентабельности обработки (высокий, средний, низкий). В случае экономической целесообразности и экологической безопасности применения система рекомендует выбранный из списка фунгицид для защиты посевов. При наличии нескольких препаратов пользователь может выбрать наиболее целесообразный (рентабельный) для применения в данной ситуации.

Система позволяет дополнительно получить консультации по вопросам диагностики болезней, методов учета, мер борьбы (агротехнические, протравливание семян, опрыскивание посевов, препараты, нормы расхода, сроки ожидания), предикторов решений по защите, организации и проведению обработок.

#### *4. Разработка алгоритмов и программ учета данных фитомониторинга*

Отличительная особенность предлагаемой системы объединенного учета результатов обследований заключается в отказе от малоинформативных усредненных по району, области, краю показателей развития и распространения болезней. Вместо этого целесообразно использовать метод группировки обследованных площадей по классам поражения и получаемые на его основе показатели. Применение для характеристики фитосанитарного состояния не только фитопатологических (развитие болезни), но также геоинформационных (пораженные площади) и хозяйственно-экономических показателей позволяет повысить содержательность информации. В этом случае результаты учетов дают возможность оценивать размеры площадей по классам поражения, средневзвешенные значения пораженности, классифицировать с использованием моделей динамики развития болезней (эпифитотия, умеренное развитие, депрессия), оценивать возмож-

ные потери урожая и объемы планируемых работ по химической защите (т., га).

Для специалистов службы защиты растений разработаны компьютерные формы объединенного учета данных фитомониторинга, сопряженные по территориальному принципу (район, область, край, регион).

Основное назначение форм учета и программ - оценка классов развития болезней и потерь урожая для площадей различных классов поражения. Для этого вводятся следующие показатели из раскрывающихся меню: болезнь, культура, индекс фенотипа вегетации, планируемый урожай и др. В список болезней включены основные листостебельные инфекции (мучнистая роса, ржавчина, пятнистости и др.). Оценки объемов планируемых работ по химической защите основаны на критериях рентабельности с учетом допустимых сроков обработок.

Компьютерные программы (Стрижекин, Агаев, 2001а) представляют иерархическую систему взаимосвязанных электронных таблиц (районные формы связаны с областной и т.д.). Информация форм низшего уровня может передаваться для обработки в форму более высокого уровня по электронной почте или с использованием электронных и текстовых носителей.

Адаптированные для практического использования методики диагностики, учетов и управления защитой растений представлены в серии региональных рекомендаций по защите зерновых культур от болезней. Составлены руководства пользователя прикладных компьютерных программ, периодически сотрудниками ВНИИФ проводятся консультации для работников Службы защиты растений, хозяйств и других заинтересованных лиц по вопросам применения предложенных систем.

Производственные испытания систем фитосанитарной экспертизы и управления защитой зерновых культур от вредных болезней проводились в 2000-2001 гг. на 4 областных СТАЗР - Кировской, Московской, Рязанской, Владимирской и на районных СТАЗР - Коломенской (Московская обл.), Марковской (Са-

ратовская обл.). Апробация компьютерных программ проведена на Кировской и Рязанской СТАЗР. По результатам испытаний установлено, что предложенные методики доступны для освоения специалистами Службы диагностики и прогнозов и их внедрение позволит повысить точность и информативность результатов

обследований и последующей экспертизы фитосанитарной ситуации. Составлены акты о целесообразности внедрения системы фитосанитарных наблюдений и компьютерных программ для оценки фитосанитарной и агротехнической ситуации и обоснованного принятия решения о проведении защитных мероприятий.

#### Литература

Гончарик Н.В. Экологические проблемы в сельском хозяйстве РФ. /Докл. РАСХН, 1, 2001, с.27-29.

Некlesa Н.П., Быстрицкая В.Н., Стрижекозин Ю.А. и др. Мучнистая роса пшеницы: прогноз вредоносности /Защита раст., 4, 1991, с.23-25.

Стрижекозин Ю.А., Агаев А.А., Санин С.С. Пороги рентабельности обработок в принятии решений о защите на основе моделей. /Тез. докл. конф. "Совершенствование фитосанитарного контроля с/х культур". М., 1994, с.106-110.

Стрижекозин Ю.А., Санин С.С., Соколова Е.А. Рейтинговые оценки целесообразности применения фунгицидов на пшенице /Рег. рекоменд. "Производство экологически безопасной продукции растениеводства", 3, Пушкино, 1997.

Стрижекозин Ю.А. Модельные системы принятия решений по защите зерновых культур

от болезней /Вестник РАСХН, 3, 2000, с.31-34.

Стрижекозин Ю.А., Пыжикова Г.В. Математические модели развития и вредоносности септориоза и бурой ржавчины пшеницы. /Докл. РАСХН, 4, 2001, с.16-18.

Стрижекозин Ю.А., Агаев А.А. Модельные решения по защите зерновых культур от болезней /Сб. трудов 12-й Байкальской международной конференции "Методы оптимизации и их приложения". Секция "Математическое моделирование в сельскохозяйственном производстве". Иркутск, 2001, с.101-105.

Стрижекозин Ю.А., Агаев А.А. Фитосанитарный мониторинг и прогноз. /Вестник РАСХН, 3, 2001а, с.56-59.

Стрижекозин Ю.А., Агаев А.А. Компьютерные системы оценки вредоносности болезней зерновых культур. /Вестник РАСХН, 6, 2001б, с.49-51.

#### THE METHODS FOR ESTIMATING THE HARMFULNESS OF CEREAL DISEASES AND OPTIMIZING DECISION ADOPTION ON CHEMICAL PROTECTION

Yu. A. Strizhekozin

The scales and computer systems for estimating losses of crop yield and optimizing decision adoption on chemical protection of wheat and rye have been offered on the basis of mathematical models for development and harmfulness of cereals diseases. Production experiments confirmed high degree of model systems repayment. The algorithms and computer forms for analysis of the territorial phytosanitary monitoring data are proposed. They allow to estimate the crop area sizes according to classes (levels) of infection, appropriate classes of disease dynamics (epiphytity, moderate development, depression), yield losses and crops protection need.

**ВИДОВОЙ СОСТАВ ПАУКОВ И ИХ РОЛЬ В ОГРАНИЧЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ  
ВРЕДИТЕЛЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ И НЕОБРАБАТЫВАЕМОМ ИНСЕКТИЦИДАМИ  
ВИНОГРАДНИКАХ****Д.В.Дергачев**

НИОКЭЭАК «Пестифаг», Анапа

Исследования проведены в 1992-1994 гг. на виноградниках ТОО "Благовещенское" Анапского района Краснодарского края на двух изолированных участках - опытном площадью 8 га, на котором с 1988 по 1994 г. были полностью исключены инсектицидные обработки, и контрольном промышленном площадью 9.3 га, обрабатываемом химическими препаратами по полной схеме.

Численность пауков выражали в экземплярах на одно растение. При определении численности почвообитающих видов площадь раскопок соответствовала месту, занимаемому одним кустом (1.50×1.25 м), глубина раскопок 15 см.

Определение трофических связей хищников с гроздовой листоверткой (*Lobesia botrana* Den. & Schiff) заключалось, в основном, в установлении факта питания и определении прожорливости при лабораторном содержании. Хищникам в лабораторных условиях предлагались и другие виды насекомых и паутиные клещи, обитающие на винограднике.

Хищные пауки являются одной из наименее изученных групп энтомофагов гроздовой листовертки. Достаточно отметить, что представители этого класса не включены ни в одну из известных сводок энтомофагов вредителя, несмотря на их высокую численность и обширный видовой состав на виноградниках. В литературе отсутствуют сведения о биологии, экологии, этологии пауков на виноградниках, нет данных о взаимоотношениях их с гроздовой листоверткой.

Фауна пауков необрабатываемого инсектицидами виноградника отличается большим разнообразием видового состава, а численность только основных 10

видов составляет в среднем 56 экз/растение (табл.1). В отдельные годы в осенний период отлавливалось свыше 100 особей пауков на один ловчий пояс.

Ведущее место в структуре аранеокомплекса виноградника на опытном участке занимает представитель семейства Salticidae - *Salticus zebraneus* - 14.2 экз/растение, 25.4% от общей численности основных видов пауков. Второе место также занимает вид из этого же семейства - *Pseudicius encarpatus* - 8.8 экз/растение, 15.7%. В целом же численность трех основных видов Salticidae (*S.zebraneus*, *P.encarpatus* и *E.arcurata* (4.3 экз/растение, 3.1%)) составляет около половины (44.2%) численности всех видов пауков необрабатываемого инсектицидами виноградника.

Перечисленные виды имеют небольшие размеры тела (3.5-6.8 мм), ведут скрытый образ жизни, не строят ловчих сетей из паутины. Относятся к группе так называемых пауков-засадников, поджидающих свою жертву в укрытиях. Наиболее активны в сумерках. В дневное время прячутся в трещинах коры. Мелкие особи часто скрываются с обратной стороны виноградного листа, у его основания в пазухах между жилками. Продвигаются быстро, скрываются от преследования или нападают прыжками, достигающими иногда длины 8-12 см. Потрясенный паук подстраховывает себя вытягивающейся из брюшка паутиной, по которой, в случае прыжка вниз, может подниматься на исходное место. Виды Salticidae очень подвижны и часто передвигаются в поисках мест для охоты.

