

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК  
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

ISSN 1727-1320

# ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

  
PLANT PROTECTION NEWS

3

Санкт-Петербург - Пушкин  
2005

# 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.Н.Власенко,  
В.И.Долженко,  
Ю.Т.Дьяков,  
А.А.Жученко,  
В.Ф.Зайцев,

В.А.Захаренко,  
А.А.Макаров,  
В.Н.Мороховец,  
В.Д.Надыкта,  
К.В.Новожилов,  
В.А.Павлюшин,  
С.Прушински (Польша),

А.С.Ремезов,  
С.С.Санин,  
К.Г.Скрябин,  
М.С.Соколов,  
С.В.Сорока (Белоруссия),  
Д.Шпаар (Германия)

## Редакционная коллегия

О.С.Афанасенко, В.Н.Буров,  
Н.А.Вилкова, К.Е.Воронин,  
Н.Р.Гончаров, И.Я.Гричанов,  
Л.А.Гуськова, А.П.Дмитриев,

А.Ф.Зубков, М.М.Левитин,  
Н.Н.Лунева, А.К.Лысов, Г.А.Наседкина,  
Д.С.Переверзев (секретарь), Н.Н.Семенова,  
Г.И.Сухорученко, С.Л.Тютюрев

## Редакция

А.Ф.Зубков (зав. редакцией),  
С.Г.Удалов, И.А.Белоусов, Т.А.Тильзина

Россия, 196608, Санкт-Петербург-Пушкин,  
шоссе Подбельского, 3, ВИЗР  
E-mail: vizrspb@mail333.com

ISSN 1727-1320

©Всероссийский институт защиты растений (ВИЗР)

# СТРАТЕГИЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ОТ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ-ФИТОФАГОВ НА ПРИМЕРЕ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

Н.А.Вилкова, Г.И.Сухорученко, С.Р.Фасулати

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

В статье приведены материалы по формированию вторичного ареала колорадского жука в процессе его продолжающейся экспансии на территории евразийского континента и по адаптивной изменчивости вредителя в разных почвенно-климатических зонах. Предложена стратегия борьбы с этим адвентивным видом в зависимости от временных этапов его биологической инвазии.

Усовершенствование систем защиты сельскохозяйственных культур от вредителей в целях повышения их экологической безопасности является в настоящее время одной из важнейших народнохозяйственных, социальных и природоохранных проблем. Это в первую очередь актуально по отношению к наиболее экологически пластичным (эврибионтным) видам сельскохозяйственных вредителей, склонным к массовым размножениям и территориальным экспансиям, то есть к биологическим инвазиям с последующей адаптацией «вида-вселенца» (чужеродного для экосистем данного региона), имеющего инвазионным или **адвентивным** видом, в новой для него местности (Алимов, Богуцкая, 2004). Инвазии различных видов живых организмов вызываются, как правило, антропогенными причинами, связанными с интенсификацией хозяйственной деятельности человека в последнее столетие, и признаются ведущими факторами антропогенного преобразования природных экосистем в искусственные агроэкосистемы. Следствием биологической инвазии вредоносного адвентивного вида помимо расширения его ареала является трансформация соответствующих агроэкосистем в целом, приводящая к их структурно-функциональной дезинтеграции.

Согласно современным представлениям об основных закономерностях протекания биологических инвазий, процесс освоения адвентивным видом новых для него экосистем-«реципиентов» - это про-

цесс адаптациогенеза, содержанием которого является преодоление различных абиотических и биотических барьеров и, соответственно, поэтапное прохождение нескольких стадий или фаз, обобщенно составляющих следующий ряд: «вселение - натурализация - интеграция» (Алимов, Богуцкая, 2004). В этом ряду рассматривают:

- фазу преодоления адвентивным видом географического барьера (вселение);
- фазу освоения им абиотических и биотических особенностей нового биотопа (акклиматизация);
- фазу образования адвентивным видом постоянных самовоспроизводящихся популяций на вновь заселенной им территории (натурализация);
- фазы освоения адвентивным видом нарушенных и естественных экосистем во всей области инвазии (интеграция).

Отличительной особенностью зон инвазии большинства адвентивных видов насекомых-фитофагов в первые фазы их адаптации является практическое отсутствие их специализированных и многоядных энтомофагов и энтомопатогенов. Это создает неполную (укороченную) пищевую цепь и тем самым снижает эффективность биоценологической регуляции в экосистемах-«реципиентах» (Ушатинская, 1981; Вилкова и др., 2001). Позднее натурализовавшийся адвентивный вид включается (интегрируется) в трофические цепи экосистемы и во все связанные с ними потоки вещества, энергии и информации. Он, таким обра-

зом, становится постоянным компонентом консорциев биоценоза, где устанавливается подвижное равновесие его численности. Важно иметь в виду, что описанный процесс, особенно на этапах акклиматизации и натурализации, неизбежно сопровождается высокими темпами микроэволюционных изменений генетической и фенотипической структуры популяций адвентивного вида в зоне инвазии (вторичном ареале) по сравнению с их состоянием в его историческом (первичном) ареале, поскольку в подобных случаях всегда имеет место изменение экологических условий обитания вида. В связи с этим отмечается, что к натурализации и интеграции в «экосистемах-реципиентах» зоны инвазии адвентивного вида способны только экологически пластичные виды-вселенцы, обладающие достаточной широтой адаптивного потенциала (Алимов, Богуцкая, 2004).

Одним из наиболее ярких и общеизвестных примеров видов-вселенцев является колорадский жук *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae), для которого характерны все перечисленные выше закономерности биологических инвазий и приспособительной микроэволюции адвентивных видов. Это первоначально чужеродный, адвентивный вид для агробиоценозов любой из зон массового возделывания картофеля, баклажана и томата в Северном полушарии теперь обитает в них постоянно. Среди фитофагов культурных растений этот вредитель, безусловно, занимает особое место. Стремительное освоение им новых территорий и многократное нарастание его численности классифицируются как уникальный по своим масштабам и последствиям «экологический взрыв» (Тишлер, 1971; и др.). Энергия этого взрыва, начавшегося в 1859 г. в Северной Америке и сопровождающегося территориальной экспансией с переселением вида в Евразию, не ослабевает и в наши дни несмотря на комплекс карантинных, профилактических и истребительных мер, предпринимавшихся с 1875 г. во всех странах, куда впоследствии проник

вредитель.

В формировании современного ареала колорадского жука выделяются этапы его расселения в Северной Америке до достижения вредителем побережья Атлантики (1859-1880 гг.) и этапы формирования вторичного ареала вида в Евразии, включающие периоды распространения жука в Западной Европе (с 1922 г.), на территории европейских частей бывшего СССР до южных границ Ленинградской области на севере и предгорий Южного Урала на востоке (1956-1977 гг.), и, наконец, распространение вида в Азии начиная с моментов его появления в Турции с 1965-68 гг. и за Уралом (Западная Сибирь, Казахстан, Средняя Азия) с 1978-1980 гг. (рис. 1). Подсчитано, что средняя скорость распространения жука на восток за весь 145-летний период его экспансии на обоих континентах стабильно составляла 100-200 км в год и несколько меньше - при продвижении на север и юг (Ушатинская, 1981; и др.), а общий ареал вида по сравнению с первоначальной зоной его обитания на географической родине, то есть с историческим ареалом, увеличился к 1990 году в 2500 раз (Hare, 1990) и продолжает расширяться. Так, в последние 15 лет имело место новое значительное продвижение колорадского жука на север и восток в его вторичном, евразийском ареале, в результате чего в России в наши дни (после 1998 г.) вредитель уже обитает на севере во многих районах Архангельской области, Карельской и Коми республик, на востоке он достиг Енисея в Хакасии и на юге Красноярского края, завезен в Бурятию и Приморский край (Фасулати, Вилкова, 2000; Глез, Черкашин, 2002; Фасулати, 2002, 2004), а в зарубежной Азии расселился в Иране и проник в Китай. Важно обратить внимание (рис. 1), что граница сплошного ареала колорадского жука в европейской части России лежит уже значительно, на 200-400 км, севернее всех ранее прогнозировавшихся пределов (Злотников, 1967; Будин, Власова, 1977; Ушатинская, 1981), что лишь подчеркивает действительную широту

адаптивного потенциала этого вида. Одновременно отмечено обострение экологической ситуации с вредителем во многих других зонах картофелеводства и овощеводства России и сопредельных государств бывшего СССР, где заселенность жуком посадок картофеля достигает 100% площадей, а вызываемые им потери урожая клубней даже при проведении защитных мероприятий нередко достигают 30% (Азизбекян, 2000; Павлюшин, 2000).

Отмечается, что столь крупный «экологический взрыв» распространения колорадского жука стал возможным благодаря изначальной эврибионтности этого фитофага, связанной с его широкой экологической пластичностью, эволюционно сложившейся в специфических условиях формирования данного биологического вида (Ушатинская, 1981).

Известно, что колорадский жук *L. decemlineata* Say - один из 48 видов листоедов филогенетически молодого рода *Leptinotarsa*, которые обитают в засушливых и полусушливых зонах южной части Северной Америки на нескольких видах дикорастущих пасленовых растений - паслене колючем, паслене каролинском и др. Очевидно, что род *Leptinotarsa* может быть отнесен, по классификации О.В.Ковалева (1994), к «ювенильным таксонам», характеризующимся высокими скоростями адаптивных изменений. Действительно, в этом роде продолжают интенсивные процессы формо- и видообразования, что предполагает генетическую полиморфность и связанную с этим повышенную экологическую пластичность формирующихся видовых систем. При этом вид *L. decemlineata* Say завершает эволюцию рода и, в связи со своей эволюционной молодостью, является наиболее полиморфным (не вполне генетически стабилизировавшимся) и потому самым биологически пластичным видом, обладающим наибольшей шириной адаптивного потенциала среди всех видов рода *Leptinotarsa* (Tower, 1906; Ушатинская, 1981; Шапиро, 1985). Его становление как вида проходи-

ло в субаридных условиях горных степей и полупустынь с крайне нестабильным гидротермическим режимом. Это обусловило преимущественный отбор генотипов вида, характеризующихся широкими пределами индивидуальных норм реакций по параметрам абиотических адаптаций и лабильностью физиологического состояния особей (Ушатинская, 1981) и, очевидно, предопределило весьма широкую видовую норму абиотических адаптаций колорадского жука и, соответственно, - широту потенциальной зоны его относительного климатического оптимума.

В то же время формирование пищевых связей молодого вида фитофага с не клубненосными растениями семейства пасленовых (*Solanaceae*), насыщенными ФАВ группы гликоалкалоидов, очевидно, обусловило поддержание в популяциях насекомого определенного разнообразия форм с различными особенностями трофических адаптаций по признакам способности особей разных генотипов к детоксикации и утилизации тех или иных ФАВ растений. В свою очередь, это предопределило изначальную широкий потенциал адаптируемости *L. decemlineata* на популяционном уровне как к новым для него видам кормовых растений (реализовавшийся в последовательном освоении фитофагом начиная с 1850-х годов культурного картофеля, баклажана, томата и ряда видов пасленов по мере соприкосновения ареалов насекомого и названных растений), так и впоследствии - к устойчивым сортам картофеля, защищенным преимущественно ФАВ, и к инсектицидам различных химических классов. Подобные явления адаптациогенеза в популяциях колорадского жука на протяжении всей 145-летней истории формирования современного ареала вида (рис. 1) представляют собой ярко выраженные процессы микроэволюции (формообразовательной адаптивности), которые обычно протекают в условиях крайне ослабленного воздействия на популяции колорадского жука факторов биоценотической регуляции (связанного с недостатком устойчивых сортов картофеля и от-

сутствием в Евразии специализированных энтомофагов), но в то же время - на фоне, как правило, массивированного инсектицидного пресса. В сочетании с генетическим полиморфизмом вида это весьма способствует резкому ускорению названных процессов адаптиогенеза колорадского жука к антропогенным агробиоценозическим факторам (Жерихин, 1979; Вилкова и др., 2001, 2002). Так, колорадский жук - один из немногих видов, у которых зарегистрированы резистентные популяции ко всем классам используемых инсектицидов, причем средний срок формирования популяцией вредителя резистентности к тому или иному препарату составляет всего 3-5 лет (Сухорученко, 2001). В конце XX века в России и сопредельных с ней стра-

нах СНГ были выявлены популяции вредителя с высокими показателями резистентности к интенсивно применяемым в борьбе с ним инсектицидам, особенно к пиретроидным препаратам (табл. 1). При этом характерными особенностями освоения колорадским жуком агробиоценозов пасленовых культур в Евразии, в которые внедрялся вредитель, были незначительное присутствие посадок устойчивых к жуку сортов картофеля и обедненность биоразнообразия их энтомофауны - прежде всего отсутствие специализированных энтомофагов вредителя. Все это облегчало адаптации фитофага к биотическим условиям таких экосистем и способствовало постоянному росту его численности и вредоносности по мере освоения жуком свободной экологической ниши.

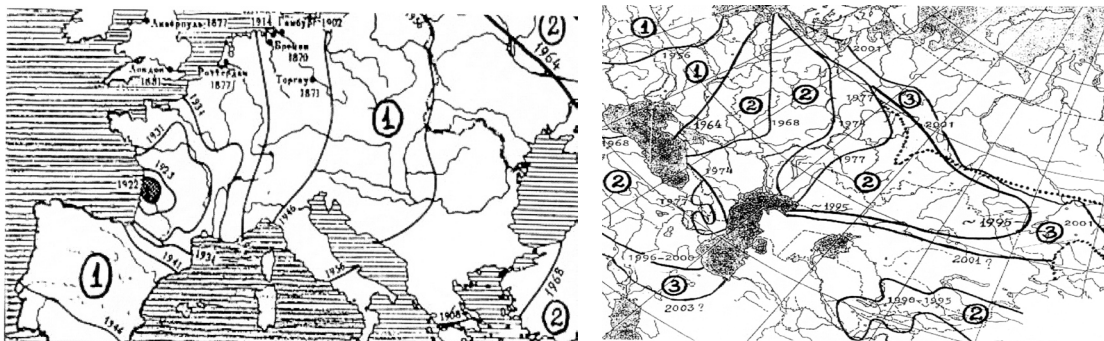


Рис.1. Этапы формирования вторичного (евразийского) ареала колорадского жука и основные зоны его инвазии по данным ВИЗР (Вилкова и др., 2001, с уточнениями).

- первый крупный очаг колорадского жука во Франции (1922 г.);
- \_\_\_\_\_ границы ареала вида в различные годы (1859-2001) по данным литературы (Злотников, 1967; Ушатинская, 1981; Фасулати, Вилкова, 2000; Глез, Черкашин, 2002; Фасулати, 2002, 2004) и региональных Станций защиты растений\*, либо отмечены приблизительно (за пределами РФ);
- ..... - северо-восточная граница потенциального ареала колорадского жука по данным прежних прогнозов (Будин, Власова, 1977);

- 1- зона интеграции (полной натурализации) адвентивного вида в «агроекосистемах-реципиентах» с периодом постоянного обитания («возрастом очагов») более 40 лет;
- 2- зона неполной натурализации адвентивного вида с «возрастом очагов» 10-40 лет;
- 3- зона вселения и акклиматизации адвентивного вида с «возрастом очагов» менее 10 лет.

\* Авторы глубоко признательны руководителям и специалистам СТАЗР республик Карелия и Коми, Архангельской, Вологодской, Курганской, Ленинградской, Новосибирской, Омской, Свердловской, Томской и Тюменской областей за ценную информацию о распространении колорадского жука на севере и востоке России.

Изложенное выше свидетельствует о том, что для совершенствования систем защиты пасленовых культур от колорадского жука и долговременного контроля его численности необходим всесторонний

анализ особенностей формирования ареала вредителя, мониторинг микроэволюционных процессов адаптиогенеза его популяций к новым абиотическим и биотическим условиям и процессов становления

взаимосвязей вида с другими компонентами агробиоценозов (Вилкова и др., 2001). При этом необходимо учесть, что у колорадского жука, как и у любого вида с выраженным внешним полиморфизмом, процессы микроэволюции наглядно прослежи-

ваются по изменениям фенотипической структуры популяций - например, по показателям долевого соотношения 9 основных морф (феноморф) рисунка переднеспинки имаго (Фасулати, 1985; Фасулати, Вилкова, 2000; Вилкова, Фасулати, 2001).

Таблица 1. Динамика формирования резистентности к инсектицидам разных химических классов в популяциях колорадского жука в СНГ (по материалам совещаний по резистентности 1970-2000 гг.)

| Инсектицид                        | Год регистрации резистентности | Ареал резистентности  | Показатель резистентности (ПР <sup>х</sup> ) |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|--|
| ДДТ                               | 1969-1975                      | Закарпатская область Украины  | 5.0-39.0                                     |
| Полихлорпинен                     |                                |   | 2.6-8.0                                      |
| Дилор                             | 1975                           | Брестская область Белоруссии  | 1.5-10.1                                     |
| Полихлорпинен                     |                                |   | 1.7-2.3                                      |
| Дилор, Хлорофос                   | 1979-1981                      | Закарпатская, Львовская, Черновицкая, Киевская, Житомирская области Украины | 10-55.0                                      |
| ДДТ                               |                                |   | 4.6-20.0                                     |
| Полихлорпинен                     |                                |   | 1.8-40.0                                     |
| Дилор                             |                                |   | 11.0-20.3                                    |
| Хлорофос                          | 1979                           | Краснодарский край  | 25.7   |
| Волатон                           | 1971                           | Брестская область Белоруссии  | 16.0   |
| Перметрин                         | 1985                           | Краснодарский край  | 18.5   |
| Хлорофос                          | 1988                           | Молдавия  | 10.0-17.0                                    |
| Перметрин, Фьюри                  | 1994-1995                      | Южный Урал  | 4.5-48.0                                     |
| Децис, Фастак, Каратэ, Суми-альфа |                                | Ставропольский край и Ростовская область                                    | 14.0-70.7                                    |
| Децис                             | 1995                           | Зеравшанская долина Таджикистана  | 5.0  |
| Би-58                             |                                | Таджикистана  | 40.0   |
| Децис                             |                                | 1997  | Московская область                           |
| Децис, Фьюри                      | 1998                           | Воронежская и Брянская области  | 11.7-18.0                                    |
|                                   |                                | Краснодарский край  | 116.7-1166                                   |
|                                   |                                | Белгородская область  | 5.0-25.0                                     |
| Децис, Суми-альфа                 | 1999                           | Ростовская область  | 16.0-45.0                                    |
| Талстар                           |                                | Ростовская область  | 60.0   |
| Дурсбан                           | 1999                           | Нижегородская область   | 9.6  |
| Децис                             |                                | Владимирская, Воронежская, Пензенская области                               | 17.0-30.0                                    |
| Каратэ                            |                                | Ростовская область, Узбекистан  | 65.0-633                                     |
|                                   |                                | Московская и Пензенская области   | 1.4-1.8                                      |
| Фьюри, Суми-альфа                 | 2000                           | Ростовская область  | 77.0   |
|                                   |                                | Ростовская область  | 15.3-74.1                                    |
| Регент                            | 1999                           | Ростовская область  | 7.0  |
|                                   | 2000                           | Воронежская область   | 15.0   |

Согласно общим представлениям о биологических инвазиях, адаптивные нормы популяций колорадского жука зависят не только от специфики агроклиматического пояса, но во многом и от продолжительности периода постоянного

обитания вредителя в местных условиях, которая определяет этап (фазу) натурализации адвентивного вида в данной местности. В связи с этим в пределах реализованного ареала колорадского жука в Евразии мы выделяем в настоящее время

по меньшей мере три зоны, соответствующие различным этапам натурализации данного вида в новых для него экосистемах (рис 2). Один из важнейших критериев выделяемых зон - продолжительность периода постоянного пребывания

колорадского жука на данной территории, которая определяет биологическое состояние природных популяций вредителя и характер их адаптированности к абиотическим и биотическим условиям местных агроландшафтов.

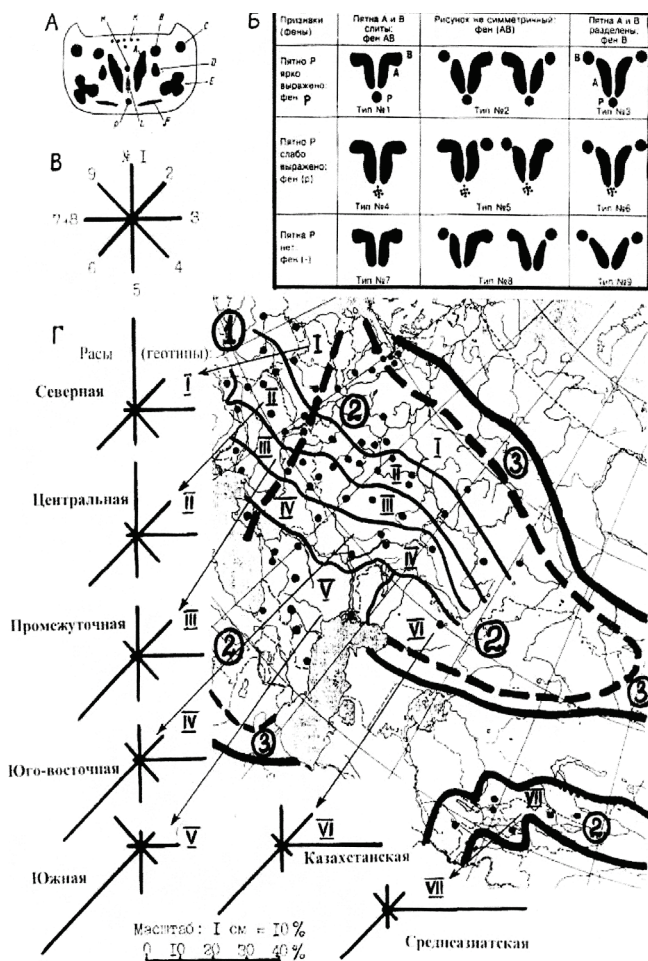


Рис. 2. Географические расы (геотипы) колорадского жука, выделенные методами феноетики популяций в 1-2-й зонах его инвазии (натурализации) во вторичном ареале (по: Вилкова, Фасулати, 2001, с дополнениями).

А - схема узора переднеспинки имаго колорадского жука (по: Кохманюк, 1982);

Б, В - основные 9 морф (типов) рисунка переднеспинки имаго и порядок изображения на диаграммах их долей в % от общего числа особей (по: Фасулати, 1985);

Г - диаграммы среднестатистических долевых соотношений 9 морф имаго жука в выделенных семи географических расах (геотипах) вида, соответствующих природно-климатической зональности (по: Вилкова, Фасулати, 2001, и др.);

1, 2, 3 (цифры в кружках, как на рис. 1) - территории зон инвазии (натурализации) адвентивного вида в зависимости от «возраста очагов»;

— примерные границы современного ареала колорадского жука в Евразии;

- - - границы выделенных 3 основных зон инвазии (натурализации) вида;

I-VII - условные обозначения выделенных рас (геотипов) жука и их границы; · географические популяции жука, изучавшиеся методами феноетики в 1978-2004 гг.

К первой зоне, по нашим представлениям, следует отнести страны Западной Европы за пределами бывшего СССР, а также территории Молдавии и Литвы, западные и центральные области и районы Украины, Белоруссии и Латвии, территорию Калининградской области РФ, в которых время постоянного пребывания колорадского жука насчитывает 40 и более лет с момента массовых инвазий в 1956-1960 гг. Она может быть обо-

значена как зона интеграции вида в местных агроэкосистемах.

Вторая зона сформировалась по мере дальнейших инвазий вредителя на восток и северо-восток и ныне включает восточные области и районы Украины, Белоруссии и Латвии, а также Эстонию, Центральный, Центрально-Черноземный, Волго-Вятский регионы РФ, Северный Кавказ, Поволжье, Южный Урал, отдельные области Северо-Западного региона, Западной



Сибири, большинство заселенных жуком территорий в Казахстане и Средней Азии. Время обитания колорадского жука в разных пунктах этой зоны составляет от 10 до 40 лет. По характеру адаптированности вредителя она может быть обозначена как зона его натурализации.