В лабораторных экспериментах и в ходе полевых наблюдений установлено,

что Salticidae, как правило, не нападают на крупные виды жертв, достигающих размеров самих пауков, ограничиваясь питанием мелкими насекомыми - комарами, мошками, дроздофилидами, обитающими под отслоившейся корой сеноедми. В осенний период основной пищей Salticidae служат плодовые мушки *Drosophila fasciata* Mg. и *D.melanogaster* Mg., в массе размножающиеся на поврежденных ягодах винограда. Среди Salticidae сильно выражен каннибализм, особенно по отношению особей старших возрастов к младшим.

Таблица 1. Основные виды пауков и их средняя численность на винограднике - опытном (ОУ) и промышленном контрольном (КУ) участках, экз/растение  
ТОО "Благовещенское" Анапского района, 1992-1994

Виды	ОУ	КУ
<i>Salticus zebraneus</i> C.L.Koch.	14.22	1.24
<i>Pseudicius encarpatus</i> Cl.	8.80	1.20
<i>Clubiona neglecta</i> Rich-Camb.	8.15	0.01
<i>Chiracanthium mildei</i> L.Koch.	4.80	-
<i>Evarcha arcuata</i> Cl.	4.33	0.14
<i>Xysticus kochi</i> Thor.	4.08	1.40
<i>Aphantaulax seminigra</i> Sim.	3.78	-
<i>Runcinia lateralis</i> C.L.Koch.	3.54	0.46
<i>Misumena vatia</i> Cl.	2.35	-
<i>Agriope bruennmchi</i> Scop.	2.01	-
Всего	56.06	4.45

Прожорливость взрослых особей пауков сильно различалась и составляла у *S.zebranaus* до 20 гусениц 1-2 возрастов и 1.2 гусеницы 3 возраста, у *P.encarpatus*, соответственно, до 13 гусениц и до 1.4 гусеницы, у *E.arcuata* до 10 гусениц 1-2 возрастов и до 1.8 гусеницы 3 возраста в сутки. Гусеницами 4 возраста пауки не питались, хотя и предпринимали отдельные попытки нападения. Питания куколками гроздовой листовертки при 7-8-дневном совместном их содержании с пауками в чашках Петри не отмечено. В садках с вегетирующими растениями винограда изредка наблюдалось питание взрослых особей *E.arcuata* бабочками вредителя.

Зимуют на винограднике у перечисленных видов Salticidae особи разных

возрастов. Достигнув взрослого состояния в следующем вегетационном периоде, пауки спариваются, самки плетут кокон и откладывают до 70 яиц (в среднем 30-45). Кокон с яйцекладками, охраняемые самками, встречаются на винограднике с конца апреля по сентябрь. Обычным местом для откладки яиц служит нижняя сторона виноградного листа или отслоенная кора. Зимуют пауки под корой в нижней части штамба, в подвязочном материале. При установке на штамп ловчего пояса из гафрокартона, свыше 90% особей пауков собираются на зимовку именно в нем. С наступлением первых холодов пауки плетут плотные компактные коконы, с одной стороны прочно прикрепляемые к субстрату. В коконах находятся до весны.

На винограднике *S.zebranaus*, *P.encarpatus* и *E.arcuata*, по всей видимости, не имеют серьезного значения в ограничении роста популяции гроздовой листовертки, несмотря на свою относительно высокую численность, в связи со скрытым образом жизни гусениц вредителя (в особенности II и последующих генераций) и постоянным присутствием множества мелких и более доступных объектов, к питанию которыми, судя по своим поведенческим реакциям, Salticidae более приспособлены.

На промышленном винограднике группа видов этого семейства также сохраняет лидирующее положение, несмотря на резкое падение численности. Так, численность паука *S.zebranaus* здесь в 11.5 раз ниже, чем на контрольном участке, численность *P.encarpatus* и *E.arcuata* соответственно снижается в 7.3 и 30.9 раза, однако доля численности этих видов в группе основных видов пауков возрастает с 44.2% до 57.9%, то есть в 1.3 раза. Занимающий первое место по численности на контрольном участке *S.zebranaus* уступает по этому показателю лишь представителю семейства Tomisidae - *Xysticus kochi*, численность которого составляет 1.4 экз/растение или 31.4% от общей численности основных видов пауков промышленного виноградника.

Tomisidae, в частности, *X.kochi*, *R.lateralis* и *M.vatia*, имеют сходные биоэкологические особенности с Salticidae, однако более приспособлены к питанию гроздевой листоверткой, в особенности особями первой генерации.

Очень часто в этот период пауков можно встретить на соцветиях винограда, где они поджидают привлекаемых нектаром и пыльной бабочек и мух. Вероятность питания ими имаго и гусеницами гроздевой листовертки здесь достаточно высока. Tomisidae предпочитают нападать на достаточно крупных насекомых, превосходящих размеры пауков иногда в 1.5-2 раза. В лаборатории взрослые особи *X.kochi* одинаково активно нападали на гусениц 3-4 возрастов и на бабочек гроздевой листовертки. При наличии в чашках Петри гусениц всех возрастов преимущественно уничтожали наиболее крупных и активных, совсем не питаясь гусеницами 1 возраста. Личинки младших возрастов (2-3) также предпочитали более крупных гусениц 2 возраста мелким гусеницам 1 возраста, хотя питались и теми и другими. В целом, питание Tomisidae гусеницами гроздевой листовертки имеет случайный характер, так как пауки хорошо реагируют на активно движущиеся объекты, открыто располагающиеся в их поле зрения. В ряде опытов удалось установить, что вибрация от перемещений гусеницы внутри паутиной трубочки на грозди привлекает *X.kochi*. Паук замирает рядом с источником вибрации, но каких-либо действий далее не предпринимает, выжидая, когда гусеница частично или полностью выйдет из укрытия и окажется в его поле зрения, хотя этого может и не произойти.

Существенное возрастание численности гроздевой листовертки на опытном участке, как и других видов жертв, вероятно, также влияет на рост численности здесь *X.kochi* в 2.9 раза и *R.lateralis* (в 7.7 раза) по сравнению с численностью на промышленном винограднике (до 4.1 и до 3.5 экз/растение соответственно), а также обуславливает появление нового вида Tomisidae - *M.vatia*, не выявленного на

промышленном винограднике.

Особое место в структуре комплекса пауков на необрабатываемом инсектицидами опытном участке занимают представители семейства Clubionidae - *Clubiona neglecta*, увеличивающий многократно свою численность по сравнению с таковой на промышленном винограднике (с 0.01 до 8.2 экз/растение), и *Chiracanthium mildei* (на промышленном винограднике не найден, на контрольном участке - 4.8 экз/растение).

Указанные виды на винограднике имеют два взаимосвязанных этапа пищевой специализации: особи младших личиночных возрастов обитают в компактных паутинистых укрытиях, расположенных на нижней стороне виноградных листьев, и питаются паутинными клещами и трипсами, а особи старших возрастов мигрируют в соцветия и грозди, где строят аналогичного типа убежища и питаются гусеницами гроздевой листовертки всех возрастов. Характерно, что выход пауков из мест зимовки совпадает, как правило, с выходом паутинных клещей, а массовая миграция личинок старших возрастов в соцветия и грозди - с началом массового отрождения гусениц гроздевой листовертки. Зимуют у *C.neglecta* оплодотворенные самки и личинки 2-3 возрастов. Эти две качественные составляющие популяции при выходе из мест зимовки и дальнейшем развитии в течение вегетационного периода хорошо дополняют друг друга, участвуя в регулировании численности основных вредителей на различных этапах их размножения (табл.2).

В ходе многолетних обследований виноградников выявлена высокая корреляция между численностью *C.neglecta* и численностью гусениц гроздевой листовертки. У других основных видов пауков такая зависимость проявлялась слабо, либо не отмечалась вообще, как у представителей сем. Salticidae.

Таким образом, на необрабатываемом инсектицидами винограднике из числа пауков - хищников гроздевой листовертки основное значение в регулировании

численности вредителя имеют пауки сем. *neglecta*, уничтожающий гусениц всех Clubionidae, в основном вид *Clubiona* возрастов.

Таблица 2. Трофические связи хищного паука *Clubiona neglecta* на винограднике

Фаза винограда	Состояние развития <i>Clubiona neglecta</i>	Состояние развития основных вредителей	Объект питания <i>C. neglecta</i>
Начало распускания почек	а) Выход оплодотворенных самок из мест зимовки б) Выход личинок 2-3 возрастов из мест зимовки	Начало выхода паутиных клещей из мест зимовки	Паутиные клещи.
Период образования 3-4 листа	а) Откладка яиц и отрождение личинок 3 возрастов б) Развитие личинок на листьях	Массовый выход паутиных клещей из мест зимовки и начало их размножения	Паутиные клещи, трипсы.
Рост побегов	а) Развитие личинок 1-3 возрастов на листьях б) Развитие личинок 3-4 возрастов на листьях	Размножение паутиных клещей	Паутиные клещи, трипсы.
Начало цветения и образование завязей	а) Развитие личинок 3-4 возрастов на листьях б) Миграция личинок 4-5 возрастов в соцветия	Размножение паутиных клещей, откладка яиц и развитие гусениц гроздовой листовертки I генерации	Паутиные клещи, гусеницы 1-4 возрастов гроздовой листовертки.
Рост ягод	а) Миграция личинок 4-5 возрастов в грозди б) Развитие старших возрастов пауков в гроздях	Размножение паутиных клещей Развитие гусениц гроздовой листовертки II генерации	Гусеницы 1-4 возрастов гроздовой листовертки.
Созревание ягод	а) Развитие старших возрастов пауков в гроздях б) Откладка яиц, отрождение и развитие личинок 1-2 возрастов	Размножение паутиных клещей Развитие гусениц гроздовой листовертки III генерации	Гусеницы 1-4 возрастов гроздовой листовертки, паутиные клещи, трипсы.

## СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ - ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ

Т.Н.Радюкевич\*, Н.В.Иванова\*, О.С.Афанасенко\*\*

\*Северо-Западный НИИСХ, Ленинградская область

\*\*Всероссийский институт защиты растений, Санкт-Петербург

Ячмень - ценная зерновая культура, имеющая широкое применение в народном хозяйстве. Зерно ячменя - основное сырье для пивоваренной промышленности. В настоящее время для России вообще, а для северо-западного региона - в частности, остро встал вопрос о выращивании больших объемов зерна ячменя для нужд этой промышленности. Поэтому актуальной задачей является создание сортов ярового ячменя пивоваренного направления, адаптированных к условиям северо-запада.

Одно из наиболее опасных заболеваний ячменя - сетчатая пятнистость (сетчатый гельминтоспориоз); возбудитель *Drechslera teres* (Sacc) Shoem. Потери урожая при поражении посевов ячменя сетчатой пятнистостью проявляются в уменьшении числа и массы зерен в колосе и могут достигать 20%. Наиболее экономически выгодным и безопасным способом борьбы является возделывание устойчивых сортов.

Цель нашей работы - агробиологическая характеристика источников и доменов устойчивости ярового ячменя к возбудителю сетчатой пятнистости в условиях северо-западного региона России.

В 1999-2000 гг. было оценено 23 сортообразца из коллекции ВИР, среди них сорта Diamond к-29192 (Канада), Tifang (США) и др. номера из Манчжурии, Эфиопии, США, ФРГ, Канады разновидностей *pallidum*, *ricotense*, *duplinigrum*, *dificiens*, *nudum*, *nigrinudum*, *stendelui*, *zeocrithidificiens*. В качестве стандарта для многорядных образцов был взят районированный в Ленинградской области сорт ярового ячменя кормового направления Белогорский к-22089. По данным ГНЦ ВИР, сорт отличается высокой пластичностью, скороспелостью, устойчиво-

стью к пыльной головне, выносливостью к вирусу желтой карликовости ячменя. Для двухрядных образцов стандартом был взят пластичный и продуктивный сорт Криничный (Белоруссия) к-27605. Оба сорта восприимчивы к сетчатой пятнистости.

Условия вегетации растений в годы исследований сильно отличались, что позволило более полно оценить коллекционные образцы. Погода 1999 г. была для яровых зерновых культур экстремальной. Растения в условиях жесточайшей засухи и температурного стресса характеризовались низкой кустистостью, низкорослостью, сформировали мелкое и щуплое зерно. Такие условия вегетации позволили выделить сортообразцы, толерантные к засухе, способные сформировать урожай на уровне стандартных сортов.

В селекционном плане представляет интерес ряд сортов (табл.1). Среди многорядных - образец СИ 7584 (США), продуктивная кустистость которого 1.6 побегов на растение, тогда как у стандартного сорта Белогорский 1.2 побега. Масса 1000 зерен 37.1 г против 26.8 г у стандарта. Вместе с тем, масса зерна с 1 растения этих сортообразцов практически не различалась.

Двухрядные образцы СИ 9820 (США) и СИ 9819 (Эфиопия) по уровню продуктивного кущения близки к стандартному сорту Криничный - 1.9, 1.8 и 1.7 стеблей/растение соответственно.

Сорта СИ 9819 и СИ 9825 сформировали гораздо более крупное зерно (44.1 и 42.9 г соответственно), тогда как у сорта Криничный этот показатель составил 26.1 г. Длина колоса сортообразца СИ 9819 из Эфиопии составила 6.5 см, у стандарта - 5.4 см. Масса зерна 1 растения у изученных образцов оказалась на уровне стандартного сорта (табл.1).

Таблица 1. Агробиологическая характеристика перспективных сортообразцов ярового ячменя, устойчивых к сетчатой пятнистости в условиях экстремальной засухи 1999 г.

Сорт	Разновидность	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, стеблей/раст.	Длина колоса, см	Масса зерна, г		
					колоса	1000 зерен	растения
<u>Многорядные сортообразцы</u>							
Белогорский	Pallidum/ricotense	41.5	1.2	5.2	0.9	26.8	1.0
CI 7584	Pallidum	42.5	1.6	4.1	0.7	37.1	0.9
CI 739	Pallidum	47.7	1.2	5.2	0.9	28.3	1.0
Tifang	Pallidum	48.6	1.5	5.5	0.9	28.0	1.1
CI 5809	Pallidum	48.9	1.4	6.2	0.8	33.7	1.0
CI 4929	Pallidum	40.0	1.3	4.8	0.7	26.8	0.9
<u>Двухрядные сортообразцы</u>							
Криничный	Nutans	45.7	1.7	5.4	0.4	26.1	0.6
CI 9820	Dificiens	46.0	1.9	5.9	0.4	26.0	0.7
CI 9819	Dificiens	46.4	1.8	6.5	0.5	44.1	0.7
CI 9825	Dificiens	41.1	1.2	5.0	0.4	42.9	0.5

Погодные условия 2000 г. отличались избыточным увлажнением. В июне сумма осадков превысила среднюю многолетнюю в 2 раза, в июле - в 2.5 раза, в августе - в 3 раза. Этот год был более благоприятным для проявления максимальных урожайных качеств.

Среди многорядных сортообразцов высокой продуктивной кустистостью отличались номера из Канады: Ogalitzu (к-18716) - 3.5 стебля на растение, Diamond (к-29192) - 3.1 стебля, образец США CI 5809-3.1 стебля, тогда как у стандартного сорта Белогорский этот показатель составил 2.3 стебля на растение. Высокую массу 1000 зерен сформировали сорта США: CI 7584 - 41.5 г, CI 5809 - 40.4 г, Tifang - 40.2 г, CI 4922 - 41.2 г, тогда как стандартный сорт Белогорский - 32.1 г. Наибольшей продуктивностью 1 растения отличался сортообразец Diamond - 2.6 г, в то время как у стандарта этот показатель не превысил 1.9 г.

Среди двухрядных сортообразцов высокая продуктивная кустистость установлена у образца из Эфиопии CI 9825 (к-25275) - 4 стебля на растение, у сорта Криничный (стандарт) - 3.2 стебля. Массу 1000 зерен, близкую к сорту Криничный (55.8 г), имел один сортообразец - CI 9819 (к-25274) из Эфиопии (54.8 г). Наиболее урожайным оказался сортообразец CI

9825 (к-25275), масса зерна 1 растения которого составила 3 г, у сорта Криничный - 2.8 г.

По продолжительности периода вегетации существенных различий у изучаемых сортообразцов не выявлено. В засушливом 1999 году продолжительность вегетационного периода варьировала от 69 до 71 дня, в 2000 г. - от 76 до 79 дней.

1999-2000 годы были неблагоприятными для развития сетчатой пятнистости. Тем не менее, полевая оценка подтвердила высокую устойчивость изучаемых сортообразцов к этому патогену. В 1999 г. поражение сетчатой пятнистостью у них составило 0-2%, тогда как поражение восприимчивых стандартных сортов доходило до 20%.

В 2000 г. поражение сетчатой пятнистостью большинства испытуемых сортов не отмечено. У сортообразца из Эфиопии (к-8721) отмечены единичные пятна (балл 2). Сорт Tifang (США) был поражен на 10-15%, так же как стандартные сорта.

В среднем за два года среди многорядных сортообразцов по комплекс у хозяйственно полезных признаков выделились CI 7584, CI 5809 (США), Tifang (США), CI 739, CI 4929 (Манчжурия). Из двухрядных - CI 9820 (США), CI 9819, CI 9825 Эфиопия) (табл 2).



Таблица 2. Агробиологическая характеристика сортообразцов ярового ячменя (средние данные за 2 года)

Сорт	Разновидность	Длина, см		Продуктивная кустистость, стеблей /раст.	Масса зерна, г		
		стебля	колоса		колоса	1000 зерен	растения
Многорядные сортообразцы							
Белогорский	Pallidum/ricotense	62.7	6.0	1.8	1.2	29.5	1.9
Diamond	ricotense	57.4	5.5	2.2	1.2	33.4	2.6
Tifang	Pallidum	72.9	6.1	2.0	1.2	34.1	1.9
CI 739	Pallidum	73.0	5.6	1.9	1.2	32.6	1.9
CI 5809	Pallidum	68.9	5.9	2.3	1.1	37.1	2.0
CI 7584	Pallidum	65.6	5.5	2.0	1.2	39.3	2.0
CI 4929	Pallidum	64.9	5.2	1.8	1.1	30.8	1.9
Двухрядные сортообразцы							
Криничный	Nutans	62.7	7.1	2.4	0.8	40.9	1.7
CI 9825	Dificiens	68.2	6.5	2.6	0.6	43.8	1.7
CI 9820	Dificiens	68.5	6.5	2.5	0.6	39.2	1.3
CI 9819	Dificiens	65.1	7.5	2.3	0.7	49.5	1.3

Все выделенные нами сортообразцы включены в гибридизацию с целью создания исходного материала ярового ячменя, устойчивого к сетчатой пятнистости.

## МОЖЕТ ЛИ БЫТЬ ЭПИФИТОТОЛОГИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ОСНОВОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ?