**Третья зона** выделяется по всей периферии современного ареала колорадского жука в направлениях его расселения и в настоящее время включает на территории России Ленинградскую область, заселенные вредителем районы республик Карелии и Коми, Архангельской области, север Вологодской, Пермской и Свердловской областей, юг Тюменской области, большинство районов Омской, Новосибирской областей, Алтайского края и те (пока немногочисленные) районы Кемеровской, Томской областей, Хакасии и Красноярского края, куда вредитель проник в последние годы. Сюда же следует отнести и изолированные очаги вредителя в Приморском крае, существующие с 2000-2001 гг. (Глез, Черкашин, 2002; Фасулати, 2004). Период постоянного обитания жука в этой зоне не превышает 10 лет. В местных агроландшафтах вредитель еще является чужеродным видом, в связи с чем данная зона может именоваться зоной вселения и акклиматизации.

Охарактеризуем биоэкологические особенности вредителя в названных выше трех зонах, рассматривая их для удобства в обратном порядке - от 3-й к 1-й, то есть согласно последовательности процессов натурализации адвентивного вида в агробиоценозах.

В **третьей зоне**, самой «молодой по возрасту», где жук обитает не более 10 лет, распространение вредителя еще преимущественно очаговое, или «островное» (Алимов, Богуцкая, 2004), причем его очаги часто нестабильны, и их появление на тех или иных полях во многом связано с повторным заселением культуры в результате локальных миграций жуков. Здесь, соответственно первому этапу инвазии, и происходит собственно акклиматизация вредителя, то есть идет преодоление колорадским жуком абиоти-

ческих барьеров. Оно сопровождается микроэволюционными процессами адаптиогенеза его формирующихся популяций к природно-климатическим факторам осваиваемой видом территории. При этом благодаря преобладанию движущей формы отбора происходит направленное изменение генетической структуры его популяций с установлением новых адаптивных норм, адекватных местным условиям, в результате чего возможно формирование новой географической расы (геотипа) вида. Следует подчеркнуть, что, согласно общим положениям популяционной и эволюционной биологии (Шмальгаузен, 1968; Завадский, Колчинский, 1977; Шварц, 1980; Яблоков, 1987), микроэволюционные процессы формообразования протекают тем интенсивнее, а их фенотипические проявления тем ярче выражены, чем сильнее отличаются условия зоны инвазии вредителя от условий района обитания его исходной популяции. Ввиду того, что колорадский жук в этой зоне инвазии еще не интегрирован в структуру местных агробиоценозов, процессы его приспособительной микроэволюции здесь отличаются высокими темпами, так как регулируются чисто популяционно-генетическими механизмами при отсутствии биоценологических факторов сдерживания; иными словами, они имеют характер так называемой «некогерентной эволюции» (термин В.В.Жерихина, 1979). Кроме того, ускорению процесса акклиматизации колорадского жука в новых для него климатических поясах способствуют помимо генетического полиморфизма популяций вида также широкие пределы индивидуальных норм реакций особей по многим эколого-физиологическим параметрам на изменения абиотических условий. К ним относятся, например, свойственное виду многообразие типов и модификаций диапаузы при относительной легкости их трансформации у отдельных особей - в частности преимущественное формирование у имаго повторной и многолетней диапаузы (суперпаузы) в условиях неблагоприятного климата. Этими биологическими особенностями колорадского

жука также во многом обусловлена общая широта его адаптивного потенциала, то есть экологическая пластичность.

Другой отличительной особенностью 3-й зоны - зоны инвазии и акклиматизации колорадского жука в первые 10 лет после вселения - является фактическое отсутствие здесь его естественных энтомофагов и энтомопатогенов. Это создает, как отмечено выше, укороченную пищевую цепь и тем самым резко снижает эффективность биоценотической регуляции в агроэкосистемах-«реципиентах». Такое благоприятное сочетание условий, как отсутствие конкуренции и факторов биоценотической регуляции в сочетании с широтой адаптивного потенциала колорадского жука, определяет высокую степень вероятности его натурализации в местных агроэкосистемах-реципиентах, даже когда произошли инвазии вредителя в районы с субэкстремальным для него климатом - как, например, миграции в Ленинградскую, Архангельскую области и Карелию в июне 1998 г. В связи с этим для данной зоны инвазии особенно характерны не только резкие колебания численности вредителя по годам, но и вспышки его массового размножения, что имело место и в отдельных районах Ленинградской области начиная с 2000 г. (Фасулати, 2002, 2004). Так, вполне обычно увеличение плотности популяций вредителя в новых очагах в сотни раз даже в первые 2-3 года после его вселения, что в целом создает наблюдаемый эффект так называемой «наступательной волны» при активном заселении жуком свободной экологической ниши (Ушатинская, 1981; Вилкова и др., 2001). Этот эффект проявляется ярко выраженной тенденцией к устойчивому нарастанию численности и вредоносности насекомого из года в год со смыканием границ его очагов. Он особенно заметен, когда расселение вредителя произошло в пределах территории с оптимальным климатом для его исходной (аборигенной) популяции - что реально наблюдалось в подавляющем большинстве случаев за весь период экспансии жука на восток как в США, так и в странах Евразии.

Во **второй зоне**, где возраст очагов вредителя уже превышает 10 лет, распространение его приобретает сплошной, или «условно сплошной» (Алимов, Богущкая, 2004) характер, а численность и вредоносность стабильно высокие - особенно на посадках неустойчивых к вредителю сортов растений. Процессы адаптации к местным природно-климатическим условиям завершаются, и фенотипическая структура популяций приобретает черты, типичные для того или иного агроклиматического пояса: в северных районах ареала (Нечерноземная зона РФ) это относительное преобладание фенотипов переднеспинки имаго №1, №2, №4 из выделенных 9 основных морф; на юге лесной зоны и в лесостепи (юг Центрального и Волго-Вятского регионов) - примерное равенство долей морф 1-6; в степных черноземных районах Поволжья и Северного Кавказа - преобладание морф 6, 3, 5 и 9; в жарких аридных и субаридных областях Казахстана и Средней Азии - преобладание морф 3, 6 и 1 (Фасулати, 1985; Фасулати, Вилкова, 2000; Вилкова, Фасулати, 2001). По нашим представлениям, на территории 2-й зоны инвазии вредителя, охватывающей в настоящее время большинство основных районов картофелеводства России и сопредельных стран бывшего СССР, становится реальными выделение у колорадского жука внутривидовых географических рас, или геотипов (по классификации В.Г.Конарева, 2001) с характерным для них фенотипом и, соответственно, - возможность картирования расовых ареалов вида (рис. 2). С другой стороны, в данной зоне уже активно протекают процессы адаптации многоядных энтомофагов (табл. 2) и неспециализированных энтомопатогенов (табл. 3) к новому виду жертвы (хозяина) - очевидно также представляющие собой явления микроэволюции.

Это способствует установлению новых трофических связей и формированию новых типов консорциев, приводя тем самым к постепенному усилению роли механизмов биоценотической регуляции численности вредителя в агроэкосистемах пасленовых культур.

Таблица 2. Основные энтомофаги колорадского жука (Вилкова и др., 2001)

| Виды   | Зоны высокой численности       |
|--|--------------------------------|
| <b>КЛОПЫ - Heteroptera:</b>                                |                                |
| Зикрона синяя - <i>Zicrona caerulea</i>                    | Лесостепь, степь               |
| Лигус полевой - <i>Lygus pratensis</i>                     | Лесостепь, степь               |
| Лигус травяной - <i>Lygus rugulipennis</i>                 | Повсеместно                    |
| Набис схожий - <i>Nabis pseudoferus</i>                    | Лесостепь, степь               |
| Набис хищный - <i>Nabis ferus</i>                          | Лесная зона, лесостепь, степь  |
| Ориус черный - <i>Orius niger</i>                          | Лесная зона, лесостепь, степь  |
| <b>ЖУКИ - Coleoptera:</b>                                  |                                |
| Головач обыкновенный - <i>Brosicus cephalotes</i>          | Повсеместно на песчаных почвах |
| Жужелица волосистая - <i>Pseudophonus rufipes</i>          | Повсеместно                    |
| Красотел золотоямчатый - <i>Calosoma auropunctatum</i>     | Лесостепь, степь               |
| Пецилюс бороздчатый - <i>Poecilus crenuliger</i>           | Влажные станции степной зоны   |
| Пецилюс медный - <i>Poecilus cupreus</i>                   | Повсеместно                    |
| Пецилюс степной - <i>Poecilus sericeus</i>                 | Лесостепь, степь               |
| Птеростихус обыкновенный - <i>Pterostichus melanarius</i>  | Повсеместно                    |
| Птеростихус черный - <i>Pterostichus niger</i> Schall.     | Лесная зона                    |
| Коровка изменчивая - <i>Adonia variegata</i> Gz.           | Повсеместно                    |
| Коровка семиточечная - <i>Coccinella septempunctata</i> L. | Повсеместно                    |
| <b>СЕТЧАТОКРЫЛЫЕ - Neuroptera:</b>                         |                                |
| Златоглазка обыкновенная - <i>Chrysopa carnea</i> Steph.   | Повсеместно                    |

Однако, поскольку данные механизмы еще находятся в стадии формирования, микроэволюционные процессы в популяциях колорадского жука здесь остаются ускоренными и протекают, как и в 3-й зоне, по типу некогерентной эволюции.

Эти процессы могут быть весьма ярко выраженными на посадках томата, устойчивых сортов картофеля или баклажана, содержащих вторичные физиологически активные вещества (ФАВ) типа гликоалкалоидов, или при использовании инсектицидов различных химических

классов. В целом для популяций вредителя на территории 2-й зоны наиболее характерны микроэволюционные процессы формирования ими резистентности к инсектицидам и адаптации к устойчивым сортам и культурам, насыщенным ФАВ, ведущие к резкому снижению эффективности регулярно применяемых препаратов или к эффекту потери сортами растений своей первоначальной устойчивости к вредителю (Вилкова и др., 2002). Распространение резистентных к инсектицидам популяций во вторичном ареале вредителя показано на рисунке 3.

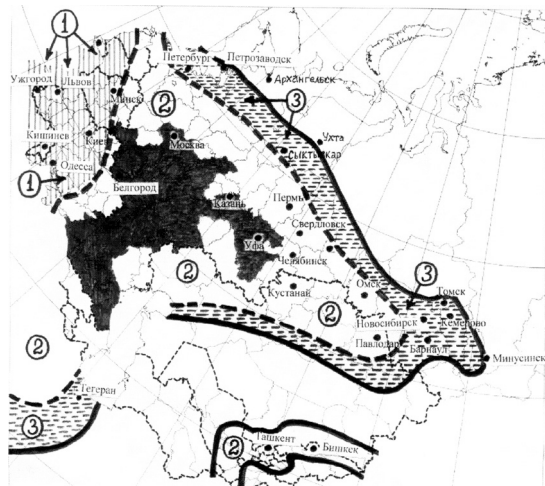


Рис. 3. Зоны инвазии (натурализации) колорадского жука в его вторичном ареале и области преимущественного распространения в России его популяций, резистентных к пиретроидным инсектицидам по данным ВИЗР (Сухорученко, 2001, и др.).

1 2 3 (цифры в кружках, как на рис. 1,2) - территории зон инвазии (натурализации) адвентивного вида в зависимости от «возраста очагов»;

— примерные границы современного ареала колорадского жука в Евразии;

- - - границы выделенных 3 основных зон инвазии (натурализации) вида;

зона сплошной штриховки - области, где выявлены популяции колорадского жука, резистентные к пиретроидным инсектицидам.

Таблица 3. Микроорганизмы, вызывающие болезни колорадского жука, и биопрепараты на их основе (по: Вилкова, Фасулати, Кандыбин, Коваль, 2001 - с дополнениями)

| Микроорганизмы   | Препараты  |
|--|--|
| <b>ГРИБЫ:</b>  |  |
| <u>Beauveria bassiana</u> , <u>B.tenella</u> ,<br><u>Metarizium anisopliae</u> ,<br>Aspergillus ochraceus, A.elegans,<br>Paecilomyces farinosus, P.fumoso-<br>roseus, Verticillium sp, Fusarium sp,<br>Penicillium sp., и другие | Боверин<br>Метаризин                                   |
| <b>БАКТЕРИИ (группы):</b>  |  |
| <u>Bacillus</u> (в т.ч. <u>B.thuringienis</u> ),<br><u>Serratia</u> , Escherichia, Aerobacter,<br>Ervinia, Proteus, Micrococcus,<br>Sarcina,<br>Streptococcus, Breviabacterium,<br>Pseudomonas и др.                             | Битоксиба-<br>циллин<br>Бацикол<br>Колорадо<br>Новодор |
| <b>НЕМАТОДЫ:</b>   |  |
| <u>Neoplectana carposapsa</u> ,<br><u>N.faeltia</u> ,<br>Hexameris albicans, H.cornuta,<br>Pristionchus uniformis;   | Немабакт   |
| <b>ПРОСТЕЙШИЕ:</b>   |  |
| Nosema leptinotarsae   |  |
| <b>АКТИНОМИЦЕТЫ:</b>   |  |
| Streptomyces globisporus, Str.<br>avermitilis  | Актинин<br>Фитоверм<br>Авермектины                     |

Отличительной особенностью **первой зоны** следует считать завершение процесса формирования самовоспроизводящихся популяций колорадского жука на всех посадках картофеля вне зависимости от повторяющихся заносов вредителя извне, что является следствием успешной адаптации вида к абиотическим и биотическим условиям среды. В связи со стабилизацией биоценологических процессов в трансформированных агроэкосистемах пасленовых культур, где сформировались полные пищевые цепи и установились консортные отношения между членами агробиоценоза, вредитель в 1-й зоне может рассматриваться как полностью натурализовавшийся вид. В микроэволюционных процессах местных популяций как фитофага, так и его энтомофагов уже преобладает стабилизирующий отбор, поддерживающий приобретенные адаптивные нормы, поэтому в данной зоне микроэволюционные процессы всех компонентов агроэкосистем

взаимоувязаны и замедлены, то есть они имеют по определению В.В.Жерихина (1979) в значительной степени когерентный характер, типичный для естественных биогеоценозов. Вследствие этого в динамике численности колорадского жука не отмечается резких колебаний по годам. Распространение вредителя в данной зоне - условно сплошное; состав, генотипическая и фенотипическая структура его популяций стабилизированы соответственно условиям того или иного агроклиматического пояса зоны.

Исходя из выделенных зон, характеризующихся особенностями адаптации колорадского жука к абиотическим и биотическим параметрам конкретных агроландшафтов заселяемых территорий, и должна определяться стратегия и тактика систем защиты пасленовых культур от этого объекта.

По нашим представлениям, основным принципом современной стратегии борьбы с колорадским жуком во всех зонах его инвазии должна быть регуляция его численности с помощью приемов, не вызывающих серьезных нарушений биоценологических взаимодействий в агроэкосистемах, а также структуры и состава популяций вредителя и потому не индуцирующих в его популяциях микроэволюционных процессов, приводящих к формированию резистентности к применяемым средствам борьбы. Особое внимание должно быть уделено подбору сортов возделываемых культур с определенными механизмами устойчивости и ассортименту химических средств защиты растений как наиболее мощным факторам антропогенного воздействия на структуру и функционирование агроэкосистем (Вилкова и др., 2002).

Необходимо отметить, что во второй половине XX века произошли резкие качественные изменения в ассортименте средств защиты растений, все более связанные с интенсивным использованием физиологически активных веществ (ФАВ) различной природы и химической структуры, обладающих энтомоцидным (инсектицидным) действием. Такие ФАВ являются либо основой (действующим

началом) химических и микробиологических инсектоакарицидов, либо непосредственно синтезируются растениями некоторых, устойчивых к наиболее опасным вредителям, генотипов ряда возделываемых культур. Это в полной мере относится к растениям семейства пасленовых, включая многие дикорастущие виды картофеля, которые по своей природе насыщены разнообразными и часто видоспецифичными ФАВ вторичного обмена растений при преобладании гликоалкалоидов с выраженным инсектицидным эффектом. Устойчивые культурные формы картофеля, содержащие ФАВ в значительных концентрациях, могут представлять собой как сорта и гибриды, выведенные традиционными методами селекции (например, путем межвидовой гибридизации), так и генетически модифицированные (трансгенные) сорта, полученные нетрадиционным путем - методами геной инженерии с включением в картофель бактериальных генов, контролирующих синтез эндотоксинов.

Однако использование ФАВ в качестве средств защиты растений от вредителей, независимо от способов получения и применения этих веществ, требует особой осторожности и тщательно продуманной тактики, что связано со сложным характером прямого и опосредованного воздействия ФАВ на различные компоненты агробиоценозов и труднопредсказуемыми экологическими последствиями. Так, главное «коварство» ФАВ состоит в том, что они избирательно воздействуют на различные генотипы фитофагов и, наряду с прямым уничтожением значительной части их особей, вызывают селективный отбор форм вредителей с соответствующими адаптациями. Иными словами, ФАВ как средства защиты растений или самозащиты устойчивых сортов, включая трансгенные сорта с высоким содержанием бактериальных токсинов, являются индукторами микроэволюционных процессов формирования адаптированных (резистентных) к ним популяций и рас вредителей (Сухорученко и др., 2000; Вилкова и др., 2001, 2002). Эти

процессы, как отмечено выше, многократно ускорены и облегчены у наиболее полиморфных видов фитофагов, к каковым относится колорадский жук, особенно в условиях разбалансированных агроэкосистем с обедненным видовым составом, и потому крайне ослабленными механизмами биоценотической саморегуляции (Завадский, Колчинский, 1977; Жерихин, 1979; Вилкова и др., 2001). Как показали наши исследования, при развитии резистентности к пиретроидным препаратам в популяциях колорадского жука в любом агроклиматическом поясе возрастает относительная доля особей фенотипов переднеспинки №3 и №6; при адаптации к относительно устойчивому сорту картофеля, содержащему ФАВ типа гликоалкалоидов, - возрастает доля особей фенотипов №1. Это свидетельствует о глубокой дезинтеграции внутривидовой структуры вредителя, что, в свою очередь, провоцирует дальнейшее ускорение микроэволюционных процессов.

Особое внимание должно быть уделено подбору средств защиты в 1-й зоне инвазии колорадского жука - зоне его интеграции с максимальным видовым и внутривидовым биоразнообразием агробиоценозов и сформировавшимися относительно стабильными биоценотическими связями. В связи с этим в популяциях вредителя в данной зоне активно идут процессы реверсии их резистентности к пиретроидным и фосфорорганическим препаратам благодаря восстановлению исходной генотипической структуры популяций и значительному росту доли чувствительных к инсектицидам генотипов. Именно в этой зоне, как никакой другой, оптимальны средства и методы защиты, не оказывающие резко выраженного действия на популяционно-динамические и агробиоценотические взаимодействия объекта борьбы. Это прежде всего широкое возделывание устойчивых сортов с неизбирательными механизмами воздействия на все генотипы вредителя, то есть с преобладанием в иммунологической системе растений механизмов атрептического, ингибиторного, морфологического и органогене-

тического барьеров. Применение инсектицидов в этой зоне должно быть максимально ограничено и сводиться к локальным обработкам очагов или отдельных полей малоопасными для полезных членистоногих средствами с выраженными регуляторными свойствами, например ингибиторами синтеза хитина.

Для 2-й зоны инвазии характерны большой разброс в значениях показателей резистентности популяций вредителя к пиретроидам и фосфорорганическим соединениям с преобладанием высоких уровней резистентности, и начало ее формирования к препаратам новых химических классов - например, к нереистоксину банколу, фенилпиразолу регенту. Система борьбы с колорадским жуком в данной зоне должна быть направлена на максимальное снижение токсического пресса на популяции вредителя за счет возделывания устойчивых сортов, полученных методами традиционной селекции, и чередования препаратов разного механизма действия и малой опасности для полезной биоты (неоникотиноиды, ингибиторы синтеза хитина, микробиологические препараты) с учетом данных мониторинга чувствительности насекомого к применяемым средствам. Использование Вt-трансгенных сортов картофеля в этой зоне недопустимо ввиду высокой вероятности быстрого развития резистентности вредителя к бактериальному эндотоксину с одновременной потерей эффективности микробиологических препаратов, полученных на его основе.

В 3-й зоне инвазии - зоне вселения и акклиматизации вредителя - часто проводят сплошные химические обработки посадок картофеля для снижения численности и предотвращения его даль-

нейшего распространения. В итоге в его популяциях создаются предпосылки для быстрого формирования резистентности к применяемым средствам борьбы, которое усугубляется заносом резистентных к отдельным токсикантам генотипов жука. Для торможения этого процесса необходим регулярный мониторинг резистентности популяций колорадского жука к применяемым инсектицидам для своевременного исключения из системы защиты препаратов, к которым она развивается. Следует ограничить использование высокотоксичных инсектицидов типа ФОС или пиретроидов, приводящих к обеднению внутривидового биоразнообразия вредителя за счет увеличения доли немногих генотипов с определенными адаптивными характеристиками и элиминации остальных генотипов, чувствительных к токсикантам. Нельзя ограничиваться применением отдельных препаратов одного химического класса, в связи с чем следует шире использовать для борьбы с ним рекомендованные инсектициды всех классов и групп. В качестве средств регуляции численности вредителя, как и в других зонах, необходимо широкое возделывание устойчивых сортов картофеля. Для ограничения его дальнейшего распространения здесь будет допустимо использование сортов Вt-трансгенного картофеля в качестве эффективного средства борьбы с популяциями вредителя, находящимися на начальной стадии формирования резистентности к традиционным инсектицидам. Однако этот прием возможен только в случае положительного решения государственных органов Российской Федерации о внедрении таких сортов в практику растениеводства страны.

### Заключение

Анализ особенностей расселения колорадского жука как адвентивного вида по территории Северной Евразии позволил выделить 3 зоны, характеризующиеся спецификой его адаптаций к абиотическим и биотическим условиям мест обитания в зависимости от продолжительности периода

постоянного обитания вредителя в той или иной местности с момента инвазии. В связи с этим стратегия борьбы с вредителем должна базироваться на системах защитных мероприятий, адаптированных для каждой зоны и не вызывающих всплеск его массового размножения.