А.Ф.Зубков

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Вопросу в заголовке статьи предшествует другая: эпифитотиология - это новая междисциплинарная наука? Эти вопросы возникли перед научной общественностью после публикаций В.А.Чулкиной (1978,1991; Чулкина и др.,1981). Ею с соавторами изданы учебные пособия, где эпифитотиология настойчиво рекомендуется в качестве теоретической основы защиты сельскохозяйственных растений от всех вредных организмов (Чулкина и др.,1998, 2000). При этом в качестве прикладной составляющей "своей" эпифитотиологии В.А.Чулкина избрала агротехнический метод защиты растений (Чулкина, Чулкин,1995), требуя включить его и "эпифитотиологию" в учебный процесс сельскохозяйственных ВУЗов отдельными фундаментальными дисциплинами (Чулкина,2000). Ситуация требует предметного рассмотрения.

Теория защиты растений развивается благодаря освоению все новых областей фундаментальных наук, иницилируя образование соответствующих разделов. Так, в энтомологии существовал и существует раздел, связанный с изучением вредителей культурных растений, именуемый в учебной литературе как "сельскохозяйственная энтомология". В ботанике имеется раздел сеgetальной растительности, в геоботанике - агрогеоботаники и т.д. Эти сельскохозяйственные дисциплины одноименно представлены в защите растений соответствующими разделами наряду с собственными разделами (дисциплинами) по борьбе с вредными для растений объектами (агротехнического метода борьбы, биометода, химметода и др.).

Являясь прикладной междисциплинарной наукой, защита растений, тем не менее, в силу большого разнообразия

вредных объектов и способов борьбы с ними особой теоретической "защитной" дисциплины не имела и организовывалась, исходя из общей хозяйственной и экологической целесообразности. Теоретической основой защиты растений изначально служила идея борьбы с вредными организмами. Отсюда проистекает идиома "стратегия и тактика борьбы". Развитие методов и средств борьбы шло в ногу с развитием биологии, как бы в соответствии с познавательной концепцией о структурных уровнях организации биосистем - от борьбы на уровне отдельных организмов к управлению фитосанитарным состоянием на уровне агробиогеоценоза.

Нельзя сказать, что защита растений совсем не имела своих обобщенных теорий. По отдельным направлениям защиты растений или группам вредных объектов такие теории возникали в прошлом и существуют в настоящее время. В мониторинге - несколько общих теорий динамики численности популяций вредных насекомых, в фитопатологии - эпифитотический процесс, в иммунитете растений - теория консортных связей растения-хозяина с фитофагами, в биометоде - теория триотрофа (условная система "растение-фитофаг-энтомофаг") и др. Кроме того, с 1930-х годов в ВИЗР приоритетно развивалась агробиоценология. О ней в трудные времена вспоминали. В годы поднятия целины, например, когда вспышка размножения серой зерновой совки снижала почти до нуля и так невысокую урожайность на вновь освоенных землях. В период "химизации" и "интенсификации" сельскохозяйственного производства агробиоценология стала даже мешать, ибо служила немой (к сожалению, в буквальном смысле) укором

волонтаристским решениям в сельском хозяйстве.

Общетеоретической основой полеводства признана агроэкология. Более заметную теоретическую роль в защите растений, как показал Всероссийский съезд по защите растений (1995), стала играть агробиоэкология. Этому способствовало то обстоятельство, что к этому времени агробиоэкология из описательной превратилась в количественную агроэкологическую науку со своей методологией и методами изучения биоты сельскохозяйственных территорий - от комплексного воздействия на посев культурных растений всех вредных объектов до последствий влияния на биоту химических и других средств защиты растений. Единая субстанция в агробиоэкологии - потоки и круговорот вещества в целостной агроэкологической системе (агробиоэкологической). Кроме саморегулируемого биогеохимического круговорота в агробиоэкологической системе функционирует добавочный, отчасти управляемый человеком, круговорот биотических элементов (фитофагов и других вредных организмов вслед за основной кормовой культурой). Изучаются видовое разнообразие и принципы формирования агроэкологической системы, регулирования фитосанитарного их состояния путем организации интегрированной защиты растений. Агробиоэкология с ее разделом "агробиоэкологическая диагностика" развивает теоретические основы защиты растений на современном этапе развития сельскохозяйственной науки, включающей в обязательном порядке охрану естественной среды обитания человека.

Поэтому агробиоэкология и признана теоретической основой интегрированной защиты растений (Павлюшин, 1999). Защита растений вышла на экосистемный уровень исследований, включившись в изучение гетеротрофного звена продукционно-деструкционного процесса в агроэкологических системах, возводя тем самым защиту растений в целом в ранг фундаментальной науки естествознания. Более того, беря на себя трофодинамическую и энергетическую характеристику гетеротрофного уровня агроэкологической системы, защита растений завер-

шает полноту контроля за круговоротом вещества на пахотных землях. Способствует переходу всей сельскохозяйственной науки на экосистемный уровень, когда идеи адаптивного эколого-ландшафтного земледелия могут быть полностью реализованы.

Сказанное ни в коей мере не означает, что в защите растений не могут возникнуть и развиваться иные теоретические направления со своей методологией, методами исследований и содержанием.

В качестве одной из таких попыток можно привести теорию "новой эпифитотологии" как всеобъемлющей "теоретической основы интегрированной защиты растений", продвигаемой В.А.Чулкиной и изложенной наиболее полно в книге "Эпифитотология (экологические основы защиты растений)" (Чулкина и др., 1998). Она издана как учебное пособие для сельскохозяйственных вузов.

Книга (далее - учебное пособие) примечательна во многих отношениях. В ней затронуты различные понятия, концепции, дисциплины с определенной точки зрения авторов.

Такое в науке не редкость. Хороший тому пример - наука "трофология". Эта междисциплинарная наука объединяет все биосистемы - от клеточного до планетарного уровня, рассматривая все с одной позиции - закономерности питания (ассимиляции) организмов. Не меняя взгляды на мироустройство и не закрывая отдельные исторически сложившиеся научные дисциплины, она полезна ученым всех направлений в биологии.

В учебном пособии отправной точкой служит эпифитотический процесс. Его умозрительно можно представить в виде "горки", как любое массовое размножение любого вредного объекта в агроценозах - фитопатогена, фитофага, сорняка.

Мешает неverified терминология. Существует много общих терминов, применяемых в разных дисциплинах, и своеобразное толкование их, что имеет место в данном учебном пособии, только затрудняет понимание текста.

Из литературы известно, что эпифитотология - термин не новый. Это наука

об эпифитотиях - массовых, вызываемых фитопатогенами заболеваниями растений на больших территориях. Для вспышки эпифитотии необходимо соответствующее сочетание высоких паразитических свойств патогена, высокой восприимчивости растений к патогену и массового контакта паразита с хозяином. Эти факторы - предмет внимания эпифитотиологов. Течение болезни (эпифитотический процесс) включает начальную (предэпифитотийную) стадию заболевания (инфекционный процесс), состоящую из фаз заражения, латентного периода и проявления болезни на организменном уровне, и эпифитотийной стадии (Степанов, 1962). Это логично, ибо эпифитотия есть не что иное, как массовое проявление внутриорганизменных инфекционных процессов, когда болезнь затрагивает всю популяцию растений при переносе достаточного количества заразного начала. Эпифитотиология развивается по мере развития общей биологии и экологии, защиты растений и математического моделирования эпифитотийных процессов (Санин, 1998), оставаясь одновременно наиболее математизированным разделом фитопатологии.

Во второй половине XX века мощное развитие получили в биологии - популяционная биология, в экологии - экосистемология. К теории традиционной эпифитотиологии (как ботанического отдела эпидемиологии) не могло существенно прибавить открытие В.Д.Беляковым с коллегами явления внутренней регуляции эпидемического процесса (1983). Фитопатология подготовлена для адекватного восприятия этого явления. Работы отечественных фитопатологов-иммунологов содержат сведения о саморегуляции перестроечных процессов в популяциях патогенов и культурных растений на генетическом уровне (Левитин, 1986). К.М.Степанов еще в начале 1960-х годов писал: чтобы развилась эпифитотия в популяции культурного растения, должно возникнуть массовое состояние восприимчивости к заражению, а в популяции возбудителя болезни - массовое состояние высокой агрессивности и вирулентности. Он только считал, что это со-

стояние всецело "подготавливается воздействием среды" (Степанов, 1962, с.375).

Однако это открытие явления внутренней регуляции эпидемического процесса не было должным образом использовано авторами учебного пособия для объяснения эпифитотического процесса, хотя именно на теории эпифитотического процесса (ботаническом аналоге эпидемического процесса) делается попытка построения "новой эпифитотиологии" как теоретической основы защиты растений.

"Новая" эпифитотиология от традиционной, как ни вчитывайся, отличается принципиально только тем, что "новой" эпифитотиологией взяты под опеку не только фитопатогены, но и все другие вредные организмы, включая и сорные растения, влияющие на сельскохозяйственные растения (Чулкина и др., 1998).

Ранее В.А.Чулкина указывала в монографии среди возбудителей болезней растений клещей и насекомых, считая необходимым включить эти "две группы патогенных паразитов" в качестве объектов в эпифитотиологию, "как это сделано в эпидемиологии и эпизоотологии" (1991, с.11). Следует заметить, что, если в инфекционной патологии термин "патогенный паразит" имеет свой смысл, то в "экологической науке эпифитотиологии" называть все организмы второго трофического уровня, то есть фитофагов, паразитами (а в других местах книги - хищниками) некорректно\*. Паразитизму и хищничеству в общей экологии отводится следующее - более высокое звено пищевой цепи.

Объединительная методология и классификационные приемы в монографии В.А.Чулкиной (1991) подверглись критике. Не поддержано ее стремление свести всё многообразие закономерностей грибных, бактериальных и вирусных эпифитотий к единственной теории в связи с глубочайшими биологическими различиями между этими тремя группами возбудителей.

\*Иначе получается, что к патогенным паразитам следует отнести и всех людей с авторами вместе как растительноядных особей, а на Земле полыхает панфитотия, вызванная размножением рода человеческого. Если серьезно, то такое смешение понятий может привести и приводит в рассматриваемом учебном пособии к методологическим ошибкам.

Этиология заболеваний, вызванных тремя группами фитопатогенов, различна: грибы и бактерии взаимодействуют с растениями на трофическом уровне, а вирусы - и на генетическом (не доводя растение, как правило, до гибели) (Горленко, Чумаков, 1992).

И все-таки монографию В.А.Чулкиной (1991) можно рассматривать как продвижение в области эпифитотиологии. В монографии описаны многие инфекционные заболевания культурных растений применительно к условиям Западной Сибири, изложены результаты исследований по борьбе с ними.

Сузилась и уточнилась область эпифитотиологии. Как пишут авторы учебного пособия (Чулкина и др., 1998, с.13), "предметом эпифитотиологии был признан эпифитотический процесс, который проявляется в возникновении, течении и затухании болезней в популяциях растений. Эпифитотия же представляет собой лишь частное явление - одну из форм проявления эпифитотического процесса. Эти изменения во взглядах позволили разработать модель эпифитотического процесса и на ее основе системно рассматривать роль эволюционно-экологических факторов и условий окружающей среды на сезонную и многолетнюю динамику численности возбудителей и развитие болезней в агроэкосистемах (Чулкина, 1991)\*".

Методологическое продвижение состоит в переходе В.А.Чулкиной от схемы фитопатологического комплекса (растения-хозяева, патогены и окружающая среда) в виде треугольника Ван дер Планка (1966) к блок-схеме с включением трех групп факторов эпифитотического процесса - источника инфекции, передатчика инфекции и восприимчивого растения (Чулкина, 1991; /Чулкина и др., 1981; Чулкина, Чулкин, 1995) почему-то опять в виде треугольника в окончательном виде (Чулкина и др., 2000).

Особенно подчеркивается, что указанные факторы составляют внутреннюю сущность, главные причины возникновения и внутренние движущие силы развития эпифитотического процесса. На него

оказывают влияние еще внешние факторы - природные абиотические, природные биотические и антропогенные факторы. По-видимому, участие этих внешних факторов и есть те "изменения во взглядах", которые позволили автору "системно рассматривать роль эволюционно-экологических факторов" в развитии "болезней в агроэкосистемах", поскольку других добавлений не последовало.

Представления о фитотитотическом процессе были выверены В.А.Чулкиной с взглядами в инфекционной патологии (Гулий, Чулкина, 1981). Однако теория процесса не изменилась - так в общем виде представлялся эпифитотический процесс и ранее (Степанов, 1962). Так что взгляды В.А.Чулкиной на эпифитотический процесс, изложенные в монографии (1991) и в другом труде, к стати, полезном по агрономическому содержанию для практиков (Чулкина, Чулкин, 1995), ничем принципиальным не отличаются от традиционных.

Ничего нового не добавило и описание эпифитотического процесса в учебном пособии (Чулкина и др., 1998), как впрочем, и в следующей книге этих авторов (Чулкина и др., 2000\*). Появились непонятные замены. Так "источник инфекции" заменен на "источник воспроизводства". Может быть, имеется в виду "источник воспроизводителей"?

Остались не раскрытыми и прогресс, который "позволяет внести" в эпифитотиологию общая экология, и роль самих экологических факторов. Повисло в воздухе утверждение В.А.Чулкиной (1991, с.7), когда она, считая эпифитотиологию "составной частью фитопатологии", заявляет, что "эпифитотиология использует принципиально иной подход к изучению биологических систем, иную методологию, присущую науке экологического порядка".

---

\*Книга также определена как учебное пособие. С агрономической и защитной точек зрения полезна, на мой взгляд, только для состоявшихся агрономов и специалистов по защите растений, поскольку требует дополнительной классификации получаемых сведений. Положение в значительной мере исправлено в следующем учебном пособии (Чулкина и др., ч.1-3, 1991), которое может быть использовано как учебный унифицированный справочник.

Так можно ли считать изложенные В.А.Чулкиной фитопатологические воззрения "новой эпифитотиологией"? Выявить свидетельства в пользу положительного ответа на этот вопрос мне, к сожалению, не удалось.

В то же время эпифитотиология и в монографии В.А.Чулкиной (1991), и в учебном пособии (Чулкина и др., 1998) представлена как теоретическая основа интегрированной защиты растений, и, более того, "теоретической и практической основой управления фитосанитарным состоянием посевов и агроландшафтов" и системно-экологической идеологии защиты растений (1998, с.7-8).

Какие концепции разработаны В.А.Чулкиной с соавторами (1998), чтобы развить эпифитотиологию до уровня теоретической и идеологической основы защиты растений?

Теперь с точки зрения авторов "эпифитотический процесс представляет собой цепь непрерывных, следующих друг за другом заболеваний (патологических стрессов) популяции растений, вызываемых циркулирующей популяцией или сообщества вредных организмов в экосистемах" (1998, с.15). Вся квинтэссенция заключена в следующем положении. "Эпифитотический процесс возникает и развивается в результате взаимодействия сообщества популяций вредных организмов (биотических стрессоров) с популяцией растений во времени и пространстве" (1998, с.61). В качестве вредных организмов, как уже отмечалось, предстают уже не только паразитарные фитопатогены, но и животные-фитофаги, и сорные растения.

Прокомментирую эту позицию авторов следующим образом. Была на понятийном горизонте одна "горка" (вспышка размножения одного патогена), теперь - много "горок" (вспышек численности фитопатогенов и фитофагов, инвазии и разрастание сорных растений). Формальное сходство "горок" (массовых размножений вредных организмов из различных царств) - далеко недостаточный аргумент для построения новой междисциплинарной эпифитотиологии.

К тому же, далеко не всегда поражения и повреждения растений вредными организмами оканчиваются такими состояниями растения, которые можно назвать "патологическими стрессами". На межпопуляционном уровне даже смертельно опасные для части растений размножения насекомых полезны для растительного сообщества в целом. При поздней эпифитотии, как и запоздалом повреждении листьев фитофагами, часто повышается выход семенной продукции в популяции растений. Среди многообразия "горок" много таких, которые к патологическим процессам вообще не относятся.

Надо отметить, что в виде горок традиционно представляются циклы массового размножения любого вредного вида. По ним строятся прогнозы, например фазовый прогноз численности и популяционной динамики вредителей. Отсюда следует, что массовые размножения фитопатогенов, как и насекомых-фитофагов, подчиняются закономерностям, выявляемым популяционной экологией. С этой точки зрения эпифитотиология - часть популяционной экологии наряду с эпидемиологией, эпизоотологией, популяционной динамикой насекомых, а не наоборот. В то же время эпифитотический процесс наряду с динамикой численности вредных и полезных членистоногих, конкуренцией между культурными и сорными растениями органично входит в агробиоценологию в качестве одного из биоценологических процессов в агроэкосистеме и изучается в комплексе с другими биоценологическими связями.

Распространение эпифитотиологии не только на фитопатогены, но и на все виды организмов, которые нападают и влияют на культурные растения, само по себе ничего содержательного не прибавляет. Наоборот, исчезает всякая концепция эпифитотического процесса, который превращается в синоним абстрактного термина "взаимодействие" неизвестно каких структур, ибо на популяционном уровне сообщества вредных организмов не могут трофически взаимодействовать с популяцией культурного растения.

Популяция - генетическая структура.

На уровне целостных популяций виды не взаимодействуют. На трофическом уровне взаимодействуют непосредственно особи-организмы. Как известно, этиология поражения фитопатогеном растений и воздействие повреждений насекомыми на растения различны. И совсем отличимо взаимодействие растений с растениями (культурных с сорняками). Даже конкуренцию растений за питательные элементы специалисты предпочитают называть термином "интерференция", настолько эти отношения своеобразны.

Следовательно, эпифитотиология никак не подходит на роль объединительной дисциплины в защите растений.

Попытка авторов представить эпифитотиологию в качестве экологических основ защиты растений, как обозначено в названии учебного пособия (Чулкина и др., 1998), также не состоялась.

Ссылка из общей экологии много, однако, они к эпифитотической теме мало подходят. Ван дер Планк (1966) и И.Кранц (1979), цитируемые авторами, однозначно определяли эпифитотиологию как науку о взаимодействии патогена и хозяина на популяционном уровне. И блок-схема эпифитотического процесса, составленная В.А.Чулкиной (1991), основана на закрытости эпифитотического процесса, где экосистема - лишь внешний фактор. Согласно данной блок-схеме, повторенной и в учебном пособии, изучать влияние со стороны экосистемы на эпифитотический процесс можно, но изучать экосистему через посредство эпифитотического процесса нельзя, так как на блок-схеме нет обратных связей от эпифитотического процесса к природным факторам, нет путей воздействия эпифитотического процесса на то, что называется экосистемой.

Рассматриваются, перемешиваясь, две самостоятельные темы: попытка представить эпифитотиологию в качестве междисциплинарной науки, а также фрагментарно некоторые экологические аспекты применительно к защите растений.