## Литература

- Азизбекян Р.Р. Биологический препарат для борьбы с колорадским жуком - «Колорадо». /Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. М., Наука, сер. Генетич. инж. и экология, 1, 2000, с.48-50.
- Алимов А.Ф., Н.Г.Богущая (ред.) Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М., Товарищество научных изданий КМК, 2004, 436 с.
- Будин К.З., Власова Э.А. Зоны возможной акклиматизации колорадского жука. /Картофель и овощи, 9, 1977, с.35-36.
- Вилкова Н.А., Фасулати С.Р. Изменчивость и адаптивная микроэволюция насекомых-фитофагов в агробиоценозах в связи с иммуногенетическими свойствами кормовых растений. /Труды РЭО, 72, 2001, с.107-128.
- Вилкова Н.А., Фасулати С.Р., Кандыбин Н.В., Коваль А.Г. Биоэкологические факторы экспансии колорадского жука. /Защ. и карантин раст., 1, 2001, с.19-23.
- Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р. Устойчивые сорта и средства защиты растений как индукторы микроэволюционных процессов у насекомых-фитофагов. /Информ. бюлл. ВПРС МОББ, 32, 2002, с.194-204.
- Глез В.М., Черкашин В.И. Колорадский жук. /Защ. и карантин раст., 5, 2002, (приложение), с.67(3)-90(26).
- Жерихин В.В. Использование палеонтологических данных в экологическом прогнозировании. Экологическое прогнозирование, М., Наука, 1979, с.113-132.
- Завадский К.М., Колчинский Э.И. Эволюция эволюции. Л., Наука, 1977, 236 с.
- Злотников М.Д. Возможный ареал распространения и сроки развития колорадского жука в европейской части СССР. /Труды ВИЗР, Л., 27, 1967, с.68-74.
- Ковалев О.В. Универсальная модель эволюции биосферы и эволюции сознания. /Энтомол. обзор., 4, 73, 1994, с.753-776.
- Конарев В.Г. Морфогенез и молекулярно-генетический анализ растений. Изд. 2-е., СПб, ВИР, 2001, 417 с.
- Кохманюк Ф.С. Изменчивость фенетической структуры популяций колорадского жука в пределах ареала. Фенетика популяций. М., Наука, 1982, с.233-243.
- Павлюшин В.А. Проблемы биологической защиты растений от колорадского жука. /Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. М., Наука, сер. Генет. инж. и экология, 1, 2000, с.45-48.
- Сухорученко Г.И. Резистентность вредных организмов к пестицидам - проблема защиты растений второй половины XX столетия в странах СНГ. /Вестник заш. раст., СПб-Пушкин, 1, 2001, с.18-37.
- Сухорученко Г.И., Долженко В.И., Васильева Т.И., Иванов С.Г., Зверев А.А. Проблема резистентности колорадского жука к современным инсектицидам. /Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. М., Наука, сер. Генетич. инж. и экология, 1, 2000, с.93-100.
- Тишлер В. Сельскохозяйственная экология. М., Колос, 1971, 455 с.
- Ушатинская Р.С. (отв. ред.). Колорадский картофельный жук. М., Наука, 1981, 377 с.
- Фасулати С.Р. Полиморфизм и популяционная структура колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) в европейской части СССР. /Экология, 6, 1985, с.50-56.
- Фасулати С.Р. Территориальное расселение и адаптация колорадского жука в северных районах картофелеводства. /Экологические аспекты интенсификации с.х. производства. Мат. Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 2, 2002, с.205-207.
- Фасулати С.Р. Распространение колорадского жука и экологические вопросы защиты картофеля в северных областях России. /III Кирилло-Мефодиевские чтения: Сб.матер. Междунар. науч. конф., СПб, СПбГПУ, 2004, с.70-75
- Фасулати С.Р., Вилкова Н.А. Адаптивная микроэволюция колорадского жука и его внутривидовая структура в современном ареале. /Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку, М., Наука, сер. Генет. инж. и экология, 1, 2000, с.19-25.
- Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М., Наука, 1980, 244 с.
- Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. 2-е изд. М., Наука, 1968, 408 с.
- Яблоков А.В. Популяционная биология. М., Высшая школа, 1987, 303 с.
- Hare J.D. Ecology and management of the Colorado potato beetle. /Ann. Rev. Entomol. - Palo Alto, 35, 1990, p.81-100.
- Tower W.L. An investigation on evolution in Chrysomelid beetles the genus *Leptinotarsa*. Washington, Carnegie Inst., 48, 1906, 320 p.

A STRATEGY FOR PROTECTION OF AGRICULTURAL PLANTS AGAINST  
ADVENTIVE PHYTOPHAGOUS SPECIES EXEMPLIFIED FOR THE COLORADO  
POTATO BEETLE

N.A.Vilkova, G.I.Sukhorutshenko, S.R.Fasulati

Data on the development of the secondary species range of the Colorado Potato beetle in the course of its continued expansion over the territory of Eurasian continent as well as on the adaptive radiation of the pest in different soil and climatic zones are given. A strategy for its control is proposed adjusted for temporary stages of its biological invasion.

## ФАКТОРЫ ПАТОГЕННОСТИ МИКРОСПОРИДИЙ - ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ ПАЗАРИТОВ НАСЕКОМЫХ

И.В.Исси\*, В.В.Долгих\*, Ю.Я.Соколова\*\*, Ю.С.Токарев\*

\*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

\*\*Институт цитологии РАН. Санкт-Петербург

Микроспоридии - древнейшие эукариотные протисты, прекрасно адаптированные к внутриклеточному паразитизму. Факторы патогенности микроспоридий, имеющих минимальный для эукариот геном, обусловлены их полной зависимостью от метаболической активности клетки хозяина (в первую очередь, от продукции необходимой паразитам экзогенной АТФ) вследствие переложения на хозяина основных функций своей клетки и использования паразитами субстратов клетки хозяина для поддержания собственной жизнедеятельности.

**Краткая характеристика паразитов.** Тип Микроспоридии (Microsporidia) представлен одноклеточными эукариотами, паразитирующими в клетках животных почти всех систематических групп - от других протист до высших позвоночных. Наибольшее число видов описано из членистоногих (Соколова, Исси, 2001). Микроспоридиям свойственны своеобразные черты организации, сочетающей эукариотные и прокариотные признаки. Их одноклеточные споры содержат зародыш, лишенный собственной цитоплазматической мембраны, и уникальный аппарат экстррузии, предназначенный для заражения клетки хозяина путем вбрасывания в нее зародыша паразита по каналу длинной трубки. Функционально спора микроспоридий представляет собой живой шприц.

Микроспоридии имеют морфологически оформленное ядро, но их геном - наименьший из известных для других эукариот (он даже меньше генома некоторых бактерий). У микроспоридий нет митохондрий, гидрогеносом и пероксисом. Однако наличие митохондриального шаперона - хит-шокового белка hsp70 - говорит об утрате ими митохондрий в процессе адаптации к облигатному внутриклеточному паразитизму (Hirt et al., 1997). Примитивный по строению аппарат Гольджи функционально очень активен в периоды всех морфогенетических преобразований клетки микроспоридий. Рибосомы зародыша, спороплазмы, представлены монорибосомами, не агрегированными в полирибосомы, и по своим физическим (коэффициенту седиментации), биохимическим и молекулярно-биологическим (последовательности участков рРНК) показателям соответствуют рибосомам прокариотов по наличию субъединицы 70S и по слиянию субъединицы 5,8S, свойственной всем эукариотам, с большой субъединицей рРНК

(Ishihara, Hayashi, 1968; Vossbrinck, Woese, 1986). Кроме того, клетка микроспоридий лишена лизосом, центриолей, запасных питательных веществ, а также жгутиков и других органелл движения. Наличие хитина, альфа- и бета-тубулинов, сходных с грибами, диплокариотический ядерный аппарат у половин родо микроспоридий, а также их молекулярно-биологические характеристики имеют сходство с таковыми дрожжевых грибов. Однако нет ни одного современного таксона царства Fungi, к которому можно отнести микроспоридий. По нашему мнению, давний переход микроспоридий к паразитическому образу жизни, глубокая адаптация к внутриклеточному паразитизму, обусловленные этим изменения в геноме и в обменных процессах, ультраструктурная перестройка их клетки рано увели микроспоридий в сторону от основного направления эволюции одноклеточных и многоклеточных грибов. Свободноживущие предки микроспоридий, которые могли быть общими с грибами или водорослями, не известны.

Завершающая развитие микроспоридий одноклеточная спора несет в себе зародыш и сложно организованный комплекс органелл - аппарат экстррузии. При попадании в хозяина под влиянием рН и ферментов его кишечника из споры под высоким давлением выбрасывается путем вывертывания длинная полярная трубка, прокалывающая перитрофическую мембрану и стенки клеток хозяина (рис. 1А). По ее каналу зародыш вводится непосредственно в цитоплазму клетки, где приступает к размножению (пролиферации) и размножается до тех пор, пока не заселит клетку полностью (рис. 1Б). Проллиферативные стадии развития микроспоридий окружаются митохондриями клетки хозяина и даже образуют с ними контактные связи. Число митохондрий



и их активность обычно резко возрастают, обеспечивая энергетическими субстратами компенсаторные и репаративные процессы зараженной клетки и жизнедеятельность паразитов.

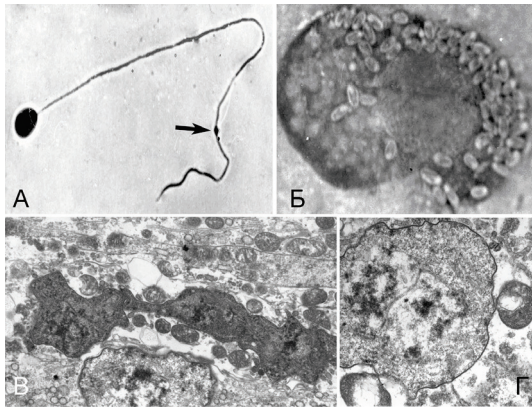


Рис. 1. Взаимоотношения микроспоридий с клеткой насекомого-хозяина

А - экструзия полярной трубки и зародыша (стрелка) из споры; Б - гемоцит гусеницы капустной белянки со спорами и стадиями микроспоридий; В - меронт микроспоридий, окруженный митохондриями клетки хозяина; Г - споронт микроспоридии, контактирующий с двумя митохондриями. (А,Б - световая микроскопия, В,Г - электронная микроскопия)

Исчерпав ресурсы клетки хозяина, микроспоридии приступают к спорогонии. Споры микроспоридий, не накапливающие запасных питательных веществ, могут какое-то время находиться вне организма хозяина, но им не свойственно состояние покоя и они сохраняют постоянную готовность к заражению новых особей хозяина.

Некоторые черты облигатного паразитизма микроспоридий имеют сходство с таковыми риккетсий и вирусов. Механическое вбрасывание в клетку хозяина ядерного аппарата паразита, окруженного тонким слоем цитоплазмы и не покрытого оболочкой, аналогично вбрасыванию в клетку бактерий генетического начала бактериофагов. Так же как вирусы, микроспоридии избирают для своего развития ткани, богатые энергетическими субстратами (жировое тело, зародышеские или питательные клетки женской половой системы), или ткани с высоким уровнем метаболизма (эпителии средней кишки, слюнных и шелкоотделительных желез, мальпигиевых сосудов,

часто опухолевые клетки). Так же как вирусы, они сохраняют и высокую патогенность в отношении животного-хозяина.

Заражение микроспоридиями лабораторных и природных популяций насекомых часто заканчивается массовой гибелью особей с последующим сохранением низкой численности в течение ряда лет. Причины гибели зараженных микроспоридиями особей имеют как прямой, так и опосредованный характер.

#### Для выявления факторов патогенности микроспоридий изучены:

- ответные реакции на заражение микроспоридиями иммунной системы насекомого-хозяина (защитные реакции гемоцитов - фагоцитоз, инкапсуляция, меланизация; фенолоксидазная и агглютинирующая активность гемолимфы);
- влияние микроспоридий на ферментативную активность, а также на энергетические и пластические ресурсы клетки хозяина;
- влияние паразитов, находящихся на разных стадиях жизненного цикла, на особенности метаболизма и транспорта веществ между цитоплазмой клеток паразита и хозяина;
- особенности взаимодействия клеток микроспоридий с клетками насекомого-хозяина на ультраструктурном уровне.

Статья представляет собой обобщение результатов изучения факторов патогенности микроспоридий, полученных исследовательской группой по энтомопатогенным протистам ВИЗР с использованием электронно-микроскопических, биохимических и молекулярно-биологических методов. Познание факторов и механизмов патогенности этих паразитов остается необходимым, во-первых, для объяснения причин разнообразия патологических проявлений микроспоридиозов у разных видов насекомых-хозяев, во-вторых, для выяснения возможностей управления факторами патогенности при разработке биопрепарата или в случаях заболевания полезных или вредных видов животных и, в-третьих, для сравнительного анализа ответных реакций животных разных уровней организации на заражение микроспоридиями.

## Результаты и их обсуждение

**Взаимодействие паразитов с иммунной системой насекомых-хозяев на начальных этапах заражения.** Первый шаг для успешного заражения насекомого-хозяина микроспоридиями заключается в том, что споры должны попасть в условия, стимулирующие выброс полярных трубок и внедрение зародышей в клетку хозяина. Учитывая то, что иммуногенетическая система насекомых складывается из внешних (барьерной) и внутренних (клеточной и гуморальной) систем защиты, успешное заражение во многом зависит от того, насколько данный паразит адаптирован к преодолению естественных барьеров организма хозяина и насколько успешно способен он взаимодействовать с клетками и молекулами внутренней среды организма, осуществляющими распознавание и уничтожение чужого.

Аппарат экстрезии спор микроспоридий - это уникальное образование, обеспечивающее успешное заражение восприимчивых клеток хозяина. Следствием адаптации определенного вида паразита к данному хозяину или группе хозяев, что определяет его узкую или широкую специфичность, следует признать его способность реагировать на специфичные стимулы (показатели рН, осмоляльность или концентрацию определенных ионов кишечного сока при прохождении спор по пищеварительному тракту), вызывающие выброс полярных трубок спор. Полярные трубки выбрасываются с такой силой, что пробивают перитрофическую мембрану средней кишки (защитный барьер) и вводят зародыш (спороплазму) либо в клетку кишечника, либо (при заражении насекомых младших возрастов) в клетку любой другой ткани, окружающей кишечный тракт.

Следующую линию защиты организма насекомых от вторжения паразитов, успешно преодолевших барьерные факторы, составляют факторы внутренней среды. Гемоциты - свободно циркулирующие клетки полостной жидкости (гемолимфы) осуществляют распознавание

и элиминацию чужеродного материала, а также активируют гуморальные системы защиты организма. Ключевую роль в системе клеточного и гуморального иммунитета насекомых играет каскад меланогенеза, опосредуемый ферментами синтеза меланина, в первую очередь фенолоксидазами (ФО). Этот каскад представлен распознаванием чужого, реакциями фагоцитоза и инкапсуляции. При успешном заражении хозяина спороплазма попадает в цитоплазму его клетки, не контактируя с плазматической мембраной клетки и минуя таким образом контроль системы распознавания чужого. Все спороплазмы, не попавшие в клетку, погибают либо из-за отсутствия экзогенной АТФ (Weidner, 1975), либо вследствие фагоцитоза. Проллиферативные стадии паразитов расселяются в ткани хозяина главным образом путем распределения паразитов между дочерними клетками зараженной клетки, что также позволяет паразитам избежать контакта с защитными клетками и гемолимфой. В результате в период пролиферации микроспоридий в зараженных тканях насекомых не наблюдается реакций инфильтрации, инкапсуляции и меланизации. Однако массовое размножение паразитов в клетках хозяина приводит к сильным патологическим отклонениям функциональной активности зараженных особей и к последующей гибели насекомых-хозяев.

**Влияние пролиферативных стадий микроспоридий на энергетические ресурсы клетки.** Взаимоотношения между микроспоридиями и их хозяевами осуществляются на уровне взаимодействия метаболических систем двух клеток. Микроспоридии, утерявшие митохондрии в процессе адаптации к внутриклеточному паразитизму, представляют собой паразитов на энергетических системах клетки животных-хозяев (Trager, 1974). Уже на начальных этапах своего развития их клетки окружаются митохондриями клетки хозяина (рис. 1В).

У некоторых членистоногих между мембранами клетки паразита и митохондрии клетки хозяина образуются контакты (рис. 1Г). Для всех изученных паразито-хозяинных систем «микроспоридия-насекомое» отмечена стимуляция обменных процессов на начальных этапах заражения, совпадающих с пролиферацией микроспоридий (Исси, Онацкий, 1982, 1984). В этот период отмечено усиленное поглощение свободного кислорода митохондриями зараженных клеток гусениц чешуекрылых (Бабурина и др., 1989) и резкое возрастание количества митохондрий на единицу объема зараженной клетки. В ходе эволюции микроспоридии приобрели способность непосредственно поглощать произведенную клеткой хозяина АТФ для обеспечения себя энергией. В период пролиферации микроспоридий у насекомого повышается устойчивость ко многим отрицательным факторам, в т.ч. и к заражению другими энтопатогенными организмами, в частно-

сти бактериями (Исси, Онацкий, 1982; Ефименко, Исси, 1987).

Сравнение ультраструктурных картин здоровой и зараженной клеток показывает исчезновение в последней всех запасаемых веществ. В первую очередь в клетке насекомого-хозяина исчезают энергетические ресурсы - гранулы гликогена и липидные капли. Биохимический анализ показывает, что в жировом теле зараженных сверчков количество липидов снижается в 2, а гликогена в 3 раза и более (Dolgikh et al., 1997; Долгих, 1998). При этом направленность количественных изменений у разных групп липидов была принципиально различной (Долгих и др., 2002). В то время как триглицериды, в основном восполняющие энергетические затраты, существенно редуцировались, количество структурных фосфолипидов даже возрастало, что можно объяснить образованием многочисленных мембранных структур в зараженной клетке (рис. 2).

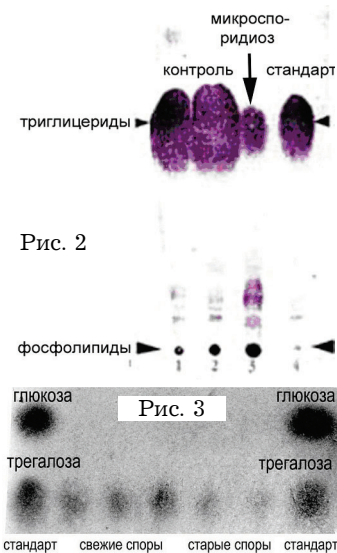


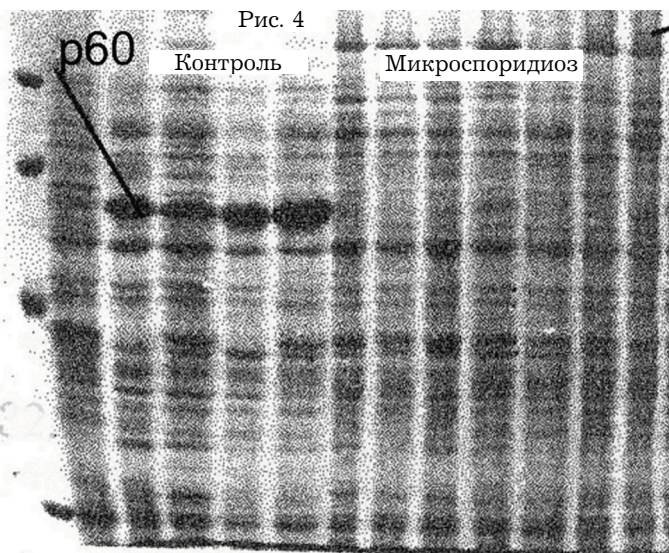
Рис. 2. Влияние микроспоридий на состав липидов в жировом теле сверчка

Рис. 3. Сравнительное содержание водорастворимых углеводов в спорах микроспоридий

Рис. 4. Влияние микроспоридий на содержание резервных белков жирового тела сверчка

Исчезновение запасных углеводов, в частности трегалозы (рис. 3), связано с тем, что их интенсивно используют па-

разиты, накапливая большие количества трегалозы в спорах в качестве источника энергии (Долгих, Семенов, 2003). Однако



исчезновение липидов в зараженной клетке не может быть объяснено использованием их в энергетическом обмене микроспоридий. Будучи анаэробами, микроспоридии сами не могут утилизировать липиды, их вынуждена использовать зараженная ими клетка хозяина, чтобы компенсировать свои энергетические затраты, обусловленные поддержанием жизнедеятельности размножающихся паразитов. Заражение клетки микроспоридиями сопровождается также потерей структурных белков р60 (Селезнев и др., 1997) (рис. 4).

Таким образом, паразиты не только сами поглощают различные субстраты пластического и энергетического обмена клетки хозяина, но и заставляют функциональные системы зараженной клетки работать на себя, что и приводит к избыточному расходованию, а затем и к полному исчезновению липидных запасов клетки.

Воздействие микроспоридий на запасы и обменные процессы клеток жирового тела сверчка на организменном уровне приводит к нарушению основных функций этого органа - запасания и синтеза различных веществ, необходимых для обеспечения ими такого процесса как онтогенез. У зараженных микроспоридиями особей замедляется рост, нарушаются процессы линьки и защитные функции организма. У большинства насекомых-хозяев резко падает плодовитость, иногда отмечается полная стерилизация самок (Долгих и др., 1996).

**Влияние пролиферативных стадий микроспоридий на активность неспецифических эстераз насекомого-хозяина.** Эстеразы в организме насекомых участвуют во многих физиологических процессах. Наиболее существенно их участие в липидном обмене, в расщеплении ювенильного гормона (ЮГ) на последних стадиях личинок при подготовке организма к метаморфозу, в процессах эмбриогенеза и детоксикации организма. Поэтому заслуживают внимания результаты опытов по влиянию микроспоридий

на активность множественных эстераз, которая была определена для брюшной нервной цепочки при микроспоридиозе чешуекрылых (Yefimenko et al., 2003), и для гемоцитов и жирового тела при микроспоридиозе прямокрылых насекомых (Соколова, Сундуков, 1999).

Для гусениц озимой совки *Agrotis segetum*, зараженных микроспоридией *Vairimorpha antheraeae*, показано, что в период пролиферации паразитов суммарная активность эстераз увеличивалась, но с началом спорогонии активность некоторых фракций резко снижалась и даже полностью подавлялась (рис. 5). Изучение эстеразной активности в жировом теле и гемоцитах двупятнистого сверчка *Gryllus bimaculatus*, зараженного микроспоридией *Paranosema grylli*, выявило подавление активности при переходе паразитов к спорогонии (Соколова, Сундуков, 1999; Соколова и др., 2000).

Анализ результатов этих опытов позволяет по-новому рассматривать причину гормонального дисбаланса ЮГ, проявляющегося у многих видов насекомых с полным превращением при микроспоридиозах. Возникающие при этом у насекомых патологические отклонения весьма напоминают картину, вызванную трансплантацией насекомым прилежащих тел *corpora allatae*. Она выражается в сохранении насекомыми при линьках признаков предшествующих стадий и в запрете для зараженных насекомых на метаморфоз и диапаузу (Исси, Токарев, 2002).

Основываясь на том, что эстеразы участвуют в снижении титра ЮГ в последних возрастах насекомых, что служит сигналом начала метаморфоза, а активность ряда форм этих ферментов под влиянием микроспоридий резко снижается, можно с достаточно высокой степенью уверенности утверждать о наличии взаимосвязи между падением активности ряда форм эстераз и эффектом избыточности ювенильного гормона у насекомых, зараженных микроспоридиями. Эти данные позволяют отказаться от высказанных ранее другими авторами предположений о двух причинах гормо-

нальных нарушений при микроспоридиозах. Полученные нами данные противоречат как гипотезе о возможности продуцирования ювенильного гормона своего хозяина самими микроспоридиями, так и предположению об активации функции прилежащих тел под влиянием микроспоридий.

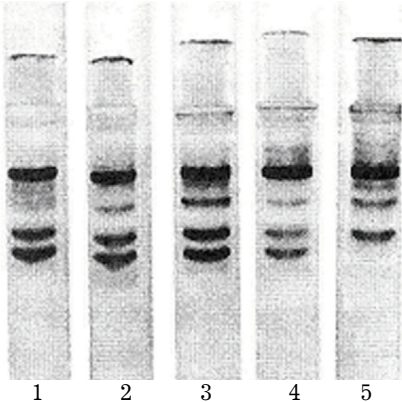


Рис. 5. Влияние микроспоридий на спектр эстераз брюшной нервной цепочки озимой совки: 1 - контроль; 2 - 3-й день заражения; 3 - 7-й день заражения; 4 - 12-й день заражения; 5 - 15-й день заражения

Увеличение активности эстераз на ранних этапах микроспоридиоза и последующее ее снижение в определенной мере могут объяснить также отмеченное в экспериментах сперва повышение устойчивости зараженных гусениц к другим патогенам (Исси, Онацкий, 1982), а затем резкое падение резистентности больных насекомых как к бактериальным препаратам, так и ко многим другим неблагоприятным факторам. Интересно, что падение резистентности еще более ярко, чем в поколении родителей, проявлялось в потомстве зараженных насекомых (Ефименко, Исси, 1987).