Трудно найти единый подход, единую концепцию, создать новую науку, объединяющие разнохарактерную картину

взаимодействий с культурными растениями вредителей, фитопатогенов и сорняков. В эпифитотиологии В.А.Чулкиной нет признаков ни первого, ни второго, ни третьего. В качестве нового подхода авторы учебного пособия собираются объединить в эпифитотический процесс все вредные виды организмов, как они питают, на основе суммирования воздействия организмов на популяцию культурных растений. Суммирование воздействия - значит изучение влияния видов порознь. А это уже делается сотню лет в разных дисциплинах - фитопатологии, сельскохозяйственной энтомологии, гербологии.

Единый подход оценки воздействия комплекса вредных объектов на культурные растения в полевых условиях существует в агробиоценологии - это изучение эмерджентного ценотического взаимодействия особей или ценоцеек в элементарной экосистемке-агроценоконсорции. Не ассимилируя агробиоценологию (агроэкосистемную методологию, унифицированные полевые методики агробиоценологической диагностики, алгоритмы обработки эмпирического материала, а также ранее неизвестной содержательной части), трудно создавать новую теоретическую науку защиты растений.

В.А.Чулкина с соавторами старательно обходит агробиоценологию, которой как разделу защиты растений идет седьмой десяток лет. Не оттого ли ими принята самая упрощенная схема экосистемной структуры сельской природы? Ими упомянуты только учебные понятия, а объект-системы, реально существующие в природе, в которых происходит непосредственное взаимодействие живых объектов, не указаны или часто подменяются гносеологическим (познавательным) понятием "триотроф". С одной стороны, авторы пытаются реформировать традиционную эпифитотиологию до уровня новой всеобъемлющей теоретической науки по защите растений. При этом оснований ни методологических, ни методических, ни новосодержательных не обнаруживается. С другой стороны, авторы не знают или игнорируют существующую

науку агробиоценологию, на сферу деятельности которой претендуют. Последняя позиция авторов относится уже к иной - ненаучной сфере деятельности.

Однозначный вывод очевиден: нет осно-

ваний считать "новую" эпифитотиологию (Чулкина,1991; Чулкина и др.,1998,2000) общетеоретической междисциплинарной наукой - теоретической основой защиты растений.

#### Литература

Беляков В.Д. Проблема саморегуляции паразитарных систем и механизм развития эпидемического процесса. /Вестник АМН СССР, 5, 1983, с.3-9.

Ван дер Планк Я.Е. Болезни растений (эпифитотия и борьба с ними). М., 1966, 359 с.

Горленко М.В., Чумаков А.Е. Чулкина В.А. Биологические основы эпифитотологии, 1991. /Микология и фитопатология, 26, 6, 1992, 513-515.

Гулий В.В., Чулкина В.А. Об унификации терминологии в инфекционной патологии и эпифитотологии. /Науч.-техн. бюлл. СибНИИХим, 3 (37), 1980, с.3-6.

Кранц Й. Роль и область применения математического анализа и моделирования в эпифитотологии. /Эпифитотии болезней растений. М., 1979, 19-74 с.

Левитин М.М. Генетические основы изменчивости фитопатогенных грибов. Л., 1986, 208 с.

Павлюшин В.А. ВИЗР - 70 лет! /Защита и карантин растений, 6, 1999, с.16-20.

Санин С.С. Эпифитотология ржавчины зерновых культур: моделирование, мониторинг, контроль. Доктор. дисс. в виде научн.

доклада. М., 1998, 95 с.

Степанов К.М. Грибные эпифитотии. М., 1962, 472 с.

Чулкина В.А. Закономерности развития обыкновенной гнили и обособование интегрированной защиты зерновых культур от нее в эколого-географических зонах Сибири. Автореф. докторской дисс., Л., 1978, 40 с.

Чулкина В.А. Биологические основы эпифитотологии. М., 1991, 287 с.

Чулкина В.А. Экологическое образование будущих агрономов. /АГРОХХI, 11, 2000, с.23.

Чулкина В.А., Чулкин Ю.И. Управление агроэкосистемами в защите растений. Новосибирск, 1995, 202 с.

Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. "Эпифитотология (экологические основы защиты растений)". Новосибирск, 1998, 226 с.

Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Чулкин Ю.И., Стецов Г.Я. Агротехнический метод защиты растений (экологически безопасная защита растений). Учебное пособие. М., 2000, 335 с.

Чулкина В.А., Медведчиков В.М., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Воробьев В.И. Фитосанитарная оптимизация растениеводства в Сибири. Новосибирск, 2001, ч.1 136 с., ч.2 192 с., ч.3. 196 с.



**ПЕРВАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО ИММУНИТЕТУ РАСТЕНИЙ К БОЛЕЗНЯМ И ВРЕДИТЕЛЯМ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 300-летию САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

В Санкт-Петербурге (Павловск - Пушкин), в соответствии с планом мероприятий РАСХН, со 2 по 8 июля 2002 г. прошла Первая всероссийская конференция по иммунитету растений к болезням и вредителям.

Санкт-Петербург является городом, где в 1920-е годы великим ученым академиком Н.И.Вавиловым были заложены основы учения об иммунитете растений. Именно в Ленинграде были написаны его основные труды, многие из которых посвящены проблемам иммунитета растений к болезням и вредителям. Им впервые сформулирована теория сопряженной эволюции растения-хозяина и патогена и научно обоснована структурная организация иммунитета растений к различным видам патогенов и вредителей. Последователи Н.И.Вавилова (академик П.М.Жуковский и др.) регулярно проводили Всесоюзные совещания по проблемам иммунитета, отдавая дань уважения гениальному ученому. Продолжая традиции выдающихся ленинградских ученых, РАСХН, Всероссийский НИИ защиты растений, Всероссийский институт растениеводства им. Н.И.Вавилова, Северо-западный научно-методический центр выступили с инициативой провести Всероссийскую конференцию в период празднования юбилея города. Проведение в Санкт-Петербурге вышеуказанной конференции - дань уважения городу и его ученым. По решению губернатора В.А.Яковлева и Комитета по науке и высшей школе Администрации Санкт-Петербурга конференция была включена в план общегородских мероприятий, посвященных 300-летию Санкт-Петербурга.

На конференции обсуждались актуальные вопросы экологии сельского хозяйства, в частности новые подходы к

созданию и использованию в производстве устойчивых к болезням и неповреждаемых вредителями сортов сельскохозяйственных культур. При этом особое внимание было уделено механизмам иммунитета, генетике, новым современным методам селекции растений, основанным на использовании современных достижений генетики и геномной инженерии.

В конференции участвовало 240 специалистов из 47 учреждений России, Белоруссии, Украины, Латвии, Казахстана, Чехии, Германии, Финляндии, США.

На конференции работало пять секций и два симпозиума. Секции: общие вопросы иммунитета растений к болезням и вредителям (председатели: академик РАСХН В.С.Шевелуха, чл.-корр. РАСХН В.А.Павлюшин); паразит-хозяинные отношения и механизмы иммунитета (председатели: д.с.-х.н., проф. Н.А.Вилкова, к.с.-х.н. А.А.Макаров); генетика иммунитета и изменчивость популяций патогенов и вредителей (председатели: д.б.н., проф. Ю.Т.Дьяков, д.б.н. О.С.Афанасенко); индуцированный иммунитет (председатели: д.б.н., проф. С.Л.Тютюрев, д.б.н. В.П.Варламов); генетические ресурсы устойчивости и достижения селекции в создании устойчивых к болезням и вредителям сортов сельскохозяйственных культур (председатель д.б.н., проф. В.Г.Иващенко). Симпозиумы: "Интегрированная защита растений и устойчивые сорта" (председатели: акад. РАСХН М.С.Соколов, акад. РАСХН К.В.Новожилов; международный симпозиум "Современные проблемы устойчивости зерновых культур к болезням" (председатели: проф. Б.Стеффенсон (США), проф. В.Цинкернагель (ФРГ), акад. РАСХН М.М.Левитин (Россия).

Современное состояние проблемы им-

мунитета и его значение в фитосанитарной оптимизации растениеводства было представлено в докладе В.А.Павлюшина, Н.А.Вилковой и О.С.Афанасенко (ВИЗР). Специфические фитоценоотические функции иммунитета сельскохозяйственных культур были рассмотрены с трех позиций: 1) селекционно-генетической, предполагающей «конструирование» комплексно-устойчивых генотипов сельскохозяйственных культур, способствующих биоценоотической устойчивости агроэкосистем; 2) онтогенетической – обоснование путей, приемов и средств целенаправленного управления иммуногенезом в процессах роста и развития растений; 3) экологической, предполагающей обоснование стратегии и тактики использования устойчивых форм растений при «конструировании» адаптивных агробиоценозов, агроландшафтов и разработке экологизированных систем защиты растений.

Эколого-генетические проблемы иммунитета растений рассматривались в докладе директора ВИР, акад. РАСХН В.А.Драгавцева. Особое внимание было уделено проблеме полигенной устойчивости растений к болезням и ее проявлению в различных экологических условиях.

Успехи и перспективы селекции сельскохозяйственных культур на устойчивость к болезням и вредителям были представлены как на пленарном, так и на секционных заседаниях конференции. Многолетние результаты использования "чужеродных генов" в селекции пшеницы на устойчивость к патогенам были представлены в докладе проф. В.А.Крупнова (НИИСХ Юго-Востока). Обсуждению проблемы современного состояния отечественной селекции кукурузы на устойчивость к вредным организмам и засухе был посвящен доклад акад. РАСХН В.С.Сотченко (ВНИИ кукурузы), проф. В.Г.Иващенко (ВИЗР) и др.