**Влияние микроспоридий на метаболические пути насекомого-хозяина.** Наиболее часто заражение микроспоридиями приводит к частичной или полной кастрации своего хозяина, причем у самок яичники либо не развиваются совсем, либо содержат небольшое число

развившихся яиц. В тех случаях, когда у самок двупятнистого сверчка не происходило развитие яичников, в их гемолимфе возрастало количество вителлогенинов (Селезнев и др., 1997).

Вероятно, клетки жирового тела продолжали продуцировать вителлогенины, но они оставались не востребуемыми недоразвитыми яичниками. В какой мере наличие в гемолимфе не востребуемых белков оказывало влияние на общее проявление патогенеза микроспоридиоза определить, не удалось. Однако изучение сходной ситуации у чешуекрылых показало, что не востребуемость производимого субстрата может приводить к отравлению организма насекомого-хозяина излишками биологического материала. Так, известно, что при заражении микроспоридиями *Nosema bombycis* шелкоотделительных желез гусениц тутового шелкопряда *Bombyx mori* насекомые погибали от интоксикации аминокислотами, идущими на построение шелковой нити, но не поступающими в результе болезни в производящие шелк клетки.

**Взаимодействие микроспоридий с иммунной системой насекомых при переходе паразитов к спорогонии.** После полного заселения цитоплазмы клетки и формирования зрелых спор происходит полная деградация всех органелл, последними погибают митохондрии (после сильной вакуолизации) и ядро. Оболочка клеток разрушается и споры выпадают в кишечный тракт или в гемолимфу хозяина. В первом случае споры выводятся из организма с экскрементами и служат источником заражения новых особей. Во втором - гемоциты изолируют и уничтожают споры микроспоридий путем фагоцитоза и инкапсуляции. Для спор некоторых микроспоридий установлена способность подавления слияния фагосом с лизосомами путем блокирования процесса закисления фагосомы. Это свойство четко выражено при контакте спор микроспоридий с фагоцитами неспецифических хозяев, либо с резидентными макрофагами, например в первичной культуре клеток

мышей (Weidner, 1975; Weidner, Sibley, 1985). Закисление фаголизосом, содержащих споры микроспоридий *Paranosema grylli* и *P. locustae* в активированных гемоцитах специфичных насекомых-хозяев, происходит в 100% случаев как *in vivo*, так и *in vitro* (Токарев, 2003). Это говорит об определенных ограничениях механизма подавления слияния фагосом с лизосомами, направленного на выживание спор микроспоридий при их фагоцитировании. Однако часть спор, попадающих в фаголизосомы гемоцитов или заключенных в меланизированные капсулы, остается способной выбросить полярные трубки и заразить другие клетки хозяина.

У гусениц капустной белянки *Pieris brassicae*, зараженной микроспоридией *Vairimorpha mesnili*, споры, захваченные одиночными гемоцитами, в массе выбрасывают полярные трубки. Но при сильном заражении насекомого гемоциты, полностью заполненные спорами, в результате агглютинации образуют скопления, заключенные в толстостенные соединительно-тканые капсулы размером до 0.5 мм (Исси, 1968). Споры погибают, но меланизация этих капсул происходит крайне редко.

В жировом теле сверчка *Gryllus bimaculatus* в очагах массового образования спор микроспоридии *P. grylli* отмечено интенсивное отложение меланина. Нами показано, что при отложениях меланина у двух видов прямокрылых насекомых - сверчка и саранчи *Locusta migratoria*, зараженных каждое своим видом микроспоридий (*P. grylli* или *P. locustae*), наблюдается повышение доли тератоспор микроспоридий (табл.). На основании этих данных сделано заключение о том, что меланин может оказывать тератогенный эффект на процесс спорогенеза у микроспоридий (Токарев, 2003).

Однако у большинства изученных нами и описанных в литературе случаев микроспоридиоза насекомых даже в острой фазе заболевания не наблюдалось ни меланизации, ни гемоцитарной инфильт-

рации тканей.

Данные по уровню фенолоксидазной (ФО) активности гемолимфы в процессе развития микроспоридиоза или при инъекции спор в полость тела насекомых позволяют предположить наличие способности микроспоридий подавлять ФО систему гемолимфы насекомых-хозяев (Соколова и др., 2000; Лозинская, 2002; Токарев, 2003). Для проверки этого предположения проведены эксперименты *in vitro*, результаты которых показали, что после инкубации монослоев гемоцитов со спорами микроспоридий в течение 1-2 часов доля ФО-положительных гемоцитов резко снижается. Этот эффект наблюдается при контакте спор с гемоцитами не только специфичного хозяина, но и других видов прямокрылых, и сильнее выражен при большем времени совместной инкубации. Интересным было то, что наиболее сильное снижение доли ФО-положительных гемоцитов сверчка происходило при контакте со спорами микроспоридии *P. locustae*, высоко патогенного паразита саранчовых с широким кругом насекомых-хозяев (рис. 6).

Эффективная агглютинирующая активность гемолимфы насекомых свидетельствует о достаточном уровне соединений, способных связывать чужеродные клетки. Роль агглютининов, в т.ч. апополипорофинов, в распознавании чужого и активации гемоцитов и фенолоксидазной системы достаточно хорошо изучена у насекомых и других беспозвоночных (Halwani, Dunphy, 1999; Niere et al., 1999; Halwani et al., 2000). Для гемолимфы двупятнистого сверчка показан сравнительно высокий уровень агглютинации эритроцитов человека (используемых как модельный объект) и спор *P. grylli*. Распознавание чужеродных клеток обоих типов основано на неспецифическом гидрофобном взаимодействии и осуществляется одним и тем же компонентом гидрофобной белковой фракции гемолимфы (Токарев, 2003).

На всем протяжении развития микроспоридиоза титр агглютинации у сверчка остается на исходном уровне и только в

случае острой фазы заболевания, сопровождающейся накоплением большого количества меланизированных капсул и гранул, агглютинирующая активность гемолимфы заметно снижена.

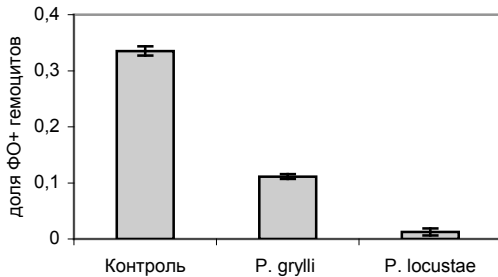


Рис. 6. Доля феноксидазоположительных клеток в монослое гемоцитов сверчка после инкубации со спорами микроспоридий *Paranosema grylli* и *P. locustae*

Это соответствует данным, приведенным для других протистов. Падение титра агглютинации гемолимфы отмечено при массовом отложении меланиновых гранул в мальпигиевых сосудах пустынной саранчи *Schistocerca gregaria*, пораженных *Malpighamoeba locustae* (Lackie et al., 1981).

Таблица. Влияние меланизации на спорогенез микроспоридий прямокрылых насекомых-хозяев

| Виды                       | Доля спор микроспоридий с нарушениями развития, % |                           |
|----------------------------|---|---------------------------|
|                            | В свободных от меланина тканях                    | В меланизированных тканях |
| <i>Locusta migratoria</i>  | 0.6 ± 0.27  | 5.9 ± 0.74                |
| <i>Gryllus bimaculatus</i> | 0.9 ± 0.21  | 4.1 ± 0.29                |

Вероятно, происходит связывание агглютининов с поверхностью зараженных клеток или меланизованных капсул при реализации защитных реакций. Связывание лектинов с меланиновыми отложениями показано при инокуляции комаров р. *Aedes* микрофиляриями *Brugia malayi* (Nayar, Knight, 1997). Предположение о связывании агглютининов гемолимфы в очагах меланизации при микроспоридио-

зе сверчка согласуется с нашими данными по агглютинации спор микроспоридий, поскольку в фазе острого микроспоридиоза из разрушенных клеток масса спор попадает в гемолимфу, и именно в этих местах происходит интенсивный меланогенез, опосредованный гемоцитами. Снижение агглютинирующей активности в гемолимфе сильно зараженных насекомых может быть дополнительным фактором снижения иммунного статуса насекомых-хозяев; однако это не может иметь широкого распространения, так как высокий уровень меланизации при микроспоридиозе известен только для отдельных паразито-хозяинных систем.

#### Суммируя изложенное, к факторам патогенности микроспоридий мы относим их способность:

- осуществлять заражение клеток хозяина, избегая опасных для спороплазм воздействий пищеварительных ферментов и контактов с фагоцитами в начале своего развития;
- подавлять ФО активность гемолимфы и иммунный потенциал насекомого;
- использовать метаболический аппарат клетки насекомых для обеспечения энергией процессов собственного внутриклеточного развития;
- резко снижать углеводные резервы клетки хозяина;
- снижать липидные запасы клетки хозяина;
- влиять на активность ферментов хозяина, регулирующих его развитие;
- избыточно стимулировать компенсаторные и репаративные реакции хозяина в период пролиферации, вызывая износ этих систем.

#### Патологические процессы, служащие причиной гибели и снижения численности насекомых при микроспоридиозе:

- дисфункция инвазированных клеток, тканей или органов, вызванная их заселением паразитами и способная привести к отравлению организма продуктами метаболизма, не востребуемыми этой тканью или органом;

- недостаточность вследствие использования паразитами энергетических субстратов, необходимых хозяину в периоды энергоемких процессов его развития, приводящая к нарушению таких процессов как рост, линьки, метаморфоз, созревание половой продукции, миграции, зимовка и другие;

- недостаточность энергетических и пластических субстратов, как следствие активированных инвазией репаративных и компенсаторных реакций - усиления процессов обмена, увеличения числа клеточных органелл - митохондрий, мембран и цистерн ретикулума и других;

- дисбаланс ювенильного гормона (ЮГ) и экдизона, спровоцированный влиянием микроспоридий на активность ферментов хозяина и имеющий результатом патологию метаморфоза и нарушения фотопериодической реакции;

- падение резистентности к любым отрицательным биотическим (другие патогены или паразиты) и абиотическим факторам (инсектициды, сублетальные температуры) вследствие перечисленных выше причин;

- снижение плодовитости, стерилизация и паразитическая кастрация.

Бабурина Г.Н., Исси И.В., Ефименко Т.М., Клянвиньш М.С., Раппопорт Е.Г., Соколова Ю.Я. Дыхательная активность митохондрий гусениц озимой совки *Agrothix segetum* при микроспоридиозе. /Бюлл. ВИЗР, 73, 1989, с.7-10.

Долгих В.В. Влияние микроспоридии *Nosema grylli* и кокцидии *Adelina grylli* на активность четырех ферментов энергетического и углеводного обмена в жировом теле сверчков *Gryllus bimaculatus*. /Паразитология, 32, 5, 1998, с.464-469.

Долгих В.В., Григорьев М.В., Соколова Ю.Я., Исси И.В. Сравнительное изучение влияния микроспоридии *Nosema grylli* и кокцидии *Adelina* sp. на развитие яичников и активность трех дегидрогеназ в жировом теле самок сверчков *Gryllus bimaculatus*. /Паразитология, 30, 1, 1996, с.70-75

Долгих В.В., Семенов П.Б., Григорьев М.В. Энергетический обмен микроспоридии *Nosema grylli* во время внутриклеточного развития. /Паразитология, 36, 6, 2002, с.493-501.

Долгих В.В., Семенов П.Б. Катаболизм трегалозы в спорах микроспоридии *Nosema grylli*. /Паразитология, 37, 2003, с.372-377.

Суммируя изложенное, мы приходим к выводу, что патогенные свойства таких внутриклеточных паразитов как микроспоридии обусловлены их полной зависимостью от метаболической активности клетки хозяина и характерным вследствие этого направленным воздействием паразитов на клетку и организм хозяина в целях обеспечения условий для пролиферации своих внутриклеточных стадий и созревания спор, готовых к заражению новых особей хозяина. Именно это целенаправленное воздействие на организм хозяина и служит причиной возникновения патологических нарушений, либо снижающих жизненный потенциал зараженной особи, либо приводящих хозяина к летальному исходу.

Результаты исследований, проведенных на паразито-хозяинной системе «микроспоридия-насекомое», выявили универсальный характер воздействия этих паразитов на зараженную ими клетку, ткань или орган, что свидетельствует о возможности использования полученных нами данных для оценки характера и силы патогенного воздействия микроспоридий на животного-хозяина любого систематического положения.

#### Литература

Ефименко Т.М., Исси И.В. Восприимчивость чешуекрылых к биопрепаратам при микроспоридиозе. /Современные проблемы протозоологии. Тез. докл. IV съезда ВОПР, Л., 1987, с.199-200.

Исси И.В. Микроспоридии, регулирующие численность вредных видов. /Труды ВИЗР, 31, 1968, с.300-330.

Исси И.В., Онацкий Н.М. Смертность гусениц капустной белянки *Pieris brassicae* L. от смешанного заболевания, вызванного микроспоридией *Nosema mesnili* и бактерией *Bacillus thuringiensis* v. *galleria*. /Бюлл. ВИЗР, 52, 1982, с.3-9.

Исси И.В., Онацкий Н.М. Особенности взаимоотношений микроспоридий и насекомых на ранних этапах заболевания. /Сер. Протозоология, 9. "Паразито-хозяинные отношения. Эволюция паразитизма у простейших", 1984, с.102-113.

Исси И.В., Токарев Ю.С. Влияние микроспоридий на гормональное состояние насекомых-хозяев. /Паразитология, 36, 5, 2002, с.405-421.

Лозинская Я.Л. Изменение активности детоксицирующих ферментов и антиоксидантного статуса личинок *Galleria mellonella* L. при микроспоридиозе.



зе. Автореф. канд. дисс., Новосибирск, 2002, 19 с.

Селезнев К.В., Антонова О.А., Исси И.В. Влияние микроспориидоза на состав белков в жировом теле и гемолимфе сверчков. /Паразитология, 31, 2, 1997, с.181-185.

Соколова Ю.Я., Исси И.В. Энтмопатогенные простейшие и особенности патогенеза протозойных заболеваний насекомых. В кн.: «Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты», М., "Круглый год", 2001 с.76-188.

Соколова Ю.Я., Сундуков В.В. Подавление эстеразной активности как специфичная черта патогенеза микроспориидоза сверчка *Gryllus bimaculatus*. /Паразитология, 33, 1999, с.527-535.

Соколова Ю.Я., Токарев Ю.С., Лозинская Я.Л., Глухов В.В. Морфофункциональный анализ гемоцитов сверчка *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera, Gryllidae) в норме и при остром микроспориидозе, вызываемом *Nosema grylli*. /Паразитология, 32, 2000, с.408-419

Токарев Ю.С. Иммунные реакции гемолимфы прямкрылых насекомых при микроспориидозе. Автореф. канд. дисс., С-Петербург-Пушкин, 2003, 20 с.

Dolgikh V., Sokolova Y., Issi I. Activities of Enzymes of Carbohydrate and Energy Metabolism of the Spores of the Microsporidian, *Nosema grylli*. /J. Euk. Microbiol., 44, 3, 1997, p.246-249.

Halwani AE, Dunphy GB. Apolipophorin-III in *Galleria mellonella* potentiates hemolymph lytic activity. *Dev Comp Immunol.*, Oct-Dec,23(7-8), 1999, p.563-70.

Halwani A.E., Niven D.F., Dunphy G.B., Apolipophorin-III and the interactions of lipoteichoic acids with the immediate immune responses of *Galleria mellonella*. /J. Invertebr. Pathol., 76, 2000, p.233-241.

Hirt R.P., Healy B., Vossbrinck C.R., Canning E.U.,

Embley T.M. A mitochondrial Hsp70 orthologue in *Vairimorpha necatrix*: molecular evidence that microsporidia once contained mitochondria. /*Curr. Biol.*, 7, 1997, p.995-998

Ishihara R., Hayashi Y. Some properties of ribosomes from sporoplasm of *Nosema bombycis*. /*J. Invertebr. Pathol.*, 11, 1968, p.377-385.

Yefimenko T.M., Sundukov O.V., Issi I.V. Effect of Microsporidia infection on the esterases activities in *Agrotis segetum* caterpillars. /*Вест. зоологии*, 35, 4, 2001, с.45-50

Lackie A.M. The specificity of the serum agglutinins of *Periplaneta americana* and *Schistocerca gregaria* and its relationship to the insect immune response. /*J. Insect. Physiol.*, 27, 1981, p.139-143.

Nayar J.K., Knight W., Hemagglutinins in mosquitoes and their role in the immune response to *Brugia malayi* (Filarioidea: Nematoda) larvae. /*Comp. Biochem. Physiol.*, 118A, 1997, p.1321-1326.

Niere M, Meisslitzer C, Dettloff M, Weise C, Ziegler M, Wiesner A. Insect immune activation by recombinant *Galleria mellonella* apolipophorin III(1). /*Biochim Biophys Acta* Aug 17, 1433(1-2) 1999, p.16-26

Trager W. Some aspects of intracellular parasitism. *Science*. 1974 Jan 25;183(122):269-73.

Vossbrinck C.R., Woese C.R. Eukaryotic ribosomes that lack a 5.8S RNA. /*Nature*, 320, 1986, p.287-288.

Weidner E. Interactions between *Encephalitozoon cuniculi* and macrophages. Parasitophorous vacuole growth and the absence of lysosome fusion. /*Z. Parasitenkd.*, 47, 1975, s.1-9.

Weidner E., Sibley L.D. Phagocytized intracellular microsporidian blocks phagosome acidification and phagosome-lysosome fusion. /*J. Protozool.*, 32, 1985, p.311-317.

## FACTORS OF THE PATHOGENICITY OF MICROSPORIDIA, INTRACELLULAR PARASITES OF INSECTS

I.V.Issi, V.V.Dolgikh, Yu.Ya.Sokolova, Yu.S.Tokarev

Microsporidia are ancient eukaryotic protists which are perfectly adapted for intracellular parasitism. These organisms possess the smallest genome among all eukaryotes and their pathogenicity is completely determined by the metabolic activity of the host cells (in the first place, it depends on the production of the exogenic ATP necessary for the parasites' development), since the parasites hand over the vital functions of their cell to the host and use substrates of the host cell for ensuring their vitality.

## СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АГРОБИОЦЕНОЛОГИИ (III)

**А.Ф.Зубков**

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

В двух первых частях (Вестник..., 1 и 2, 2005) были рассмотрены этапы становления агробиоценологии - 1) физиономическое описание агробиоценозов и 2) экосистемное развитие количественной агробиоценологии. Среди экосистемных подходов была затронута в общих чертах и оценка биоценологических связей между компонентами агроценозов (продуцентами и фитофагами, фитофагами и зоофагами и др.). В данной работе количественная характеристика взаимоотношений между культурными растениями и вредными организмами рассматривается полнее в связи с большой экономической значимостью проблемы. Основное внимание уделено завершающей стадии определения роли гетеротрофов - оценке комплексной вредности сорняков, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур на уровне полевого агроценоза.

Оценка вредности сорняков, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур - наиважнейшая, основополагающая процедура агрофитосанитарии - комплекса мер по ликвидации или нейтрализации неблагоприятного влияния различных факторов на растения. Без регулярной оценки и прогнозирования потерь от вредных организмов невозможны ни поддержание средствами защиты растений фитосанитарного благополучия ни в конечном итоге конструирование высокопродуктивных устойчивых агроэкосистем - задачи, вытекающей из идеологии адаптивного полеводства,

провозглашенного РАСХН. При этом с хозяйственной и экологической сторон одинаково нежелательны как переоценка, так и недооценка роли вредных организмов.

Вредность на культурных растениях различных вредных организмов изучается в рамках ряда конкретных дисциплин - сельскохозяйственной энтомологии, фитопатологии, гербологии и др. Оценка комплексной вредности сорняков, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур - прерогатива всецело агробиоценологии, одна из главных ее задач.

### **Оценка комплексной вредности сорняков, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур**

Проанализировав в начале 1930-х годов ситуацию с оценкой потерь от вредителей и болезней, сотрудник ВИЗР профессор А.А.Любищев (1931) констатировал, что не имеется заслуживающих доверия данных о потерях решительно ни по одному виду насекомых, так как при их получении допущен ряд методических ошибок. Он подразделил потери на прямые и косвенные, актуальные и потенциальные. Прямые потери - результат уничтожения растений или снижение их продуктивности. Вслед за ними образуются косвенные потери вследствие экологических издержек (снижение качества продукции и др.). Актуальные потери могут быть определены в натуре, потенциальные прогнозируются.

Прогноз потенциальных потерь - дело благодарное, поскольку он зависит от прогноза внешних факторов, в первую очередь метеорологических, и хода внутрипопуляционных генетических перестроек у вредных объектов. Несмотря на красоту математических моделей развития эпифитотий, разработанных для ряда фитопатогенов, оправдываемость прогнозов невелика. Рациональнее принять потенциальные потери за 100% для большинства из вредоносных объектов (такое теоретически может случиться и сосредоточиться на статистических оценках актуальных потерь).

Среди крупных методических ошибок А.А.Любищев указал недоучет таких факторов как избирательность вредите-

лями определенного габитуса растений при питании, компенсацию повреждений со стороны как поврежденного растения, так и окружающих его здоровых растений. Без учета того и другого фактора получить сколько-нибудь правдоподобные оценки вреда от вредителей невозможно. Эти же факторы приводят к ошибкам при глазомерном (экспертном) подходе определения потерь, поскольку оценки могут быть исправлены только статистическим путем. Будучи сторонником статистико-аналитического подхода, А.А.Любищев (1931a) применил методику сравнения не средних значений, а линий регрессии продуктивности по независимым от вредителей признакам развития растений (длине стебля, колоса и т.п.) у двух групп последних - поврежденных и неповрежденных.

Следует отметить, к сожалению, что за прошедшие три четверти века ситуация с оценкой потерь от вредных объектов мало изменилась. В большей части экспериментальных работ фактор избирательности вредными насекомыми и фитопатогенами не принимается во внимание, как и фактор последующей компенсации вреда сообществом растений. Также превалирует экспертный подход в оценке наносимых потерь. При этом господство презумпции виновности вредных с точки зрения человека видов, присутствующих на поле, приводит к существенному завышению отрицательной роли вредных организмов в формировании урожая сельскохозяйственных культур. То же можно сказать и о сорняках, которые изначально занимают свободные от культурных растений минипространства и, не конкурируя до определенного времени с культурными растениями, отчасти не ответственны за приписываемый им вред.

А.А.Любищев (1931) дифференцировал также потери на ликвидные, рентабельно предотвращаемые на практике, и неликвидные. К неликвидным потерям отнесены такие, которые при настоящем уровне знаний не могут быть предотвращены вовсе или только при чрезмер-

ных затратах. Ликвидные потери усугубляются в опытах с пестицидами. Вместе они составляют общие потери. Оценивать эффективность защиты следует, сопоставляя ее результаты не только с общими потерями, но и с ликвидными. С проблемой неликвидных потерь должны разбираться научные организации, стремясь перевести их в ликвидные путем разработки новых приемов и средств.

Эта антитеза редко принималась к руководству учеными и тем более практиками защиты растений, благополучие последних традиционно зависит не от сохраненного урожая, а от объемов проведенных или даже только планируемых мероприятий. К неликвидным могут быть отнесены также потери, которые приносят вредители и фитопатогены до момента проведения против них защитного мероприятия. Определить их опытным путем затруднительно, поскольку для сравнения требуется некий "абсолютно чистый" (изначально без вредных организмов и без пестицидов) контроль, вариант естественного развития агроценоза, а также пестицидные варианты подавления вредных организмов.

А.А.Любищев (1935) разграничил оценку прямых потерь урожая в натуральных единицах его измерения от денежного выражения причиняемого вреда, отнеся первые к теме оценки вредоносности. Последуем его примеру, введя дополнительно термин "вредоспособность" (снижение продуктивности растения или урожайности на единицу признака вредного объекта (Зубков, 1973) в отличие от его вредоносности на единице площади. К термину "потери" отнесем вред, выраженный в основном в денежных единицах и связанный с площадью распространения вредного вида, снижения качества и стоимости продукции и т.д. Потери являются функцией многих факторов, включая параметры вредоносности, однако в первую очередь - от экономических обстоятельств.

Разнообразие полевых факторов, влияющих на полевую вредоносность

того или другого вредного организма, не позволяет адекватно определить ее экспериментальным путем (исключая случаи полной гибели посевов), несмотря на все многообразие приемов и методов, испытанных и описанных в литературе за прошедшее столетие.

Наконец, следует отметить еще одно важное обстоятельство. Среди приводящих к систематическим ошибкам основных методических недочетов при оценке потерь от вредных организмов, указанных А.А.Любищевым, отсутствует недочет взаимодействия влияний на растения со стороны двух или большего числа присутствующих вредных объектов\*. Как известно, оценка совместного вреда от комплекса вредных объектов путем сложения оценок потерь от них, проведенных по одиночке, приводит к значительной переоценке их роли. Сумма потерь в таких случаях часто превышает 100%, хотя на поле зреет неплохой урожай.

В.И.Танский (1984,1988) привел материалы, показывающие, что повреждение растений одним видом вредителя существенно отражается на повреждении другим, чаще ослабляя роль последнего, хотя может наблюдаться и обратная картина. Так, в вегетационных опытах присутствие бурой ржавчины на растениях пшеницы ослабляло, а злаковых тлей - усиливало вредоносность корневых гнилей (Танский и др., 2000). Известно, что повреждение поверхности растения насекомыми ведет к развитию ряда болезней растений.

Итак, характеристика вредоносности видов порознь при одновременном их воздействии на растения приводит к неадекватной оценке их роли. Определение в организованном эксперименте комплексной вредоносности нескольких вредных объектов, требует закладки неподъемного числа вариантов их сочетаний. Поэтому оценка в эксперименте на одном и том же поле роли группы вредных видов - нечастое событие, к тому же проводится она обычно опять-таки для каждого вида по отдельности. С учетом этого обстоятельства становится очевид-

ным, что приходится распрощаться с иллюзией опытным путем оценить полевою вредоносность даже отдельных вредных объектов, не говоря уже о комплексном влиянии на посев вредителей, болезней и сорняков. Тем более что существует работоспособная процедура оценки полевой комплексной вредоносности.

В начале 1970-х годов был сформулирован информационно-статистический подход к оценке биоценологических связей в агроценозе, в общих чертах рассмотренный во второй части сообщения (Вестник..., 2, 2005). Он включает и полевой метод оценки комплексной вредоносности сорных растений, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. Были разработаны унифицированные методики сбора полевой биоценологической информации на постоянных учетных площадках и ее статистической обработки с помощью дисперсионного, регрессионного и детерминационного анализов (Зубков, 1973,1981). Первые уравнения комплексной вредоносности вредителей были рассчитаны в ВИЗР (Зубков, Титова, 1968; Зубков, 1970).

Апробация информационно-статистического подхода к оценке комплексной вредоносности была проведена на посевах ряда культур: озимой пшеницы (Зубков и др., 1984,1989), риса (Буй Ван Ик и др., 1987), фасоли на Кубе (Лабрада, Зубков, 1991), хлопчатника в СРВ, а молодыми исследователями - на всех культурах полевого севооборота Центральной Черноземной полосы (Жуков, 2004; Шпанев, 2005; Зубков и др., 2005).

\*В те годы исправить положение было принципиально невозможно хотя бы потому, что отсутствовала необходимая для этого вычислительная техника.

### Методика исследований

При оценке комплексной вредоносности необходима скорректированная во времени и пространстве полевая информация - единовременные учеты организмов и фитосанитарного состояния растений на постоянных учетных площадках, замаркированных после всходов культур ко-

лышками и по земле шпагатом. Площадь постоянной площадки соизмеряется с протяженностью агроценоконсорции, на пшенице обычно 0.1 м<sup>2</sup>, пропашных культурах - 1.4 м<sup>2</sup>. В агроценоконсорции взаимодействуют особи автотрофной и гетеротрофных ценоячеек. Ценоячейка - группа особей, непосредственно связанных взаимоотношениями по принципу каждая со всеми остальными.

Расположение площадок на поле следует систематическому типическому (последнему) способу отбора проб, когда площадки устанавливаются в систематическом порядке на нескольких выявленных на поле или предполагаемых экологических разностях (участках). Например, в центре и по краям поля. Количество устанавливаемых постоянных площадок определяется спецификой проводимых исследований. Получить реалистичные оценки вредоносности комплекса видов удается уже при 100 учетных площадках. Причем длина вариационного ряда может ежегодно пополняться, результаты оценки вредоносности - уточняться. Создается база данных.

На постоянных площадках за сезон проводится несколько одновременных визуальных учетов признаков, характеризующих фитосанитарное состояние посева. К ним, в первую очередь, относятся признаки густоты стояния и развития культурных и сорных растений, проективное покрытие ими поверхности почвы, численность насекомых и степень повреждения ими и поражения фитопатогенами культуры. Рядом с постоянными площадками берутся разовые пробы для учета фитомассы, почвенных обитателей, повреждений и заболеваний корней и т.д. При уборке на каждой площадке проводится полный разбор снопа по элементам структуры урожая.

Терминология, относящаяся к характеристике фитосанитарного состояния посева, легко поддается унификации, необходимой при оценке многообразных биоценологических связей.

Степень повреждения совокупности растений вредителями и поражения фи-

топатогенами выражается двумя показателями: *поврежденностью/пораженностью* (долей или процентом поврежденных/пораженных растений, стеблей, листьев и т.д.) и *интенсивностью повреждения/поражения* группы поврежденных/пораженных растений, стеблей и т.д. в баллах или в % по принятым шкалам. Пораженность соответствует принятому в фитопатологии термину "степень распространения" патогена. Общая степень повреждения/поражения посева характеризуется общим баллом или % повреждения/поражения растений (сумма баллов, деленная на общее в пробе число растений). Соответствует фитопатологическому термину "степень развития" болезни.

Степень засорения (или засоренности) посева сорняками измеряется числом сорных растений на единице площади и процентом или баллом проективного покрытия ими поверхности почвы.

В качестве унифицированной балльной шкалы выражения интенсивности повреждения/поражения и засорения посева предложена единая 6-балльная шкала с привычным качественным описанием степени проявления признака: 0, 1- очень слабое (до 5%), 3- слабое (6-25%), 5- среднее (26-50%), 7- сильное (51-75%), 9- очень сильное проявление признака (более 75%). Обозначение баллов нечетными цифрами дает возможность легко расширить шкалу до 10-балльной. При помощи универсальной балльной шкалы легко закодировать значения и других признаков, а также фазы развития насекомых, культурных и сорных растений.

При статистической обработке межгодовые различия (как и между участками) элиминируются при дисперсионном анализе и расчеты уравнений регрессии и детерминации ведутся с использованием матриц внутригрупповых корреляций. Признаки разнообразных объектов объединяются в трофические уровни - культура ( $X_f$ ), вредные виды ( $X_k$ ), признаки раннего состояния посева ( $X_L$ ). Культура представлена структурой ее урожая).

Зависимость урожая от вредных объ-

ектов при низком их обилии аппроксимируется линейной функцией. Обычно в литературе используется приводящая к ошибкам модель связей  $X_k \rightarrow X_f$ . С целью статистического устранения влияния факторов избирательности растений вредителями и болезнями, а также мест произрастания сорняков, в уравнения  $X_f$  по  $X_k$  следует вводить признаки  $X_L$ . Далее включением в уравнение признаков всех основных вредных объектов ( $X_k, X_k', X_k''$  и т.д.) можно учесть и фактор взаимодействия влияний на посев комплекса вредных объектов:

$$x_f = a + \sum b_{fk.k'L} x_k + \sum b_{fL.kk} x_L, \quad (1)$$

где  $b_{fk.k'L}$  - коэффициент вредоспособности каждого объекта (потери в г/экз., зерен/экз., %/особь; г/балл и др.), по которым определяются общие потери ( $\sum b_{fk.k'L} \bar{x}_k$ ). Далее прогнозируется потенциальная (без влияния вредных объектов) урожайности ( $X_0^*$ ) при  $x_k=0$  и при средних значениях признаков  $\bar{x}_L$ :

$$x_0^* = \bar{x}_0 - \sum b_{0k.k'L} \bar{x}_k.$$

Общие потери и относительные коэффициенты вредоспособности  $V\%$  удобно выражать в % от потенциальной урожайности  $X_0^*$ :

$$V\% = 100 b_{0k.k'L} / x_0^*,$$

а полевою комплексною вредоносность - уравнением урожайности  $X_0$ :

$$x_0 = x_0^* + \sum b_{0k.k'L} x_k$$

$$\text{или } x_0\% = 100 + \sum V\% x_k, \quad (2)$$

где  $\sum$  - знак суммы (по количеству вредных объектов).

Сам процесс эмпирического регрессионного моделирования комплексной вредоносности при использовании компьютерных статпакетов превратился в увлекательную процедуру расчетов регрессионных уравнений, удовлетворяющих всем условиям полевых исследований. В условиях неорганизованного полевого эксперимента, когда множество признаков объектов свободно варьирует в поле, предстоит эти объекты учесть и провести статистико-информационный анализ связей между элементами агроценоза по

принципу "черного ящика" с входящей и исходящей информацией. Существенно "просветляет" его анализ путей влияния вредных объектов на элементы структуры урожая с помощью алгоритмов путевого регрессионного анализа (рис. 1).

Выбору окончательного уравнения предшествует

- вербальная фитосанитарная оценка состояния посева с имеющейся в литературе характеристикой вреда от присутствующих вредителей, болезней и сорняков;

- анализ матриц общих и внутригрупповых корреляционных связей между признаками вредных видов и сельскохозяйственной культуры;

- подбор признаков- $X_L$  для каждого вредного объекта с целью устранения его избирательной способности по схеме  $r_{0k} \rightarrow r_{0kL} \rightarrow b_{0kL}$  (здесь  $r$  - стандартизованный, а  $b$  - натуральный коэффициент вредоспособности); уже на этом этапе могут быть получены состоятельные оценки вреда от того или другого вредного вида, поскольку фактор избирательности уже учтен, а компенсация растениями влияния, произведенного вредным объектом, автоматически учитывается при работе с постоянными площадками, где происходит активная интерференция между растениями в ценоконсорции;

- группировка признаков вредных объектов и проверка значимости их влияния на урожайность в регрессионных уравнениях с помощью детерминационного анализа.

Поскольку при использовании этого приема чистый контроль отсутствует - его заменяет потенциальная урожайность ( $X_0^*$ ) - верификация полученных данных возможна повторением такого рода исследований.

На полях каждой культуры образуются группы площадок, различающиеся между собой по факторам роста растений. Эти различия (то есть межгрупповое варьирование) статистически элиминировались путем исключения из дисперсии признаков (как вредных объектов, так и культуры) той ее части, которую контролировали природные (годы, участки поля),

и/или организованные в опытах (поля, варианты удобрений, иных мероприятий) факторы. Тем самым осуществлялся статистический контроль за самоорганизующимися природными и организованными в полевых экспериментах факторами.

Определенный статистический контроль возможен и за разнообразными свободно варьирующими на полях факторами роста культурных растений при определении показателей роли вредоносных видов с помощью признаков- $X_L$ , которые наравне с признаками- $X_k$  вредоносных видов включались в уравнения регрессии. Измерить в поле все сопутствующие факторы, влияющие на оценку вредоносности, невозможно. Однако про-

движение в этом направлении имеется. Следует в качестве переменных  $X_L$  выбирать такие признаки, которые интегративно характеризуют условия произрастания культурных растений. Таким собирательным признаком может выступать прежде всего общая фитомасса на постоянной учетной площадке в конце сезона как косвенный показатель сложившихся за сезон условий роста растений. Включение его в уравнение множественной регрессии позволяет статистически усреднить эти условия и, контролируя долю случайной (внутригрупповой) гетерогенности урожайности культуры, реалистичнее показать роль вредоносных видов при ее формировании.

### Примеры оценок комплексной вредоносности

Унифицированная методика оценки биоценологических связей особенно эффективна при диагностике фитоценологических отношений в посеве. Практика издавна нуждалась в этих знаниях, но даже последние методики оценки конкуренции и вредоносности сорняков не содержат приемов устранения эффекта замещения ими изначально свободных от культурных растений мест произрастания, что приводит к переоценке потерь от сорной растительности. Сравнение распространенного метода оценки вредоносности сорняков на модельных площадках, где создавался разный уровень засоренности, с методом постоянных площадок при естественном произрастании сорняков на примере подмаренника цепкого *Galium aparine* в посеве озимой пшеницы показало, что в первом случае коэффициент вредоспособности сорняка завышается в несколько раз (Воеводин, Зубков, 1986).

Эффективность предложенных приемов можно продемонстрировать результатами оценки вредоносности основных вредителей и заболеваний на рисе, проведенной по материалам полевых опытов с маркировкой кустов риса на делянках с разными технологиями защиты растений (Буй Ван Ик и др., 1987). Куст состоял из 4-5 растений риса и представлял вместе с почвой и

консументами четко выраженную агроценоконсорцию. Рис повреждался не сильно минирующей мухой *Chlorops oryzae* и рисовой листоверткой *Cnaphalocrocis medinalis*, поражался пирикулярриозом *Piricularia oryzae*, гельминтоспориозом *Bipolaris oryzae*, ожогом влагалища листа *Corticium sasakii*.

Влияние вариантов опыта элиминировалось при помощи дисперсионного анализа, расчеты велись с использованием матрицы внутригрупповых корреляций  $|r_{el}|$ . Сравнения проведены по четырем моделям оценки влияния вредных объектов  $X_k, \dots, X_k'$  на урожайность зерна риса  $X_0^*$  (табл. 1):

| Мо-де-ли | Другие $X_k$ | Уравнения множественной регрессии                                 |
|----------|--------------|---|
| 1        | - нет        | $x_0 = a + b_{0k}x_k$   |
| 2        | + нет        | $x_0 = a + b_{0k.L}x_k + b_{0k.L}x_L$                             |
| 3        | - да         | $x_0 = a + b_{0k.k'}x_k + \dots + b_{0k'.k}x_k'$                  |
| 4        | + да         | $x_0 = a + b_{0k.k'}x_k + \dots + b_{0k'.k}x_k' + b_{0L.k.k'}x_L$ |

В связи со слабым взаимодействием влияний вредных объектов на урожай риса значения  $V\%$ , рассчитанные по моделям (1) и (3), а также по моделям (2) и (4), различались незначительно (табл. 2).

Хорошо видно, что пирикулярриоз об-

ладает положительной, а листовертка и гельминтоспориоз - отрицательной избирательной способностью: устранение ее при помощи  $X_L$ -признаков в первом случае повышало, а во втором - понижало значения показателей вредоносности объектов. Избирательность возбудителя ожога влагалица листа не выявлена, как не вы-

явлена вредоносность минирующей мухи.

В итоге более реалистичные оценки потерь зерна от комплекса видов по модели-4 составили 5%, а не в 2 с лишним раза выше по модели-1, которая наиболее часто встречается в литературе. Это цена эффективности применения рекомендуемой к использованию модели-4.

Таблица 2. Оценка комплексной вредоносности вредителей и болезней риса (СРВ, 1985)

| $X_k$                            | Вредные объекты  | Коэффициент вредоспособности |       |       |       | Потери в % от потенциального урожая по модели: |     |      |     |
|----------------------------------|------------------|------------------------------|-------|-------|-------|--|-----|------|-----|
|                                  |                  | V% по модели:                |       |       |       | урожая по модели:                              |     |      |     |
|                                  |                  | 1                            | 2     | 3     | 4     | 1  | 2   | 3    | 4   |
| $X_7$                            | Минирующая муха  | 0.83                         | 0.17  | 0.80  | 0.20  | 0  | 0   | 0    | 0   |
| $X_7$                            | Листовертка      | -0.42                        | -0.16 | -0.45 | -0.17 | 0.6  | 0.2 | 0.7  | 0.2 |
| $X_9$                            | Пирикуляриоз     | -0.08                        | -0.47 | -0.09 | -0.45 | 0.2  | 0.9 | 0.2  | 0.8 |
| $X_9$                            | Гельминтоспориоз | -1.51                        | -0.59 | -1.40 | -0.50 | 7.5  | 2.9 | 7.0  | 2.5 |
| $X_9''$                          | Ожог листа       | -0.12                        | -0.07 | -0.11 | -0.05 | 4.0  | 2.1 | 3.6  | 1.5 |
| Сумма потерь от вредных объектов |                  |                              |       |       |       | 12.3   | 6.1 | 11.5 | 5.0 |

$X_7$  и  $X_7'$  - повреждено листьев, %;  $X_9$ ' - поражено листьев, %,  $X_9''$ - поражено стеблей, %.

Комплексная вредоносность основных вредителей, болезней и сорняков на посевах озимой пшеницы была оценена в 1977-1982 гг. в Предгорной зоне Ставропольского края. Наблюдения проведены

на 170 постоянных площадках 0.1 м<sup>2</sup> на пяти полях. Расчеты сделаны при элиминировании межгрупповых различий с использованием  $s_e$ ,  $p_e$ ,  $b_e$  модели-4 таблицы 1 в иерархическом графе связей (рис. 1).

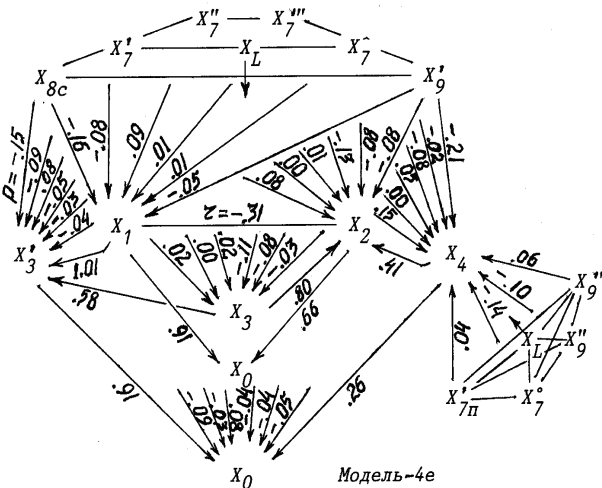


Рис. 1. Статистическая модель влияния вредителей ( $X_7$ ), фитопатогенов ( $X_9$ ) и сорняков ( $X_{8c}$ ) на элементы структуры урожая озимой пшеницы ( $X_f$ ) сорта Безостая-1. Предгорная зона Ставропольского края, 1977-1982 (Зубков, 1989)

Причинно-следственные связи изображены стрелками и оценены коэффициентами пути  $r_{fkL}$ ;  $X_L$ - признаки посева, элиминирующие его раннюю гетерогенность и избирательность растений объектами.  $X_0$  - масса зерна,  $X_1$  - число колосоносных стеблей и  $X_3'$  - число зерен на площадке,  $X_2$  - масса и  $X_3$  - число зерен колоса,  $X_4$  - масса зерновки. Частная детерминация зависимого признака от определяющих вредных объектов:  $d_{1,kL} = 0.04^*$ ,  $d_{2,kL} = 0.03$ ,  $d_{3,kL} = 0.02$ ,  $d_{3',kL} = 0.04^*$ ,  $d_{4,kL} = 0.08^*$ ,  $d_{0,kL} = 0.05^*$  (\*существенен при  $P \geq 0.95$ ).

$X_{8c}$  - сорные растения, проективное покрытие, %;  $X_7'$  - шведская муха, поврежденность зачатков стеблей, %;  $X_7''$  - хлебная жужелица, развитие, %;  $X_7^*$  - злаковые тли, экз/м<sup>2</sup>;  $X_7^*$  - пилильщик, поврежденность, %;  $X_9'$  - корневые гнили, пораженность стеблей, %;  $X_9''$  - мучнистая роса, развитие, %;  $X_7''$  - пыльца красногрудая, общая степень повреждения, %;  $X_7'п$  - шведская муха на подгоне, поврежденность, %;  $X_9'''$  - бурая ржавчина, развитие, %.

При оценке вредоспособности объектов в процессе регрессионного анализа вредные виды органично разбились на

две группы, взаимодействие влияний на урожай пшеницы объектов одной группы с влиянием другой несущественно.



В первую группу вошли виды, которые могут повлиять на урожайность зерна путем изменения как густоты стеблестоя, так и массы зерен колоса (прямо или опосредованно через густоту): сорняки ( $X_{8c}$ ), шведская муха *Oscinella* sp. ( $X_7$ ), пьявица красногрудая ( $X_7'$ ), хлебная жужелица *Zabrus tenebrioides* ( $X_7''$ ), злаковые тли (преобладала *Sch. gramina*,  $X_7^{\wedge}$ ) и корневые гнили ( $X_9^{\circ}$ , учтенные при уборке).

Во вторую - виды, влияющие только через второй путь, - хлебный пилильщик ( $X_7^{\circ}$ ), мучнистая роса *Erysiphe graminis* ( $X_9''$ ), бурая ржавчина *Puccinia triticina* ( $X_9'''$ ). Сюда же отнесены злаковые мухи при повреждении стеблей подгона ( $X_{7п}$ ) (рис. 1). Затем рассчитаны уравнения комплексной вредоносности при среднем урожае на полях за годы исследований 41.3 ц/га (табл. 3).

Таблица 3. Оценка комплексной вредоносности вредных организмов на озимой пшенице (по рисунку 1). Ставропольский край, 1977-1982

| Показатели      | Аргументы уравнений множественной регрессии урожайности пшеницы $X_0$ |          |            |                   |                   |                       |           |                  |            |             | Частная детерминация, $d_{f.k.L}$ |               |               |
|-----------------|---|----------|------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------|------------------|------------|-------------|-----------------------------------|---------------|---------------|
|                 | по признакам вредных объектов $X_k$ первой группы                     |          |            |                   |                   | и $X_L$ второй группы |           |                  |            |             |                                   |               |               |
|                 | $X_{8c}$  | $X_{71}$ | $X_{74}''$ | $X_{74}^{\wedge}$ | $X_{73}^{\wedge}$ | $X_{91}$              | $X_{71п}$ | $X_{71}^{\circ}$ | $X_{94}''$ | $X_{94}'''$ | $X_{12}$                          | $X_0^{\circ}$ | $X_3^{\circ}$ |
| $\rho_{0k.k'L}$ | -0.08   | -0.02    | .08        | -0.10             | -0.04             | -0.05                 |           |                  |            |             | +                                 | +             | .043*         |
| $\rho_{0k.k'L}$ |   |          |            |                   |                   | .05                   | -0.08     | -0.03            | .03        |             | +                                 | +             | .010*         |
| $b_{0k.k'L}$    | -1.3  | -0.05    | .67        | -0.62             | -0.05             | -0.05                 | .16       | -0.05            | -0.13      | .27         | Потери, г/0.1 м <sup>2</sup>      |               |               |
| $b_{\bar{x}_k}$ | -1.44   | -0.80    | .73        | -0.37             | -1.43             | -0.62                 | .82       | -1.00            | -0.76      | .13         | 6.42 ...                          | 4.74°         |               |
| $V\%$           | -0.3  | -0.1     | 1.5        | -1.0              | -0.1              | -0.1                  | .3        | -0.1             | -0.3       | .5          | То же в %                         |               |               |
| $V_{\bar{x}_k}$ | -3.0  | -1.6     | 1.6        | -0.8              | -3.0              | -1.3                  | 1.8       | -2.1             | -1.6       | .3          | 13.5 ...                          | 10.3°         |               |

Обозначения признаков  $X_k$  даны в тексте и на рисунке. \*Потери рассчитаны с учетом положительного влияния вредных объектов.  $X_0$  - масса зерна,  $X_L$ :  $X_{12}$  - густота пшеницы весной,  $X_0^{\circ}$  - фитомасса и  $X_3^{\circ}$  - число зерен на площадке,  $d_{f.k.k'L}$  - частная детерминация  $X_0$  за счет вредных объектов  $X_k$  при элиминировании влияния признаков  $X_L$ . \* $P \geq 0.95$ .