Проблемам создания, испытания и перспективам использования генномодифицированных сортов сельскохозяйственных культур были посвящены доклады акад. РАСХН В.С.Шевелухи и директора Института защиты растений проф. С.Прушински (Польша).

В докладе С.Ф.Багировой и Ю.Т.Дьякова "Реакция сверхчувствительности - апоптоз и/или некроз?" было показано, что открытие структурной гомологии протеинов - продуктов генов устойчивости растений и апоптозных адапторов АРАФ-1, CED-4, Nod1 у животных послужило веским подтверждением роли апоптоза в устойчивости растений. Апоптоз и некроз реакции сверхчувствительности растений могут индуцироваться последовательно или одновременно одними и теми же индукторами и компонентами сигнальных систем.

Проф. Э.А.Власова (СПГАУ) осветила проблему преподавания фитоиммунитета в системе высшего образования.

Большое внимание было уделено физиолого-биохимическим механизмам неспецифической устойчивости растений к вредителям и возбудителям заболеваний и возможности их использования в селекции основных сельскохозяйственных культур на групповую и комплексную устойчивость (А.А.Макаров и др. (ВНИИФ); Г.И.Кобыльский, Г.В.Кобыльская (СНИФС); И.В.Максимов и др. (Институт биохимии и генетики УНЦ РАН); Н.А.Вилкова, Л.И.Нефедова, О.В.Иванова, Т.М.Юсупов (ВИЗР). Ряд докладов был посвящен результатам разработки и использования фотометрического (А.П.Дмитриев, И.С.Лискер (ВИЗР) и лазерного методов (А.В.Будаговский и др. (ВНИИ садоводства им. И.В.Мичурина) для диагностики возбудителей болезней и определения устойчивости растений.

На конференции широко обсуждалась проблема популяционной изменчивости фитопатогенов и вредителей в агроценозах основных сельскохозяйственных культур и связанная с ней стратегия селекции сортов зерновых культур с продолжительной устойчивостью. Материалы по исследованию популяций облигатных и гембиотрофных патогенов зерновых культур были представлены в докладах Е.Д.Коваленко и др. (ВНИИФ); Г.В.Волковой (ВНИИБМЗР), О.С.Афанасенко, Л.А.Михайловой и Е.И.Гультовой (ВИЗР). Особое внимание было уделено современному состоянию исследований популяций возбудителя фитофтороза

картофеля (С.Н.Еланский и др. (СХА им. К.А.Тимирязева, МГУ, ВНИИФ), А.В.Филиппов и др. (ВНИИФ), М.В.Патрикеева (ВИЗР)). В.Г.Иванюк и В.И.Калач (Белорусский НИИ картофелеводства) доложили результаты изучения популяций *Rhizoctonia solani* в Белоруссии.

Внутривидовая изменчивость популяций насекомых вредителей в связи с устойчивостью растений-хозяев обсуждалась в докладах А.Б.Верещагиной и С.Р.Фасулати (ВИЗР).

Особенный интерес вызвало обсуждение вопросов генетической природы длительной устойчивости растений к патогенам и вредителям (И.Г.Одинцова и др. (ВИР)) и генетического разнообразия устойчивости растений к патогенам (И.Ф.Лапочкина и др. (НИИСХЦРНЗ), М.Койшибаев и др. (Казахский НИИ защиты растений), Л.Г.Тырышкин (ВИР)).

Исследования по индуцированному иммунитету являются в настоящее время одним из приоритетных направлений в защите растений. На конференции было отмечено, что в России трудами И.А.Тарчевского, Л.В.Метлицкого, О.Л.Озерецковской, Ю.Т.Дьякова, С.Л.Тютерева была создана фундаментальная база для развития исследований в этом направлении. Изучением механизмов индуцированной устойчивости занимаются в Москве, Петербурге, Казани, Уфе. В докладе И.В.Максимова и др. (Институт биохимии и генетики УНЦ РАН) были приведены данные, свидетельствующие об участии анионных пероксидаз, специфичных к хитину, в регуляции уровня хитоолигосахаридных элиситоров.

Ряд докладов был посвящен путям и средствам повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к болезням и вредителям в процессе роста и развития растений. Особое внимание было уделено индукции устойчивости растений веществами биогенной и абиогенной природы (С.Л.Тютерев (ВИЗР); С.В.Немцев и др. (Центр "Биоинженерия" РАН); А.Мацковяк, Г.Поспешны (ИЗР, Польша); А.И.Гамзаде и др. (ИНЭОС РАН, ВИЗР); А.И.Кульнев, Е.А.Соколова

(ЗАО агропромышленная компания "Гинкго", ВНИИФ)). Было отмечено, что к настоящему времени начинает складываться ассортимент индукторов устойчивости, разрешенных к использованию в растениеводстве: нарцисс, фитохит, иммуноцитифит, биохит и др.

Значительное число докладов было посвящено изучению исходного материала и результатам селекции основных сельскохозяйственных культур на устойчивость к болезням и вредителям: яровой и озимой пшеницы (И.Б.Аблова (КНИИСХ им. П.П.Лукьяненко), М.Койшибаев (Казахский НИИ защиты растений)), ячменя (В.А.Горшкова, Л.А.Ершова (НИИСХ им. В.В.Докучаева)), ржи (В.Д.Кобылянский, О.В.Солодухина (ВИР)), овса (И.Г.Лоскутов (ВИР); Т.П.Градобоева и М.В.Тулякова (Фаленская селекционная станция)), картофеля (С.Д.Киру (ВИР); В.А.Колобаев (ВИЗР)), подсолнечника (Т.Г.Силка и др. (Вейделевский научно-производственный СХИ селекции и семеноводства подсолнечника, ВИЗР)), овощных культур (А.Н.Самохвалов и др. (ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур)), сахарной свеклы (Н.В.Роик, А.К.Нурмухаммедов (Институт сахарной свеклы Украинской ААН)), льна (Л.Н.Павлова, А.Н.Марченков (ВНИИ льна)), земляники (Н.Д.Романенко, И.В. Попова (Институт паразитологии РАН)). Обоснованию стратегии и тактики использования устойчивых форм растений при разработке экологизированных систем интегрированной защиты растений был посвящен специальный симпозиум. В докладе акад. К.В.Новожилова (ВИЗР) была обсуждена актуальная проблема экологической избирательности действия инсектицидов и некоторых других пестицидных ксенобиотиков на вредные и полезные виды фауны членистоногих в агробиоценозах. Материалы о роли устойчивых сортов в интегрированной защите зерновых культур были представлены в докладах С.Ф.Буга и др. (БелНИИ защиты растений), М.Койшибаева и др. (Казахский НИИ защиты растений); картофеля - В.И.Калач и В.Г.Иванюк (Белорусский НИИ картофелеводства).

Вопросам разработки экологически малоопасной системы интегрированной защиты овощных культур открытого грунта был посвящен доклад Б.П.Асякина (ВИЗР).

Международный симпозиум "Современные проблемы устойчивости зерновых культур к болезням" был посвящен наиболее актуальным вопросам иммунитета злаковых культур к болезням. В частности, были рассмотрены методологические вопросы селекции пшеницы и ячменя к фузариозу колоса (Б.Стеффенсон, США). Высокая вредоносность данного заболевания и загрязненность зерна токсинами на территории России и Финляндии была показана в докладах Т.Ю.Гагкаевой, М.М.Левитина и др. (Россия), а также Т.Ули-Матила и др. (Финляндия, Россия). Б.Стеффенсон представил данные о потерях урожая в США от фузариоза колоса за 1998-2000 гг. в размере 103 миллионов долларов. Из более 8000, изученных в США сортов и образцов пшеницы и ячменя, только 27 (~0.3%) поражались меньше чем на 30%.

Проблемам длительной устойчивости зерновых культур к болезням и вредителям был посвящен доклад И.Г.Одинцовой с соавторами (Россия); механизмам индукции защитных реакций растений к облигатным паразитам - доклады Ю.М.Плотниковой и Ф.М.Эсьюбел (США), а также Т.Смирновой (Россия)

В серии докладов (О.С.Афанасенко и др., Н.В.Мироненко и др., О.Маннинен и др. (Россия, Германия, Финляндия)) были представлены результаты совместных исследований молекулярно-генетических аспектов взаимоотношений в системе паразит - хозяин на примере *Pyrenophora teres* - *Hordeum vulgare*. Авторами был проведен параллельный генетический анализ устойчивости ячменя к различным изолятам возбудителя сетчатой пятнистости и вирулентности патогена. Представлены данные по молекулярному картированию генов вирулентности гриба.

Усиление вредоносности желтой пятнистости пшеницы на территории России и Западной Европы обусловило необхо-

димость изучения взаимоотношений в системе *Pyrenophora tritici-repentis* и пшеницы (Л.А.Михайлова и др. (Россия, Германия)). В докладе А.Шедера и В.Цинкернагеля (Германия) были представлены результаты изучения вредоносности, симптоматики и эпидемиологии рамуляриоза ячменя - новой болезни, получившей широкое распространение в Западной Европе.

Новым методам и результатам исследования популяций возбудителя мучнистой росы ячменя на территории Европы был посвящен доклад А.Драйсайтла (Чехия). Автором была показана динамика генов вирулентности патогена в зависимости от генетики устойчивости возделываемых сортов.

Проблеме устойчивости ржи к бурой ржавчине, локализации генов устойчивости к этой болезни на хромосомах с использованием изосимных маркеров был посвящен доклад А.П.Дмитриева и др. (Россия); эффективности известных генов устойчивости ячменя к возбудителю ринхоспориоза - доклад О.С.Брискиной (Россия); оценке исходного материала ячменя и пшеницы и использования его в селекции устойчивых сортов - доклады С.Калининой и М.Блейдере (Латвия).