В итоговое уравнение комплексной вредоносности, которую целесообразно выражать в виде уравнения ожидаемого урожая  $X_0\%$  (в виде уравнения (2) с коэффициентами вредоспособности  $V\%$  (в % от потенциальной урожайности при отсутствии сорняков) включены основные вредные объекты:

$$X_{0\%} = 100 - 0.3x_{8c} - 0.1x_{7'} - 1.0x_{7''} - 0.01x_{7^{\wedge}} - 0.1x_{7^{\circ}} - 0.1x_{9'} - 0.3x_{9''},$$

где тли- $X_{7^{\wedge}}$  выражены в экз/м<sup>2</sup>, остальные признаки  $X_k$  - в % (рис.).

Общие потери зерна озимой пшеницы составили 7 ц/га или 14% от средней потенциальной (без влияния вредных объектов) урожайности тестовых полей - около 40 ц/га. Выявлено повышение урожайности при слабых повреждениях растений пшеницы личинками красногрудой пьявицы, злаковыми мухами стеблей подгона, поражении растений бурой ржавчиной - всего примерно на 3%. Таким образом, резерв увеличения

урожая зерна за счет борьбы с вредными организмами на озимой пшенице в Предгорной зоне Ставрополя примерно 10%.

По коэффициентам  $V\%$  можно рассчитать экономические пороги вредоносности  $\text{ЭПВ}_{5\%} = 5/V\%$ . В настоящее время в связи с удорожанием средств защиты растений ЭПВ целесообразно рассчитывать для каждого случая химобработки поля. При этом планируются затраты на защиту, принимаются во внимание наличная и прогнозируемая численность вредителя, степень повреждения/поражения растений, ликвидные и неликвидные потери.

С использованием алгоритма расчетов, показанного в таблице 3, по тому же цифровому массиву проведены оценки комплексной вредоносности восьми наиболее массовых видов сорных растений из 20, встречавшихся на полях озимой пшеницы. Это - маки сорные *Paraver roheas* и *P. corniferum* (рассматриваются вместе) ( $X_{1M}$ ), подмаренник цепкий *G.*

aparine ( $X_{1П}$ ), конрингия *Conringia orientalis* ( $X_{1К}$ ), гречишка вьюнковая *Polygonum convolvulis* ( $X_{1Г}$ ), фиалка полевая *Viola arvensis* ( $X_{1Ф}$ ), очный цвет голубой *Anagallis coerulea* ( $X_{1О}$ ) и дымян-ка Шлейхера *Fumaria Schleicheri* ( $X_{1Д}$ ). В число абсолютных доминантов вошли виды мака, подмаренник и фиалка. Плотность этих сорняков достигала на постоянных площадках 100 экз/м<sup>2</sup>.

Маки и конрингия оказались безвредными (табл. 4). Комплексные потери от сорняков в отдельности от влияния вредителей и болезней озимой пшеницы характеризуются несколько выше, чем по уравниванию комплексной вредоносности всех вредных объектов исследованных полей (табл. 3), очевидно за счет перешедшей на сорняки доли ответственности за вред, нанесенный другими вредными видами.

Таблица 4. Оценка влияния на урожайность озимой пшеницы  $X_0$  видов сорных растений  $X_k$  (экз/0.1 м<sup>2</sup>). Предгорная зона Ставрополья, 1977-1982

| Фазы пшеницы                         | Показатели                                   | Аргументы регрессии $X_0$ по признакам $X_k$ |          |          |          |          |          |          |                          | и $X_L$     |  |
|--------------------------------------|--|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------------|-------------|--|
|                                      |  | $X_{1М}$                                     | $X_{1П}$ | $X_{1К}$ | $X_{1Г}$ | $X_{1Ф}$ | $X_{1О}$ | $X_{1Д}$ | $X_{12}$                 | $X_0^\circ$ |  |
| Кущение                              | $R_{0k.kL}$                                  | .036   | -.042    | .017     | 0        | -.058    | -.026    | -.052    | +                        | +           |  |
| Выход в трубку                       | $R_{0k.kL}$                                  | .018   | -.029    | 0        | -.014    | -.051    | -.014    | -.021    | +                        | +           |  |
| Налив                                | $R_{0k.kL}$                                  | 0  | -.105    | 0        | -.005    | -.055    | 0        | -.001    | +                        | +           |  |
| За сезон                             | $R_{0k.kL}$                                  | .031   | -.075    | .011     | -.020    | -.062    | -.017    | -.027    | +                        | +           |  |
| в среднем                            | $b_{0k.kL}$                                  | .38  | -.28     | .08      | -.37     | -.30     | -.21     | -.18     | +                        | +           |  |
| Потери                               | $b_{0k.kL} \bar{x}_k$ , г/0.1 м <sup>2</sup> | .34  | -.87     | .02      | -.15     | -.90     | -.11     | -.11     | Сумма потерь             |             |  |
|                                      | $V\%$  | .8   | -.6      | .2       | -.8      | -.6      | -.4      | -.4      | 1.8 г/0.1 м <sup>2</sup> |             |  |
|                                      | $V\% \bar{x}_k$                              | .7   | -.1.8    | .1       | -.3      | -.1.9    | -.2      | -.2      | или 3.7%                 |             |  |
| К-во сорняков, шт/0.1 м <sup>2</sup> | Средняя                                      | 0.9  | 3.1      | 0.2      | 0.4      | 3.0      | 0.5      | 0.6      |                          |             |  |
|                                      | Мах по учетам                                | 10.7   | 10.2     | 1.8      | 1.4      | 9.0      | 2.5      | 8.5      | -                        |             |  |

Обозначения видов сорняков даны в тексте.  $p$ ,  $b$  - коэффициенты регрессии по модели-4е (табл. 1),  $V\%$  - в % от потенциальной урожайности (без влияния вредных объектов). На части полей велась некачественная авиаобработка гербицидом 2,4-Д.

Разработанный полевой метод оценки комплексной вредоносности комплекса вредных видов позволяет объективно сравнивать фитосанитарное благополучие агроценозов как различных систем земледелия, так и систем и приемов защиты растений.

Влияние интенсификации технологий выращивания сельскохозяйственных культур на фитосанитарную обстановку исследовалось на производственных опытах на посевах озимой пшеницы интенсивного сорта Донская-безостая в юго-восточной зоне Ставропольского края в 1985-1987 гг. Сопоставлялись следующие варианты: обычная высокопродуктивная технология (ОТ) и интенсифицированная технология (ИТ) без (К) и с применением пестицидов (П). Использовались описанные выше унифицированные методики наблюдений на постоянных учетных площадках 0.1 м<sup>2</sup> и оценки биоценологических связей статистическими методами.

Эти исследования продолжили предыдущие, проведенные на озимой пшенице экстенсивного возделывания в Предгорном районе в 1977-1982 гг. и описанные выше.

В годы исследований на полях озимой пшеницы на юго-востоке края наблюдалось в целом невысокое обилие вредных организмов (табл. 5). Из основных вредных объектов на посевах отмечены пыльвица красногрудая, злаковые тли, хлебный пилильщик, корневые гнили, септориоз (*Septoria tritici*), фузариоз, сорные растения. На полях также встречались в небольшом количестве злаковые мухи (преобладала опомиза - *Orotyuza florum*), полосатые хлебные блошки, личинки щелкунов, вредная черепашка, цикадки, которые отрицательной роли не играли и в дальнейшем не рассматриваются. Не проявились здесь хлебная жу-желица, мучнистая роса и бурая ржавчина, которые имели место в Предгорном районе края. Плотность сорняков дохо-

дила до 155 экз/м<sup>2</sup>. Численность пьявицы на опытах не превысила 80 экз/м<sup>2</sup>, а тли - 500 особей/м<sup>2</sup>. Степень развития болезней пшеницы существенно различалась

по годам: корневые гнили и септориоз наиболее сильно проявились в одном, а фузариоз - в двух годах из трех при невысокой степени поражения растений.

Таблица 5. Фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы при разных технологиях возделывания (Ставропольский край)

| Уче-<br>ты | Признаки                          | Экстен-<br>сивная<br>(ТЭ)* | Обычная<br>высокая<br>(ТО)** |      | Интенсифи-<br>цированная<br>(ТИ)** |      | Относительный<br>коэффициент вре-<br>доспособности (В%) |       |       |
|------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|------|------------------------------------|------|---|-------|-------|
|            |                                   |                            | К                            | П    | К                                  | П    | ТЭ  | ТО    | ТИ    |
| Куц.       | Сорняки, экз/0.1 м <sup>2</sup>   | 11.1                       | 5.1                          | 3.8  | 9.0                                | 2.2  | -0.23   | -0.20 | -0.23 |
| Куц.       | То же, покрытие, %                | 13.4                       | 4.8                          | 2.9* | 7.3                                | 3.2  | -0.30   | -0.34 | -0.22 |
| Труб.      | Пьявица, то же, %                 | 9.3                        | 0.8                          | 1.5  | 5.9                                | 9.0  | 1.50  | 0.31  | 0.01  |
| Налив      | Злаковые тли, то же, %            | 11.6                       | 91.5                         | 97.5 | 91.5                               | 88.7 | -0.20   | -     | -     |
| Налив      | То же, экз/0.1 м <sup>2</sup>     | 27.8                       | 14.2                         | 19.9 | 19.8                               | 20.5 | -0.10   | -0.03 | -0.01 |
| Налив      | Пиллельщик, поврежд-ть, %         | 20.2                       | 7.7                          | 14.8 | 6.6                                | 6.5  | -0.10   | -0.06 | -0.02 |
| Налив      | Корневые гнили, пораженность, %   | 13.2                       | 1.6                          | 1.5  | 3.9                                | 2.1  | -0.10   | -0.14 | -0.10 |
| Налив.     | Септориоз, развитие, %            | 0                          | 43.0                         | 22.0 | 41.2                               | 29.5 | -   | -0.09 | -0.07 |
| Убор.      | Масса зерна, г/0.1 м <sup>2</sup> | 41.3                       | 51.9                         | 66.5 | 67.2                               | 72.1 | 41.3  | 59.2  | 69.7  |
| Убор.      | Потери массы зерна, %***          | 13.5                       | 11.5                         | 4.4  | 12.1                               | 4.3  |   |       |       |

\*1977-1985 гг. (Зубков и др., 1984; Зубков, 1995). \*\*1986 г. (Зубков и др., 1991). \*\*\*От потенциальной урожайности (без влияния вредных объектов). К- контроль необработанный, П- семена протравливались фунгицидом байтан-универсал (2 кг/т), посевы обрабатывались гербицидом диаленом (2.2 кг/га) и инсектицидом БИ-58 в апреле (1 кг/га), а также фунгицидами - фундазолом осенью (0.6 кг/га) и тилтом (0.5 кг/га) в мае и июне.

Удобренное навозом поле, отведенное под ИТ, оказалось более засоренным и заселенным пьявицей, чем поле с ОТ. По обилию злаковых тлей и хлебного пиллельщика, степени поражения растений болезнями поля существенно не отличались. Комплекс защитных мероприятий снизил на обоих полях засоренность в весенний период в 1.5-4 раза, к лету - в 4-6 раз, значительно уменьшил пораженность озимой пшеницы в фазу кущения корневыми гнилями, а в период налива зерна - септориозом. Авиаобработка посевов БИ-58 против вредителей не была эффективной. Поврежденность пшеницы красногрудой пьявицей на участках с пестицидами оказалась в 2 раза выше, чем в контроле.

Развитие озимой пшеницы на опытных посевах шло примерно одинаково: по осенней и весенней густоте стояния, проективному покрытию и высоте растений оба поля существенно не различались. Однако к концу вегетации пшеницы на поле с ИТ сформировался более густой (на 16.8%) продуктивный стеблестой,

биологический урожай составил в среднем по всем делянкам 69.7 ц/га - на 17% выше, чем на поле с обычной агротехникой.

Протравливание семян и осенняя обработка посевов фунгицидами несколько замедлили начальный темп развития пшеницы на ОТ и ИТ: по числу побегов на 21 и 8% соответственно. Весной на поле с ИТ растения пшеницы на унавоженных участках с пестицидной защитой обогнали контрольные по стеблеобразованию и проективному покрытию. К концу вегетации на этих обработанных участках сформировался несколько более густой колососносный стеблестой и больший биологический урожай (на 7.3%). Более высокая урожайность участков с пестицидами на поле с ОТ (на 28%) была обусловлена большей озерненностью колоса и массой зерновки.

Потери зерна на поле с ОТ оцениваются на беспестицидном контроле в 11.5% от потенциального урожая (без влияния вредных объектов). Пестицидные обработки семян и растений сохранили по расчетам 7% урожая, в то время

как рост урожайности на обработанных пестицидами площадках по сравнению с контролем оказалась равной 28%. Разница между этими двумя оценками подтверждает предположение о стимулирующем эффекте использованных на поле с ОТ пестицидов. На поле с ИТ, где предшественником был черный пар и дополнительно вносился навоз, прибавка урожая на обработанных пестицидами площадках в 7% от беспестицидного контроля сопоставима с разностью в потерях зерна от вредных объектов на контрольном и пестицидном фонах в 7.8% (12.1-4.3%) и может быть всецело отнесена на счет эффективности комплекса химзащитных мероприятий, улучшивших фитосанитарное благополучие на этом поле.

Влияние пестицидов на коэффициент вредоспособности ( $V_{\%}$ ) существенно не проявилось, поэтому  $V_{\%}$  рассчитаны по каждой технологии в целом. Следует также обратить внимание на то обстоятельство, что потери зерна пшеницы на полях с различной интенсификацией технологий возделывания озимой пшеницы (ЭТ и контрольные варианты ОТ и ИТ) оказались близкими, а оценки потерь на делянках с пестицидами совпали. Технологии возделывания культуры оказали слабое влияние и на величины коэффициентов вредоспособности вредных видов, что позволяет использовать коэффициент  $V_{\%}$  в качестве критерия вредоносности вида при многочисленных расчетах конкретных ЭПВ. При этом следует иметь в виду соотношение ликвидных и неликвидных потерь. Общие потери с 12% снизились до неликвидных 4%. Ликвидные потери в 7-8% от потенциального урожая зерна озимой пшеницы (без влияния вредных и стимуляции безвредных видов вредителей, болезней и сорняков) - все, чем располагала в 1970-1980 гг. экономика защиты растений в Ставропольском крае в годы отсутствия всплеск численности злостных вредителей (вредной черепашки, хлебной жужелицы) (Зубков и др., 1991).

Возникает новый аспект разработки экономических порогов вредоносности

(ЭПВ), которые целесообразно сверять не только с затратами на борьбу с вредными видами, но и с ликвидными потерями. Предлагаемый метод оценки полевой комплексной вредоносности (Зубков, 1973, 2005) позволяет, не требуя "абсолютно чистого контроля без вредных объектов и пестицидов", который практически неосуществим, определить и ликвидные и неликвидные потери от вредных видов как разницу между рассчитанными потерями на без- и пестицидном вариантах полевых опытов по защите растений.

Итак, разработанный информационно-статистический подход к оценке биоценотических связей в агроэкосистеме позволяет оценить комплексную вредоносность сорняков, вредителей и болезней с учетом всех известных факторов, ее осложняющих:

- избирательности вредными объектами культурного растения и участков посева, пассивного замещения сорняками свободной территории;

- компенсации отрицательного воздействия поврежденным/пораженным растением и сообществом окружающих растений,

- взаимодействия влияний вредных объектов на культуру.

Получены содержательные оценки вредоносности комплекса вредных организмов риса во Вьетнаме - около 5%, озимой пшеницы в Ставрополье в условиях как экстенсивного (около 10%, в т.ч. до 3-4% от сорняков), так и интенсивного земледелия - около 12%, в т.ч. до 2% от сорняков.

Интенсивное земледелие не вызвало заметных сдвигов в общей фитосанитарной обстановке на полях озимой пшеницы.

Повторяемость оценок вредоспособности вредных видов вызывает к оценкам доверительное отношение.

Поскольку алгоритм расчетов комплексной вредоносности включает процедуру очищения характеристик биоценотических связей от влияния погодных условий в годы исследований, почвенного разнообразия полей или участков поля,

собираемую на постоянных учетных площадках можно накапливать, при этом уточнять оценки вредоносности, тем самым создавать долговременную базу сопоставимых данных. Эту работу должно было бы давно начать. Выказывались даже определенные намерения (Зубков, Черкашин, 1995) на этот счет. Однако все усилия наблюдателей до сих пор тратятся на получение средней численности популяции вредного вида на поле, в хо-

зяйстве, в районе. Без сопровождения этой громадной работы оценками вредоносности эффективность фитосанитарного мониторинга обесценивается. Парадоксальная ситуация продолжает существовать: целая отрасль производства пестицидов, сотни тысяч людей заняты борьбой с вредоносными объектами, не зная истинной роли последних в формировании урожая сельскохозяйственных культур.

#### Литература

Буй Ван Ик, Ха Минь Чунг, Зубков А.Ф. Оценка вредоносности болезней риса с учетом избирательности растений патогенами. /Экологические аспекты вредоносности болезней зерновых культур. Л., ВИЗР, 1987, с.58-63.

Воеводин А.В., Зубков А.Ф. Методические приемы оценки вредоносности сорных растений. /Сельскохозяйственная биология, 1, 1986, с.57-62.

Жуков В.Н. Комплексная вредоносность-сорняков полевого севооборота Каменной Степи (ЦЧП). СПб, ВИЗР, 2004, 87 с.

Лабрада Р., Зубков А.Ф. Вредоносность сорных растений на Кубе. /Бюлл. ВИЗР, 75, 1991, с.44-49.

Любищев А.А. К методике учета экономического эффекта вредителей (хлебный пильщик и узловая толстоножка). /Тр. по защите растений, ВИЗР, 1, 2, 1931, с.359-505.

Любищев А.А. К вопросу об установлении размера потерь, причиняемых вредными насекомыми. /Защита растений, 5-6, 1931а, с.472-488.

Любищев А.А. Основа методики учета потерь от вредителей. /Защита растений, 4, 1935, с.12-29.

Зубков А.Ф. Некоторые принципы количественной характеристики агробиоценоза. /Энтомолог. обозрение, 1970, 49, 4, с.717-728.

Зубков А.Ф. Вредоносность насекомых, повреждающих всходы сахарной свеклы в средней полосе Западной Сибири. /Энтомолог. обозрение, 52, 2, 1973, с.273-286.

Зубков А.Ф. Методические указания по оценке агробиоценологических связей с помощью путевого регрессионного анализа. /Л., ВИЗР, 1973, 44 с.

Зубков А.Ф. Методические указания по оценке вредоносности комплекса вредных организмов при помощи путевого регрессионного анализа. /Л., ВИЗР, 1981, 32 с.

Зубков А.Ф. Биоценологическая оценка ком-

плексной вредоносности организмов на полевых культурах. /Сельскохозяйственная биология, 3, 1989, с.114-123.

Зубков А.Ф. Агробиоценологическая фитосанитарная диагностика. СПб, ВИЗР, 1995, 386 с.

Зубков А.Ф. Агробиоценология (Краткий курс). СПб, ВИЗР, 2005, 76 с.

Зубков А.Ф. Становление и развитие агробиоценологии (I). Вестник защиты растений, 1, 2005, с.3-17.

Зубков А.Ф. Становление и развитие агробиоценологии (II). Вестник защиты растений, 2, 2005, с.3-14.

Зубков А.Ф., Меликова Л.Н., Ломовской С.М., Корнилова Е.Н., Соколов И.М. Влияние защитных мероприятий на фитосанитарное состояние и урожайность интенсивных посевов озимой пшеницы в Ставрополье. /Проблемы защиты с.-х. культур от вредных организмов в интенсивном земледелии. Л., ВИЗР, 1991, с.51-59.

Зубков А.Ф., Титова Р.П. К характеристике трофической структуры биоценоза пшеничного поля в Приобской лесостепи. /Матер. к симпозиуму молодых ученых г.Новосибирска, посвященному 50-летию ВЛКСМ. Биология. Новосибирск, 1968, с.50-59.

Зубков А.Ф., Корнилова Е.Н., Гапонова А.Г., Ломовской С.М. Оценка потерь урожая озимой пшеницы, вызываемых комплексом вредных организмов. /Вестник с.-х. науки, 8, 1984, с.87-95.

Зубков А.Ф., Черкашин В.И. Реализация биоценологического подхода в фитосанитарном мониторинге. /Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства. Сб. трудов Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, декабрь 1995 г.). СПб, ВИЗР, 1997, с.176-178.

Зубков А.Ф., Шпанев А.М., Жуков В.Н. Комплексная вредоносность сорняков, вредителей и болезней культур полевого севооборота юго-востока ЦЧП России. Агроэкологический ста-

ционар "Каменная Степь" (НИИСХ ЦЧП им. В.В.Докучаева). СПб, ВИЗР, 2005, 72 с.

Зубков А.Ф., Щекочихина Р.И., Ломовской С.М., Корнилова Е.Н. Комплексная вредоносность сорняков, вредителей и болезней озимой пшеницы. /Вестник с.-х. науки, 12, 1989, с.129-132.

Танский В.И. Особенности взаимосвязей насекомых-фитофагов и растений в агроценозах и биогеоценозах. /Агроценологические аспекты защиты растений. Л., ВИЗР, 1984, с.20-30.

Танский В.И. Биологические основы вре-

доносности насекомых. М., 1988, 183 с.

Танский В.И., Наумова И.П., Гапонова А.Г., Бей-Биенко Н.Г. Вредоносность фузариозной корневой гнили в зависимости от особенностей минерального питания яровой пшеницы и наличия на растениях других вредных организмов. /Вестник защиты растений, 3, 2000, с.13-19.

Шпанев А.М. Биоценологическая характеристика посевов проса юго-востока ЦЧП. СПб, ВИЗР, 2005, 100 с.

\Фамилия автора на обложке отсутствует.

## COMING INTO BEING AND DEVELOPMENT OF AGROBIOCENOLOGY (III)

A.F.Zubkov

In the first two parts of the present paper (Vestnik ..., 1 and 2, 2005), major stages of the agrobiocenology development were considered: 1) physiognomic description of agrobiocenoses; 2) ecosystemic development of quantitative agrobiocenology. Among ecosystem approaches, an assessment of biocenotic relations of the agrocenotic components (between producers and phytophagous organisms, the latter and zoophagous species, etc.) was broached in broad lines. In the present article, quantitative characteristics of the relations between agricultural plants and noxious organisms are explored more thoroughly because of the economic importance of the problem. Special attention is paid to the final step of evaluating the role of heterotrophs – to the estimation of the complex harmfulness of weeds, pests, and diseases of agricultural crops at the level of the field agrocenosis.

## ОЦЕНКА СОРТОВ КУКУРУЗЫ ИСПАНИИ И ПОРТУГАЛИИ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ, ПРОДУКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К КУКУРУЗНОМУ МОТЫЛЬКУ

Д.С.Переверзев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В полевых условиях Центральной Украины при искусственном заселении растений яйцами кукурузного мотылька изучено на устойчивость к вредителю 28 образцов кукурузы из Испании и 23 образца из Португалии. Установлено их значительное сходство по ряду основных биологических и хозяйственных признаков. Материал дифференцирован по степени устойчивости к кукурузному мотыльку, скороспелости, продуктивности. Для практических целей селекции выделен генетический донор комплексной устойчивости кукурузы к этому вредителю - испанский сорт Местная Севильская к-6633.

На Пиренейском полуострове кукуруза впервые появилась в конце XV века. С этого времени началась ее агроботаническая адаптация к комплексу биотических и абиотических факторов Южной Европы и отбор местными жителями более жизнестойких ее генотипов. Первоначально распространение получили формы американского маиса с кремнистым желтым и оранжевым зерном из стран Карибского бассейна (Жуковский, 1964). Затем они широко распространились по Евразии, образовав гамму местных сортов европейского ботанического подвида (Sanchez-Monge, 1962; Costa-Rodriguez, 1969). Эти сорта оказались более приспособленными к новым условиям, продуктивными и устойчивыми к различным вредным агентам, в т.ч. к кукурузному мотыльку *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera, Pyralidae).

Изначальной территорией поражения кукурузы стеблевым мотыльком послужили, вероятно, сельскохозяйственные угодья Испании и Португалии, позже - прилегающие районы Франции, Италии, Северной Африки. Скорее всего, именно

здесь началась трансформация аборигенного стеблевого бурильщика в важнейшего вредителя кукурузы, ныне широко известного по всему континенту (Шапиро, 1985).

Основной зоной массовых размножений мотылька и наибольших потерь кукурузы стали страны Юго-Восточной Европы; в России - Кубань и Северный Кавказ. В этом обширном регионе кукурузный мотылек может развиваться по типу моно- или поливольтинных популяций (Щеголев, 1934; Vukasovic, Glumac, 1961; Nagy, 1975). В Центральной и Западной Европе к зоне массовых размножений мотылька относятся отдельные районы Франции (Anglade, 1975), Италии (Martelli, 1970), Австрии.

С целью оценки местных сортов по ряду важных биологических и хозяйственно ценных признаков и выделения генетических источников устойчивости к кукурузному мотыльку нами в условиях лесостепной Украины было изучено более 50 коллекционных образцов кукурузы из Испании и Португалии - первоначального очага ее распространения в Европе.

### Методика исследований

Целевые посевы кукурузы были проведены в трехкратной повторности по схеме 70 x 35 см. Агротехника возделывания - общепринятая. Искусственное заселение растений яйцами кукурузного мотылька местной одновольтинной популяции осуществлялось в фазе 7-9 листь-

ев путем помещения двух среднего размера кладок (около 40 готовых к отрождению гусениц яиц на одно растение) в листовую трубку кукурузы. Анализ поврежденных гусеницами мотылька растений проводили по известной методике (Шапиро и др., 1971) через месяц после

заселения. Одновременно была выполнена оценка степени повреждения растений кукурузы природной популяцией вредителя при свободном активном их выборе.

Оценка экспериментального сорта-мента кукурузы по продолжительности вегетационного периода и продуктивности проводилась на фоне районированных на Украине гибридов Коллективный 100 МВ, Коллективный 244 МВ и Юбилейный 60 МВ, местного сорта Грушевка к-5551. При изучении устойчивости сортов к кукурузному мотыльку использовались также американские самоопыленные линии с известными характеристиками Oh 45 (устойчивая) и M 14 (неустойчивая).

Анализ и дальнейшее изложение материала по устойчивости кукурузы к куку-

рузному мотыльку выполнены с использованием предикторов Р.Пайнтера (1953).

Характеристика типового набора сортов из коллекции ВИР по ботаническому составу представлена в таблице 1.

Таблица 1. Ботаническая характеристика экспериментальных образцов кукурузы

| Подвид кукурузы | Испания | Португалия | Итого |
|-----------------|---------|------------|-------|
| Кремнистая      | 8       | 11         | 19    |
| Полузубовидная  | 13      | 5          | 18    |
| Зубовидная      | 6       | 4          | 10    |
| Рисовая         | 1       | 1          | 2     |
| Сахарная        | -       | 2          | 2     |
| Всего           | 28      | 23         | 51    |

Из таблицы 1 видно, что 2/3 всего набора сортов составляют образцы с кремнистым и полузубовидным эндоспермом, что характерно в целом для описываемого региона.

### Результаты исследований

Продолжительность вегетационного периода имеет существенное значение в устойчивости сортов кукурузы к кукурузному мотыльку (табл. 2). Экспериментальный набор сортов характеризует весь возможный диапазон изменчивости признака длины вегетационного периода. Количество образцов по группам отражает реальное соотношение их в данном географическом регионе с максимумом в области «среднеспелые - среднепоздние сорта».

Таблица 2. Характеристика образцов кукурузы по продолжительности вегетационного периода

| Группы образцов по скороспелости   | Испания | Португалия | Итого |
|------------------------------------|---------|------------|-------|
| Скороспелые ( <b>с/ор</b> )        | -       | 2          | 2     |
| Среднеранние ( <b>с/р</b> )        | 3       | 3          | 6     |
| Среднеспелые ( <b>с/с</b> )        | 10      | 6          | 16    |
| Среднепоздние ( <b>с/п</b> )       | 9       | 10         | 19    |
| Позднеспелые ( <b>п</b> )          | 3       | 1          | 4     |
| Очень позднеспелые ( <b>оч/п</b> ) | 3       | 1          | 4     |
| Всего:                             | 28      | 23         | 51    |

Примечание: далее скороспелость будет обозначаться принятыми сокращениями.

Для оценки естественного фона вредителя было изучено общее повреждение экспериментального посева кукурузы

кукурузным мотыльком (природная популяция вредителя, свободный выбор растений), которое составило 35.1%, что вполне обеспечило репрезентативность оценок. Испанские образцы в среднем были повреждены на 33.2%, португальские - на 37.6%. Однако в сортовом разрезе зафиксированы по этому важному признаку устойчивости значительные различия, составившие амплитуду изменчивости показателей для испанских сортов в 8 раз, для португальских - в 9 раз (табл. 3).

Ряд образцов кукурузы исследуемого региона оказался весьма привлекательным для самок кукурузного мотылька. Среди сортов из Испании очень сильно (более чем на 50%) были заселены Albacete (к-6348) и Nembrilla (к-19017), а Poblacion (к-19054) и местная к-21052 - более чем на 65%. Среди сортов из Португалии очень сильным заселением (более чем вдвое превысившим наиболее заселяемые стандартные образцы) отмечены Местные к-3667, 5644, 18835, относящиеся к самым различным группам по скороспелости. В то же время выделен ряд образцов с показателями заселенности на уровне наиболее устойчивого



стандарта - линии Oh 45 из США - 8.3%. Это испанские образцы Местная Севильская (к-6633) и Blanco (к-19020), а из португальских - три образца: местная к-18747 и две популяции к-18890 и 18910. В целом меньшую заселенность чаще проявляют более позднеспелые образцы.

Таблица 3. Привлекательность для самок кукурузного мотылька ряда контрастных по устойчивости образцов (естественный фон)

| ка-<br>та-<br>лога | Название                 | Тип зерна                   |                | Ско-<br>ро-<br>спе-<br>лость | По-<br>вреж-<br>дение<br>расте-<br>ний, % |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|---|
|                    |                          | кон-<br>си-<br>стен-<br>ция | цвет           |                              |   |
| <u>Испания</u>     |                          |                             |                |                              |   |
| 6633               | Местная Севильская       | зуб                         | ж              | с/п                          | 8.3                                       |
| 19020              | Blanco                   | зуб                         | бел, ж         | оч.п.                        | 8.3                                       |
| 18362              | Pasa Gallego             | п/зуб                       | ж,крас,<br>сер | с/с                          | 50.0                                      |
| 6348               | Tereigdo Albacete        | кр                          | ж, ор          | с/п                          | 58.3                                      |
| 19017              | Hembrilla                | п/зуб                       | ж              | с/п                          | 58.3                                      |
| 19054              | Poblacion                | п/зуб                       | ж              | п                            | 66.7                                      |
| 21052              | Местная                  | рис                         | бел            | с/п                          | 66.7                                      |
| <u>Португалия</u>  |                          |                             |                |                              |   |
| 18747              | Местная                  | п/зуб                       | ж              | с/с                          | 8.3                                       |
| 18890              | Популяция 26             | п/зуб                       | ж, ор          | с/п                          | 8.3                                       |
| 18910              | Популяция 47             | зуб                         | ж, ор          | п                            | 8.3                                       |
| 18847              | Местная                  | сах                         | крас           | с/с                          | 66.7                                      |
| 3667               | Местная                  | кр                          | ж, ор          | скор                         | 75.0                                      |
| 5644               | Местная                  | кр                          | сер            | с/с                          | 75.0                                      |
| 18835              | Местная                  | сах                         | бел            | с/п                          | 75.0                                      |
| <u>Стандарты</u>   |                          |                             |                |                              |   |
| St                 | Oh 45 (США)              | п/зуб                       | ж              | с/п                          | 8.3                                       |
| St                 | M 14 (США)               | зуб                         | ж              | п                            | 16.6                                      |
| St                 | Юбилейный 60 (Украина)   | зуб                         | ж              | с/с                          | 16.6                                      |
| St                 | Коллективный 244 (то же) | зуб                         | ж              | с/с                          | 25.0                                      |
| St                 | Коллективный 100 (то же) | зуб                         | ж              | с/р                          | 33.3                                      |
| 5551               | Грушевка (то же)         | кр                          | ор             | с/с                          | 33.3                                      |

Признак листовой устойчивости кукурузы к кукурузному мотыльку связан, как известно, с повышенной концентрацией в листьях ювенильных растений гликозида ДИМБОА. Оценки листовой (и стеблевой) устойчивости осуществляются искусственным заселением кукурузы яйцами стеблевого мотылька и принудительным (в отличие от предыдущего варианта) питанием отродившихся гусениц паренхимой листьев (стеблей) растений определенного генотипа. При изучении

листовой устойчивости оцениваются повреждения, наносимые гусеницами младших возрастов (I-II) (табл. 4); при изучении стеблевой устойчивости оцениваются повреждения стеблей кукурузы, наносимые гусеницами старших (III-V) возрастов кукурузного мотылька, мигрирующими в стебли, метелки, ножки початков для продолжения развития.

Таблица 4. Характеристика образцов кукурузы, контрастных по признаку листовой устойчивости растений (искусственное заселение)

| ка-<br>та-<br>лога | Название                   | Тип зерна                   |       | Ско-<br>ро-<br>спе-<br>лость | По-<br>вреж-<br>дение<br>листь-<br>ев,<br>балл |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-------|------------------------------|--|
|                    |                            | кон-<br>си-<br>стен-<br>ция | цвет  |                              |  |
| <u>Испания</u>     |                            |                             |       |                              |  |
| 6633               | Местная Севильская         | зуб                         | ж     | с/п                          | 2.0  |
| 6355               | Aduna                      | кр                          | ж, ор | с/с                          | 2.0  |
| 6362               | Amarillo Bernedo           | кр                          | ж, ор | с/с                          | 2.4  |
| 18406              | Местная                    | зуб                         | бел,ж | с/р                          | 2.4  |
| 6348               | Tereigdo Albacete          | кр                          | ж, ор | с/п                          | 6.0  |
| 18409              | Местная                    | п/зуб                       | ж     | п                            | 6.0  |
| 6627               | Местная                    | зуб                         | ж     | с/п                          | 6.6  |
| 21052              | Местная                    | рис                         | бел   | с/п                          | 6.6  |
| <u>Португалия</u>  |                            |                             |       |                              |  |
| 18747              | Местная                    | п/зуб                       | ж     | с/с                          | 2.0  |
| 18847              | Местная                    | сах                         | крас  | с/с                          | 2.0  |
| 5648               | Местная                    | кр                          | св. ж | с/п                          | 2.2  |
| 18910              | Популяция 47               | зуб                         | ж, ор | п                            | 2.4  |
| 6640               | Местная                    | кр                          | ж     | с/с                          | 6.2  |
| 5644               | Местная                    | кр                          | сер   | с/с                          | 6.4  |
| 6629               | Местная                    | зуб                         | ж, ор | с/п                          | 6.6  |
| 18781              | Местная                    | зуб                         | ж     | с/р                          | 6.6  |
| 18974              | Популяция 119              | зуб                         | ж, ор | оч. п                        | 6.6  |
| <u>Стандарты</u>   |                            |                             |       |                              |  |
| St                 | Oh 45 (США)                | п/зуб                       | ж     | с/п                          | 2.0  |
| St                 | Коллективный 100 (Украина) | зуб                         | ж     | с/р                          | 2.4  |
| St                 | Коллективный 244 (то же)   | зуб                         | ж     | с/с                          | 2.8  |
| St                 | Юбилейный 60 (то же)       | зуб                         | ж     | с/с                          | 3.0  |
| 5551               | Грушевка (то же)           | кр                          | ор    | с/с                          | 6.6  |
| St                 | M 14 (США)                 | зуб                         | ж     | п                            | 6.0  |

Максимальные оценки повреждения листового аппарата достигали на стандартных образцах 6-6.6 балла по 9-балльной шкале. Такими же оценками характеризуется ряд образцов кукурузы из Испании и Португалии. В то же время образцы к-6633, 6355 (Испания) и к-18747, 18847 (Португалия) среднеспелого срока созревания и разной ботанической при-

надлежаности, что существенно расширяет возможности их селекционного использования в качестве исходного материала, могут наряду с устойчивой линией - стандартом Oh 45 правомерно рассматриваться как генетические источники признака листовой устойчивости кукурузы к кукурузному мотыльку, сформировавшиеся в результате народной селекции.

В большинстве случаев для практических целей, с учетом реальной вредоносности, более важное значение имеет степень повреждения гусеницами мотылька стеблей кукурузы (так называемая стеблевая устойчивость). Эти оценки устанавливаются путем вскрытия стеблей и подсчета количества нанесенных повреждений с учетом качества последних (табл. 5).

Таблица 5. Характеристика образцов кукурузы, контрастных по стеблевой устойчивости растений (искусственное заселение)

| ка-<br>та-<br>лога | Название              | Тип зерна                   |               | Ско-<br>ро-<br>спе-<br>лость | По-<br>вреж-<br>дены,<br>стеб-<br>лей,<br>балл |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------|------------------------------|--|
|                    |                       | кон-<br>си-<br>стен-<br>ция | цвет          |                              |  |
| <u>Испания</u>     |                       |                             |               |                              |  |
| 19030              | Местная               | зуб                         | ж             | оч.п.                        | 1.4  |
| 19020              | Blanco                | зуб                         | бел, ж        | оч.п.                        | 1.6  |
| 6633               | Местная<br>Севильская | зуб                         | ж, ор         | с/п                          | 1.8  |
| 18406              | Местная               | зуб                         | бел, ж        | с/р                          | 1.8  |
| 18409              | Местная               | п/зуб                       | ж, ор         | п                            | 1.8  |
| 6362               | Amarillo<br>Bernedo   | кр                          | ж, ор         | с/с                          | 2.0  |
| 19500              | Hembrilla Nort        | п/зуб                       | ж, ор         | с/п                          | 2.0  |
| 21052              | Местная               | рис                         | бел           | с/п                          | 2.0  |
| 6347               | Rojo regueno          | кр                          | крас          | с/с                          | 4.0  |
| 6343               | Navarro               | п/зуб                       | ж             | с/с                          | 4.2  |
| <u>Португалия</u>  |                       |                             |               |                              |  |
| 18910              | Популяция 47          | зуб                         | ж, ор         | п                            | 2.0  |
| 5648               | Местная               | кр                          | св. ж         | с/п                          | 2.2  |
| 6631               | Местная               | кр                          | ж, ор         | с/п                          | 2.2  |
| 18752              | Местная               | п/зуб                       | бел, ж        | с/р                          | 2.2  |
| 18843              | Местная               | кр                          | бел,<br>ж, ор | с/п                          | 2.2  |
| 18747              | Местная               | п/зуб                       | св. ж         | с/с                          | 2.4  |
| 18760              | Местная               | кр                          | ж, ор         | с/р                          | 3.4  |
| 18835              | Местная               | сах                         | бел, ж        | с/п                          | 3.6  |
| 3667               | Местная               | кр                          | ж, ор         | скор                         | 4.2  |
| <u>Стандарты</u>   |                       |                             |               |                              |  |
| St                 | Oh 45 (США)           | п/зуб                       | ж             | с/п                          | 1.4  |
| St                 | Коллективный 244      | зуб                         | ж             | с/с                          | 2.2  |
| St                 | Коллективный<br>100   | зуб                         | ж             | с/р                          | 2.6  |
| St                 | M 14 (США)            | зуб                         | ж             | п                            | 3.2  |
| 5551               | Грушевка              | кр                          | ор            | с/с                          | 3.4  |
| St                 | Юбилейный 60          | зуб                         | ж             | с/с                          | 3.8  |

Обнаружены образцы кукурузы с очень сильным повреждением стебля при искусственном заселении растений. Помимо отечественных стандартов - сорта Грушевка и гибрида Юбилейный 60 - это к-6343, 6347 из Испании (по 4-4.2 балла); к-18760 (3.4 балла), к-18835 (3.6 балла), к-3667 (4.2 балла) из Португалии (напомним, что максимальная оценка повреждения стеблей 5 баллов).

В то же время образцы из Испании к-19030, 19020, 6633, 18406, 18409 проявили по этому признаку очень высокую степень устойчивости к кукурузному мотыльку и могут характеризоваться как ее генетические источники. Близки к ним к-6362, 19500, 21052 (Испания) и к-18910 (Португалия). В селекционном плане особенно обращает на себя внимание образец к-18406 из Испании: это уникальная среднеранняя зубовидная (!) кукуруза с высокой стеблевой устойчивостью и урожаем сухого зерна более 30 ц/га.

Наличие генетических источников стеблевой устойчивости кукурузы из различных ботанических подвидов, с различной длиной вегетационного периода очень обогащает эту группу сортов по селекционной их ценности в качестве исходного материала.

По сумме показателей трех видов экспериментальных оценок: непривлекательности для яйцекладущих самок кукурузного мотылька (8.3% поврежденных растений), слабого повреждения листьев (2 балла) и стеблей (1.8 балла) мы выделили в качестве оригинального комплексного генетического источника устойчивости кукурузы к данному вредителю испанский среднепоздний сорт зубовидной желтозерной кукурузы «Местная Севильская» к-6633, весьма ценный для использования в отечественных селекционных программах.

Обращает на себя внимание наличие в сортименте Испании и Португалии большого количества образцов кукурузы со значительной полевой устойчивостью к кукурузному мотыльку (табл. 6). Это, несомненно, наиболее наглядный результат многолетнего отбора более устойчивых и жизнестойких в местных условиях генотипов.

Таблица 6. Характеристика образцов кукурузы с высокой полевой устойчивостью к кукурузному мотыльку (искусственное заселение)

| ка-та-лога        | Название           | Тип зерна       |            | Ско-ро-спе-лость | Поврежде-ние, балл |     |
|-------------------|--------------------|-----------------|------------|------------------|--------------------|-----|
|                   |                    | кон-си-стен-ция | цвет       |                  | ли-стеб            | лей |
| <u>Испания</u>    |                    |                 |            |                  |                    |     |
| 19030             | Местная            | зуб             | ж          | оч.п             | 4.0                | 1.4 |
| 19020             | Blanco             | зуб             | бел. ж     | оч.п             | 3.8                | 1.6 |
| 18406             | Местная            | зуб             | бел. ж     | с/р              | 2.4                | 1.8 |
| 18409             | Местная            | п/зуб           | ж, ор      | п                | 6.0                | 1.8 |
| 6362              | Amarillo Bernedo   | кр              | ж, ор      | с/с              | 2.4                | 2.0 |
| 19500             | Hembrilla Nort     | п/зуб           | ж, ор      | с/п              | 3.4                | 2.0 |
| 6636              | Местная из Almeria | п/зуб           | ж, ор      | п                | 2.4                | 2.4 |
| 18357             | Местная            | зуб             | ж          | оч. п            | 3.0                | 2.4 |
| <u>Португалия</u> |                    |                 |            |                  |                    |     |
| 18910             | Популяция 47       | зуб             | ж, ор      | п                | 2.4                | 2.0 |
| 5648              | Местная            | кр              | св. ж      | с/п              | 2.2                | 2.2 |
| 6631              | Местная            | кр              | ж, ор      | с/п              | 4.4                | 2.2 |
| 18752             | Местная            | п/зуб           | бел. ж     | с/р              | 4.0                | 2.2 |
| 18843             | Местная            | кр              | бел. ж, ор | с/п              | 3.2                | 2.2 |
| 18747             | Местная            | п/зуб           | св. ж      | с/с              | 2.0                | 2.4 |
| 18974             | Популяция 119      | зуб             | ж, ор      | оч. п            | 6.6                | 2.6 |
| <u>Стандарты</u>  |                    |                 |            |                  |                    |     |
| St                | Коллектив-ный 244* | зуб             | ж          | с/с              | 2.8                | 2.2 |
| St                | Коллектив-ный 100* | зуб             | ж          | с/р              | 2.4                | 2.6 |
| St                | Юбилейный 60*      | зуб             | ж          | с/с              | 3.0                | 3.8 |

\*Украина.

Оценки степени повреждения их листовой и стеблевой ткани в ряде случаев «не дотягивают» до весьма жестких требований к донорам и источникам устойчивости, но достаточно высоки для практического использования.

У испанских образцов это чаще зубовидные и полузубовидные формы, у португальских имеются и кремнистые. Среди сортов с полевой устойчивостью также необходимо отметить наличие образцов с различной продолжительностью вегетационного периода, от среднеранних до очень позднеспелых, что расширяет возможность их практического использования.

На ряде сортов кукурузы из Испании и Португалии была оценена зерновая продуктивность как важнейший фокусирующий хозяйственно ценный признак (табл. 7).

Таблица 7. Зерновая продуктивность местных сортов кукурузы Пиренейского полуострова

| ка-та-лога        | Название            | Тип зерна       |           | Ско-ро-спе-лость | Зерно |        |
|-------------------|---------------------|-----------------|-----------|------------------|-------|--------|
|                   |                     | кон-си-стен-ция | цвет      |                  | ц/га  | % к St |
| <u>Испания</u>    |                     |                 |           |                  |       |        |
| 18357             | Местная             | зуб             | ж         | оч. п            | 73.6  | 122.4  |
| 18409             | Местная             | п/зуб           | ж, ор     | п                | 59.2  | 98.4   |
| 6637              | Местная типа Malaga | п/зуб           | ж         | с/с              | 53.4  | 88.6   |
| 6357              | Amarillo Panticzoza | кр              | бел. крас | с/п              | 50.1  | 83.3   |
| <u>Португалия</u> |                     |                 |           |                  |       |        |
| 18974             | Популяция 119       | зуб             | ор        | оч. п            | 72.7  | 120.8  |
| 18835             | Местная             | кр, сах         | бел. ж    | с/п              | 56.4  | 93.6   |
| 5644              | Местная             | кр              | сер       | с/с              | 49.6  | 82.6   |
| 18760             | Местная             | кр              | ж, ор     | с/р !            | 47.4  | 78.7   |
| 18781             | Местная             | зуб             | ж, ор     | с/р !            | 46.3  | 77.0   |
| <u>Стандарты</u>  |                     |                 |           |                  |       |        |
| St                | Коллектив-ный 244   | зуб             | ж         | с/с              | 60.2  | 100.0  |
| St                | Юбилейный 60        | зуб             | ж         | с/с              | 59.5  | 98.7   |
| St                | Коллектив-ный 100   | зуб             | ж         | с/р              | 55.4  | 92.0   |

Наиболее высокой продуктивностью из группы стандартов характеризуется гибрид Коллективный 244. Юбилейный 60 также дал высокий урожай зерна, уступив лидеру менее 2% (при очень сильной степени повреждения стебля). Практически с такими же показателями поврежденности (листья 3.4 балла, стебли 3.8 балла) дал высокий урожай сухого зерна испанский сорт Amarillo Panticzoza (к-6357) с кремнистым зерном - 50.1 ц/га. Зерновую продуктивность более 47 ц/га проявили и два португальских среднеранних (!) образца: кремнистый к-18760 и зубовидный к-18781.

Два образца кукурузы проявили высокую зерновую продуктивность, значительно превысив по урожаю лучший стандартный гибрид Коллективный 244. Эти очень позднеспелые зубовидные сорта из Испании к-18357 (73.6 ц/га, 122.4% к стандарту) и Португалии к-18974 (72.7 ц/га, 120.8% к стандарту) смогли сформировать очень высокий урожай зерна даже в условиях Украины. Возможно, они эффективно расширяют международный пул доноров кукурузы по признаку продуктивности.