В целом круг затронутых на симпозиуме проблем и методов их решения характеризует современное состояние исследований по наиболее актуальным проблемам устойчивости зерновых культур к патогенам.

В заключение хочется отметить активизацию научных исследований в России по проблеме иммунитета растений к болезням и вредителям. Представленные на конференции материалы свидетельствуют о прогрессе в исследованиях в области иммунитета растений и многостороннем изучении явлений устойчивости сельскохозяйственных культур к различным видам патогенов и вредителей. С удовлетворением отмечаем большой интерес исследователей к вопросам групповой и комплексной устойчивости растений к болезням и вредителям. В то же время приходится констатировать, что только в единичных докладах были за-

тронуты фундаментальные проблемы иммунитета растений к болезням, в частности механизмы устойчивости, молекулярно-генетические аспекты взаимоотношений в системе хозяин-патоген и др. Причиной является недостаточная материально-техническая база для проведе-

ния подобных исследований в большинстве учреждений РАСХН. Однако представленные материалы свидетельствуют, что для многих сельскохозяйственных культур разработана методологическая и методическая база для селекции сортов с групповой и комплексной устойчивостью.

*В.А.Павлюшин, Н.А.Вилкова, О.С.Афанасенко*

## Содержание

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПОЛЕЗНЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ. <i>В.Ф.Зайцев, Е.С.Сугоняев</i>	3
ВОЗМОЖНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЮВЕНОИДОВ И ХИЩНОГО КЛОПА <i>ORNIUS LAEVIGATUS</i> (FIEB.) (HETEROPTERA, ANTOCORIDAE) ПРОТИВ КАЛИФОРНИЙСКОГО ТРИПСА <i>FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS</i> (PERG.) (THYSANOPTERA, THRIPIDAE). <i>В.Н.Буров, О.И.Колодяжский, Е.А.Степаньчева, А.В.Щеникова</i>	10
БИОХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РЕЗИСТЕНТНОСТИ У ОТСЕЛЕКТИРОВАННЫХ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ДИМЕТОАТУ ЛИНИЙ ОБЫКНОВЕННОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩА. <i>И.А.Тулалева, О.В.Сундужков</i>	15
ВЫЯВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО К СТЕБЛЕВОМУ МОТЫЛЬКУ И ДРУГИМ ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ ГЕНОФОНДА КУКУРУЗЫ УКРАИНЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ. <i>Д.С.Переверзев</i>	24
ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОСАНИТАРНОЙ ОБСТАНОВКИ В АГРОЦЕНОЗЕ ТАБАЧНОГО ПОЛЯ. <i>О.Д.Филипчук</i>	30
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПШЕНИЧНОЙ МУХИ <i>RHOVIA SECURIS TIENSUU</i> (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE) К ИНСЕКТИЦИДАМ. <i>А.Г.Махоткин, В.А.Павлюшин</i>	34
МЕТОД УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД В ПОЧВЕ ПУТЕМ ВЫЛОВА НА ПРИМАНОЧНОЕ НАСЕКОМОЕ. <i>Г.Е.Сергеев, Л.Г.Данилов</i>	38
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ВИРОИДА ВЕРЕТЕНОВИДНОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ. <i>Л.В.Солянкина</i>	46
ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИРУСА ЖЕЛТОЙ КАРЛИКОВОСТИ ЯЧМЕНЯ С ПОМОЩЬЮ ИММУНОФЕРМЕНТНОГО АНАЛИЗА. <i>Т.Б.Кастальева, К.А.Можалева</i>	49
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВРЕДНОСТИ БОЛЕЗНЕЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ. <i>Ю.А.Стрижекозин</i>	53
<b><u>Краткие сообщения</u></b>	
ВИДОВОЙ СОСТАВ ПАУКОВ И ИХ РОЛЬ В ОГРАНИЧЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ ВРЕДИТЕЛЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ И НЕОБРАБАТЫВАЕМОМ ИНСЕКТИЦИДАМИ ВИНОГРАДНИКАХ. <i>Д.В.Дергачев</i>	59
СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ - ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ. <i>Т.Н.Радюкевич, Н.В.Иванова, О.С.Афанасенко</i>	63
<b><u>Научные дискуссии</u></b>	
МОЖЕТ ЛИ БЫТЬ ЭПИФИТОТИОЛОГИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ОСНОВОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ? <i>А.Ф.Зубков</i>	6
<b><u>Хроника</u></b>	
ПЕРВАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ИММУНИТЕТУ РАСТЕНИЙ К БОЛЕЗНЯМ И ВРЕДИТЕЛЯМ, ПОСВЯЩЕННАЯ 300-ЛЕТИЮ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА. <i>В.А.Павлюшин, Н.А.Вилкова, О.С.Афанасенко</i>	7
	3

## CONTENTS

A SPECIES DIVERSITY AND THE PROBLEM OF BENEFICIAL INSECT TAXONOMY IN AGROECOSYSTEMS. <i>V.F.Zaytsev, E.S.Sugonyaev</i>	3
THE POSSIBILITY TO COMBINE JUVENONDS WITH PREDATORY BUG <i>ORIU</i> <i>LAEVIGATUS</i> (FIEB). (HETEROPTERA, ANTOCORIDAE) FOR CONTROL OF WESTERN FLOWER THRIPS <i>FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS</i> (PERG). (THYSANOPTERA, THRIPIDAE). <i>V.N.Burov, O.I.Kolodyazhnyi, E.A.Stepanycheva, A.V.Shchenikova</i>	10
THE BIOCHEMICAL MECHANISM OF RESISTANCE IN RED SPIDER MITE LINES SELECTED BY RESISTANCE TO DIMETOATE. <i>I.A.Tulaeva, O.V.Sundukov</i>	15
ISOLATION OF CORN GENOME RESISTANT TO THE EUROPEAN CORN BORER <i>OSTRINIA NUBILALIS</i> AND OTHER PEST ORGANISMS IN UKRAINE AND ADJACENT COUNTRIES. <i>D.S.Pereverzev</i>	24
CHANGE OF PHYTOSANITARY SITUATION IN AGROCENOSIS OF A TOBACCO FIELD. <i>O.D.Filipchuk</i>	30
SUSCEPTIBILITY OF THE WHEAT FLY <i>PHORBIA SECURIS</i> TIENSUU (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE) TO INSECTICIDES <i>A.G.Makhotkin, V.A.Pavlyushin</i>	34
METHOD OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES (STEINERNEMATIDAE AND HETERORHABDITIDAE) MONITORING IN SOIL BY TRAPPING THEM ON A BAIT INSECT. <i>G.E.Sergeev, L.G.Danilov</i>	38
A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT DIAGNOSTIC METHODS OF POTATO SPINDLE TUBER VIROID. <i>L.V.Solyankina</i>	46
OPTIMIZATION OF PROCEDURE OF BARLEY YELLOW DWARF VIRUS IDENTIFICATION USING IMMUNOFERMENTATION ANALYSIS. <i>T.B.Kastal'eva, K.A.Mozhaeva</i>	49
THE METHODS FOR ESTIMATING THE HARMFULNESS OF CEREAL DISEASES AND OPTIMIZING DECISION ADOPTION ON CHEMICAL PROTECTION. <i>Yu.A.Strizhekozin</i>	53
<b><i>Brief Reports</i></b>	
SPECIES COMPOSITION OF SPIDERS AND THEIR ROLE IN RESTRICTION OF NUMBER OF PESTS IN INDUSTRIAL AND UNTREATED BY INSECTICIDES VINEYARDS. <i>D.V.Dergachev</i>	59
SELECTION VALUE OF SAMPLES OF SUMMER BARLEY AS SOURCES OF RESISTANCE TO SEPTORIOSIS IN NORTHWEST REGION OF RUSSIA. <i>Radyukevich, N.V.Ivanova, O.S.Afanasenko</i>	63
<b><i>Scientific discussions</i></b>	
CAN EPIPHYTOTIOLOGY BE THE THEORETICAL BASIS OF PLANT PROTECTION? <i>A.F.Zubkov</i>	66
<b><i>Chronicles</i></b>	
THE FIRST ALL-RUSSIAN CONFERENCE ON PLANT IMMUNITY TO DESEASES AND PESTS, DEVOTED TO 300-ANNIVERSARY OF ST.-PETERSBURG. <i>V.A.Pavlyushin, N.A.Vilkova, O.S.Afanasenko</i>	73

## ОБЪЯВЛЕНИЕ

С 1 июля 2002 г. ВИЗР организует прием заявок на журнал "Вестник защиты растений". Периодичность издания три выпуска в год.

Рассылка наложенным платежом. Цена одного номера 40 руб. без стоимости почтовой пересылки и НДС.

Наш адрес: 196608, Санкт-Петербург, Пушкин-8, а/я 165, тел./факс (812) 470-04-38.

### **Замеченные опечатки**

В статье Г.Л.Харченко и Т.А.Рябчинской "Перспективный микробиологический препарат планриз для защиты черной смородины от болезней" (Всероссийский НИИ защиты растений МСХП РФ, Воронежская область) по вине редакции допущена опечатка. На странице 61 на рисунке 2 обозначения кривых (1) и (3) следует поменять местами. Редакция приносит свои извинения авторам и читателям.

---

Научное издание  
RIZO-печать  
ООО "ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ" ВИЗР  
Лицензия ПЛД № 69-253 от 5 июня 1998 г.  
Подписано к печати 31 января 2002 г. Тираж 360 экз.