На ряде образцов методом сравнения урожая поврежденных и неповрежденных (в пределах сорта) растений при их искусственном равномерном заселении яйцами мотылька была изучена выносливость (толерантность) кукурузы (табл. 8).

Амплитуда изменчивости признака толерантности у испанских образцов варьировала от 5 до 30%; у португальских - от 6 до 28%. Из стандартов наиболее выносливым оказался отечественный среднеранний гибрид Коллективный 100, у которого, очевидно, урожай сформировался до начала сильного воздействия вредителя. Неустойчивая линия М 14 (США) оказалась рекордсменом по недобору урожая зерна в результате повреждения кукурузным мотыльком - 34%.

Таблица 8. Толерантность растений ряда сортов кукурузы к повреждению кукурузным мотыльком

| ка-<br>та-<br>лога | Название                  | Ско-<br>ро-<br>спе-<br>лость | Тип<br>зерна                        |           | Поврежде-<br>ние, балл |              | Сни-<br>жение<br>уро-<br>жая<br>зерна,<br>% |
|--------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|------------------------|--------------|---|
|                    |                           |                              | кон-<br>сис-<br>тен-<br>тен-<br>ция | цвет      | лис-<br>тьев           | стеб-<br>лей |   |
| <u>Испания</u>     |                           |                              |                                     |           |                        |              |   |
| 18357              | Местная                   | оч. п                        | зуб                                 | ж         | 3.0                    | 2.4          | 5.6   |
| 18406              | Местная                   | с/р                          | зуб                                 | бел,<br>ж | 2.4                    | 1.8          | 5.7   |
| 18409              | Местная                   | п                            | п/зуб                               | ж,<br>ор  | 6.0                    | 1.8          | 8.7   |
| 6348               | Tereigdo<br>Albacete      | с/п                          | кр                                  | ж,<br>ор  | 6.0                    | 3.8          | 28.7  |
| 6637               | Местная<br>типа<br>Malaga | с/с                          | п/зуб                               | ж         | 3.6                    | 2.4          | 30.8  |
| <u>Португалия</u>  |                           |                              |                                     |           |                        |              |   |
| 18974              | Популя-<br>ция 119        | оч. п                        | зуб                                 | ж,<br>ор  | 6.6                    | 2.6          | 6.5   |
| 5644               | Местная                   | с/с                          | кр                                  | сер       | 6.4                    | 3.2          | 23.8  |
| 18781              | Местная                   | с/р                          | зуб                                 | ж,<br>ор  | 6.6                    | 2.4          | 28.1  |
| <u>Стандарты</u>   |                           |                              |                                     |           |                        |              |   |
| St                 | Коллектив-<br>ный 100     | с/р                          | зуб                                 | ж         | 2.4                    | 2.6          | 3.5   |
| St                 | Oh 45<br>(США)            | с/п                          | п/зуб                               | ж         | 2.0                    | 1.4          | 7.3   |
| St                 | Юбилей-<br>ный 60         | с/с                          | зуб                                 | ж         | 3.0                    | 3.8          | 8.8   |
| St                 | Коллек-<br>тивный<br>244  | с/с                          | зуб                                 | ж         | 2.8                    | 2.2          | 14.7  |
| St                 | М 14 (США)                | п                            | зуб                                 | ж         | 6.0                    | 3.2          | 34.0  |

### Заключение

В странах Пиренейского полуострова интродуцированные туземные расы маиса раньше, чем в других регионах, начали испытывать перманентное селективное воздействие. С течением времени выделились более скороспелые и продуктивные формы кукурузы. В результате регулярного отбора устойчивость ряда генотипов кукурузы к стеблевым бурильщикам постепенно нарастала.

В настоящее время в этом регионе имеет место сложная мозаика генотипов по всем основным биологическим и хозяйственным признакам. Многие из них, а также некоторые их синтетические популяции представляют существенный интерес для оценки в качестве исходного материала для селекции на энтомоиммунитет как по отдельным предикторам, так и по их комплексам, порой превосходя наши отечественные достижения.

Сравнительное изучение экспериментальных образцов по ряду признаков вскрыло много общих черт в их ботаническом составе, характеристиках вегетационного периода и продуктивности. Существенное сходство обнаружено при оценке по ряду показателей устойчивости кукурузы к кукурузному мотыльку: привлекательности растений для яйцекладущих самок; листовой, стеблевой и полевой устойчивости; выносливости к повреждениям.

Имеются и некоторые отличия. Складывается впечатление о несколько более высокой степени стеблевой устойчивости ряда образцов кукурузы из Испании. Единственным комбинированным источником устойчивости кукурузы к кукурузному мотыльку является испанский образец к-6633.

В целом материал представляется в значительной степени тождественным по комплексу основных биологических признаков и свойств. В основе отмеченного сходства, несомненно, лежит общность происхождения местных сортов кукурузы Испании и Португалии, сходство погодно-климатических условий, приемов народной селекции и агротехники на протяжении пятивековой истории этой культуры на новой родине.

Литература

Жуковский П.М. Культурные растения и их со-родичи. Л., Колос, 1964, 792 с.

Пайнтер Р. Устойчивость растений к насеко-мым. М., 1953, 442 с.

Шапиро И.Д. Иммуниет полевых культур к на-секомым и клещам. Л., 1985, 321 с.

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

Щеголев В.Н. Кукурузный мотылек: хозяйст-венное значение, экология, системы мероприятий. Л., 1934, 63 с.

Anglade P. Corn pest management system in Western Europe as exemplified by French system. /Report of the international project on Ostrinia

nubilalis, phase II results, Budapest, 1975, p.42-46.

Costa-Rodriguez L. Races of maize in Portugal. /Agron. Lusitania, 31, 1969, p.239-284.

Martelli M.I. Problemi della Piralide del mais e della Nottue. /Atti Soc. Agr. Lombardia, 1970, 30 p.

Nagy B. Host plants of the European corn borer in Hungary with special regard to voltinism. /Report of the international project on Ostrinia nubilalis, phase II results, Budapest, 1975, p.133-137.

Sanchez-Monge E. Razac de maiz en Espana. /Publicaciones del Ministerio de Agricultura, 1962, Spain, Madrud.

Vukasovic P., Glumac S. The factors affecting the diapause and number of generations of Pyrausta nubilalis Hbn. /Contemporary Agr., 5, 1961, p.435-442.

ASSESSMENT OF MAIZE CULTIVARS OF HISPANIA AND PORTUGAL IN  
RELATION TO THEIR PRECOCITY, PRODUCTIVITY, AND RESISTANCE  
TO THE STEM BORER

D.S.Pereverzev

Under field conditions of Central Ukraine and artificial infestation of maize plants with eggs of the stem borer, 28 samples of maize from Hispania and 23 samples from Portugal were investigated for their resistance to the pest. Their significant resemblance in some important economic and biological characters has been revealed. All samples varied in their resistance to the stem borer, precocity, and productivity. Among the varieties studied, a genetic source of the complex resistance to the pest is selected for breeding – the Hispanic cultivar Local Sevil'skaya k-6633.

## ПРОЯВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ИНОКУЛУМА

В.А.Колобаев, А.Н.Васюков

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Обсуждаются эпифитологические аспекты проблемы устойчивости растений к инфекционным заболеваниям. Степень поражения посева болезнью во многом определяется количеством инокулюма, которое может образовать паразитирующий на нем патоген. Эпифитотийное развитие болезни на восприимчивых сортах связано с накоплением большого количества инокулюма. Сорта с высокой относительной устойчивостью тормозят размножение патогена, ограничивают образование его инокулюма. Такие сорта удается заразить искусственно, но при возделывании на большой площади они могут сохраниться здоровыми. При дефиците инокулюма в селекционном питомнике мелкие делянки заведомо восприимчивых сортов могут оказаться слабо пораженными или даже совсем здоровыми.

Уровень относительной устойчивости растений может существенно варьировать даже в отношении одного и того же заболевания. У некоторых сортов картофеля традиционно культурного вида *S. tuberosum* можно отметить лишь небольшое ослабление поражения фитофторозом, обусловленное их относительной устойчивостью. Но некоторые межвидовые гибриды картофеля обладают сильно выраженной устойчивостью к фитофторе и почти не поражаются этим патогеном. Имеются отдельные сорта (Atzimba, Tollokan, Rosita, Murca), не снижающие урожай от фитофтороза даже в Мексике, на родине фитофторы. При посещении опытной станции СЖР в Толуко в октябре месяце мы видели у них вегетирующую ботву с пятнами фитофтороза, тогда как у восприимчивых сортов ботва была уничтожена полностью, а урожай клубней практически отсутствовал. Такой участи не избежал и сорт Хуанита, имеющий 4 R-гена расоспецифического иммунитета, но не обладающий горизонтальным типом устойчивости.

Об уровне устойчивости сортов судят по степени поражения их болезнью. Но этот показатель зависит не только от уровня устойчивости, но и от количества инокулюма, а также от метеорологических условий, благоприятствующих развитию патогена. Массовость распространения и интенсив-

ность поражения грибными заболеваниями, в конечном счете, определяются количеством спор, попадающих на листья растений, а также возможностью их прорастания и внедрения в ткани растения. Действие благоприятных для патогена метеорологических условий также выражается в увеличении количества образуемого инокулюма и в улучшении возможностей для его прорастания на листьях растений. Изначальные источники инфекции, а также споры, заносимые с других полей, создают первичные очаги заболевания. Конечная же степень поражения каждого посева и размер потерь от заболевания определяются многократно повторяющимися вторичными инфекциями, числом новых генераций спор и конидий, плодovitостью патогена (Степанов, 1962, 1971). Таким образом, степень поражения посева в основном зависит от количества инокулюма, который образует патоген, паразитирующий на растениях данного посева. Сорта, при заражении которых отмечают длинный инкубационный период и, соответственно, сокращение числа новых генераций спор, тормозят размножение патогена, и сокращают накопление инокулюма. Нарастание поражения в течение периода вегетации связано с увеличением количества инокулюма, что в свою очередь зависит не только от биологических свойств патогена, но и от уровня устойчивости растений, на которых он паразитирует.

Фитофтора признана наиболее опасным патогеном в связи с ее способностью к бы-

струму размножению. На листьях восприимчивых сортов через 3 дня после заражения формируется новая генерация конидий, способных снова образовывать пятна поражения фитофторозом, которые служат источниками инфекции для новых заражений. Происходит своего рода цепная реакция, приводящая к накоплению в посевах большого количества инокулюма, вызывающего сильное поражение всех растущих на поле растений. Интенсивность этого процесса при тех же погодных условиях может быть различной в зависимости от уровня устойчивости сорта. На восприимчивых сортах фитофтора успевает многократно размножиться, используя короткие периоды благоприятной для нее погоды. Но на образцах картофеля с сильно выраженной относительной устойчивостью горизонтального типа развитие фитофтороза значительно замедляется. Такие образцы были выделены нами среди гибридов, полученных в ВИР от скрещивания культурных сортов с несколькими видами рода *Solanum*, ранее не использовавшимися в селекции картофеля на устойчивость к фитофторе (Колобаев, 1998, 2001; Колобаев, Житлова, 1998; Колобаев, Рогозина, 2001). Последующее беккроссирование межвидовых гибридов чередовали с получением потомств от самоопыления устойчивых растений. При этом в каждом гибридном поколении проводили жесткий отбор на горизонтальный тип устойчивости путем инокуляции сеянцев сложновирулентными расами фитофторы с последующим испытанием на инфекционном фоне при наличии в популяции патогена широкого спектра генов вирулентности. Горизонтальную устойчивость, имеющую полигенную основу, удалось усилить путем конвергентных скрещиваний между гибридами, унаследовавшими устойчивость от разных видов рода *Solanum*. У полученных от конвергентных скрещиваний гибридов, сочетающих гены трех видов (*S. simplicifolium* Bitt, *S. polytrichon*

*Rydb*, *S. verrucosum* Schlecht), отмечен более высокий уровень устойчивости, чем у их родительских форм (Колобаев, 1998, 2003). Клоны, выделенные среди гибридов от конвергентных скрещиваний, почти не поражались фитофторозом на инфекционном фоне в 2003-2004 гг., когда на восприимчивых сортах отмечалось эпифитотийное развитие болезни. Так, в 2004 году 53 клона из 60 испытанных имели балл поражения 9 и 8, превзойдя по уровню устойчивости наименее поражаемые сорта картофеля, например сорт Наяда, имевший в тех же условиях, поражение по 6 и 7 баллу. Важно отметить, что эти клоны проявили высокую устойчивость к заражению большим числом рас, имеющихся в природной популяции фитофторы. Высокий уровень устойчивости к заражению проявился у этих образцов не только при выращивании на инфекционном фоне, но и при инокуляции отделенных листьев дозированной инфекцией фитофторы. У ряда клонов листья не заражались при нанесении капель суспензии, содержащей 20 конидий в поле зрения микроскопа при X 120, то есть при инфекционной нагрузке, способной заражать большинство культурных сортов. Такие клоны удалось заразить более концентрированным инокулюмом, содержащим 45-60 конидий в поле зрения микроскопа. Клоны, имевшие незначительное поражение фитофторозом на инфекционном фоне и заражаемые искусственно лишь при высокой концентрации инокулюма, то есть проявившие высокую устойчивость к заражению, характеризовались также способностью тормозить размножение паразитирующего на них патогена. Это выразилось как в удлиненном инкубационном периоде, так и в ослаблении образования конидий. У ряда клонов признаки заражения проявлялись на седьмой и даже десятый день после инокуляции листьев, а не на третий день, как у восприимчивых к фитофторе сортов.

Способность фитофторы к спороношению при паразитировании на листьях различных образцов картофеля оценивали путем подсчета числа конидий в смывах с некротических пятен фитофтороза. Для

этого использовали отделенные листья, инокулированные в один и тот же день, имеющие одинаковый срок поражения фитофторозом. За сутки до учета спороношения пораженные листья помещали во влажную камеру для стимуляции развития спороношения. В каждую пробу брали 5 дисков пораженной ткани листа ( $\varnothing = 1$  см) и промывали их в 1 мл дистиллированной воды. Таким способом можно определить количество конидий, способных отделяться от спорангееносцев и участвовать в процессе заражения. Подсчитывали количество конидий в пяти полях зрения микроскопа и определили средние их число. В смывах с некротических пятен сорта Наяда насчитывали 31 конидию. В смывах с некоторых клонов насчитывали лишь 2-5 конидий, то есть в 5-6 раз меньше. Правда, был выявлен клон, показавший за ряд лет высокую устойчивость на инфекционном фоне, но, тем не менее, имевший обильное спороношение (39 конидий). Это позволяет заключить, что устойчивость к заражению и способность тормозить размножение патогена - два самостоятельных признака, которые не всегда могут сочетаться у гибридных образцов. Обычно ограничиваются оценкой образцов лишь по устойчивости к заражению. Весьма желательно дополнять ее учетом особенностей спорообразования патогена на испытуемых образцах.

Следует отметить, что выделенные нами клоны проявили высокую устой-

чивость на инфекционном фоне, где листва испытуемых клонов обильно покрывалась конидиями с соседнего рядка-индикатора восприимчивого сорта Латона. При этом в заражении испытуемых клонов принимало участие гораздо большее количество инокулюма, чем могла произвести паразитирующая на них популяция фитофторы, учитывая, что многие из них способны тормозить размножение патогена и ограничивать образование конидий. Мы продублировали оценку 6 клонов, высадив их клубни среди посева ячменя, вне соседства с восприимчивыми сортами. Степень поражения фитофторозом в этом варианте оказалась слабее, чем у тех же клонов на инфекционном фоне. Два клона сохранились полностью здоровыми, а у четырех находили по 2 пятна фитофтороза на 5 растений. Это выявило крайне ограниченную способность фитофторы размножаться на листве этих клонов. Свойственная созданным в ВИЗР гибридным образцам картофеля высокая устойчивость к фитофторозу передавалась при скрещивании их с культурными сортами. В ряде гибридных популяций имелось до 80% семян, проявивших устойчивость к искусственному заражению (табл.). При испытании на инфекционном фоне большинство из них проявило высокую устойчивость (балл 8-9) к естественному поражению фитофторозом, что свидетельствует о хорошей донорской способности по устойчивости у этих гибридных образцов и повышает ценность использования их в качестве родительских форм, то есть как доноров горизонтальной устойчивости при селекции картофеля.

Таблица. Выявление устойчивых к фитофторозу семян, полученных от скрещиваний культурных сортов с донорами устойчивости, на инфекционном фоне

| Гибридная комбинация                                 | К-во семян | Имели различный балл поражения, % |      |      |      |
|--|------------|-----------------------------------|------|------|------|
|  |            | 9                                 | 8    | 7-6  | 5-3  |
| Наяда × конвергентный гибрид                         | 25         | 28                                | 64   | 8    | 0    |
| Наяда × смесь пыльцы конвергентных гибридов          | 20         | 25                                | 65   | 10   | 0    |
| Загадка Питера × смесь пыльцы конвергентных гибридов | 22         | 45                                | 35   | 10   | 10   |
| Петербургский × смесь пыльцы конвергентных гибридов  | 17         | 5.9                               | 64.7 | 17.7 | 11.8 |

Большие потери урожая причиняет эпифитотийное развитие болезни. Бо-

лезнь приобретает эпифитотийный характер в результате накопления в посевах



большого количества инокулюма, вызывающего одновременное заражение большинства растений (Степанов, 1962). Больше шансов вызвать эпифитотию имеют патогены, способные в кратчайший срок образовать максимальное количество новых генераций спор (Стэкман, Харрар; 1959). Реализовать полностью свою потенцию в образовании инокулюма патоген может, паразитируя на растениях восприимчивого сорта. Однако для развития эпифитотии необходимо не только образование патогеном большого количества спор, но и чтобы основная масса спор оседала на листе восприимчивых к заражению растений. Не случайно, поэтому эпифитотии характерны лишь для посевов культурных растений и для искусственных посадок древесных пород, но почти не отмечаются в дикой природе. Уязвимость сельскохозяйственных культур связана с тем, что их посевы как правило представлены растениями одного ботанического вида и даже одним генотипом.

Важным и постоянно действующим фактором, способствующим развитию эпифитотий, служит сам способ выращивания культурных растений, когда на большой площади создается густой и однородный по составу стеблестой растений-хозяев того или иного патогена. В таких посевах почти все споры, образуемые патогеном, оседают на листьях восприимчивых к нему растений, вызывая их заражение с последующим образованием новых порций инокулюма. В посевах культурных растений выигрыш получают специализированные патогены, хорошо адаптированные к паразитированию на них. Неспособность таких патогенов размножаться на других растениях не служит препятствием к расселению в однородных по составу посевах их растений-хозяев.

Борьба с сорняками и внесение удобрений, направленные на увеличение урожая, одновременно повышают возможность оседания спор патогена на листе возделываемой культуры, обеспечивая массивное ее заражение. Смы-

сленно кусты картофеля создает благоприятный микроклимат для образования конидий фитофторы, их прорастания и развития эпифитотий. При густом стеблестое хорошо облиственных растений и в отсутствие сорняков возрастает эффективность использования инокулюма патогена для заражения его растения-хозяина, что приводит к еще большему накоплению инокулюма на площади данного посева. Так, на 1 га сильно пораженной ржавчиной пшеницы насчитывали до 1250000 миллиардов уредоспор (Стэкман, Харрар, 1959). Возделывание на больших площадях сводит к минимуму потерю спор за счет сноса за пределы возделывания данной культуры.

Иногда эпифитотии могут развиваться в однородных по составу посевах не только культурных, но и растений дикорастущих видов. Когда сосну, дикорастущий вид *Pinus sylvestris*, высевают на чистых от растительности вырубках, создавая на большой площади загущенный и однородный по составу стеблестой сеянцев, она страдает от сильнейших эпифитотий фацидиоза (возбудитель - *Phacidium infestans*). При этом гибель сеянцев нередко превышает 90% (Крутов, 1995). Но тот же самый патоген в природе, при тех же климатических условиях, причиняет лишь умеренное, почти безвредное заражение сеянцев той же сосны. Эпифитотии фацидиоза в лесу не отмечают, потому что сосна обитает в условиях природного, исторически сложившегося биогеоценоза, сложного по составу. Растения сосны растут вперемежку с растениями других семейств, на которых не может размножаться поражающий сосну патоген. Большая часть производимых им спор пропадает, осев на листву невосприимчивых к нему растений, что приводит к дефициту инокулюма. Но уровень устойчивости сосны к фацидиозу, обеспечивающий успешное произрастание в условиях биогеоценоза, оказался явно не достаточным для загущенных и однородных по составу посадок сосны. Деревья гевеи (*Hevea brasiliense*) тысячелетиями успешно про-

израстали в тропических лесах Бразилии, попеременно с деревьями других пород. Гриб *Dothidella ulei*, вызывающий в условиях природного леса слабое повреждение листвы гевеи, привел к полной гибели плантации гевеи, посаженной загущенно, без примеси других деревьев (Стэкман, Харрар; 1959).

Поскольку оптимальные условия возделывания сельскохозяйственных культур неизбежно способствуют попаданию большинства спор патогена на листву его растения-хозяина, то предотвращение эпифитотии должно быть нацелено на сокращение количества образуемого патогеном инокулюма или на уменьшение возможности его прорастания на листьях возделываемой культуры. Предотвратить прорастание спор можно опрыскиванием фунгицидами. Но использование фунгицидов требует больших затрат и не всегда экономически оправдано. Использование устойчивых сортов более экономично и обеспечивает защиту от заболевания постоянно и повсеместно, где возделывают устойчивый сорт. Ярким примером может служить полное избавление культуры сахарного тростника от массового поражения мозаикой, достигнутое на Кубе путем возделывания сортов высокоустойчивых к вирусу мозаики (ВМСТ). Этот вирус был занесен на Кубу с посадочным материалом толерантного к мозаике сорта РОЖ 36 в 1915 году. А через пять лет массовое поражение мозаикой охватило плантации сахарного тростника по всему острову. Ряд плантаций был поражен на 100%. Продуктивность их снизилась на 50% и более (Agete, Pinero, 1947). Широкому распространению вируса мозаики и массовому поражению растений способствовало то, что повсеместно возделывали высоковосприимчивые к нему сорта благородного тростника *Saccharum officinarum* L. Аккумуляция инфекции и нарастанию степени поражения плантаций из года в год способствовала также многолетняя культура сахарного тростника и отрастание больных растений после ежегодной рубки "мозаичными" побегами, служившими

источниками инфекции. Никакие агротехнические и санитарно-профилактические меры не могли предотвратить массовое поражение мозаикой. Даже посадки черенками от здоровых кустов восприимчивых сортов уже через шесть месяцев оказывались пораженными мозаикой на 60–80%. На сильном инфекционном фоне выделился по устойчивости сорт РОЖ 2878, завезенный в 1927 году. Делянки этого сорта в интродукционном питомнике заражались не более чем на 6%. А когда этим сортом засадили целую плантацию, результат превзошел ожидания. На площади в несколько гектаров, засаженной одним лишь сортом РОЖ 2878, заболевание мозаикой отсутствовало вовсе. В 1967 году, когда этот сорт занимал уже 64% всех площадей под сахарным тростником, мы при многократных обследованиях, не нашли у него ни одного пораженного мозаикой растения. Более того, даже примеси заведомо восприимчивых сортов в плантациях РОЖ 2878 сохранялись здоровыми в окружении растений этого высокоустойчивого сорта. Этот факт указывает на отсутствие циркуляции ВМСТ в плантациях РОЖ 2878. В 1976 году, когда все площади под тростником были засажены этим и другими высокоустойчивыми сортами (В 42231, В 4362), мы не нашли ни одного случая заражения мозаикой. Заболевание было искоренено при выращивании сахарного тростника благодаря повсеместному возделыванию высокоустойчивых сортов. Однако, согласно нашим исследованиям, эти сорта не обладают полным иммунитетом к ВМСТ. Их удалось заразить, натирая листья соком мозаичных растений. Но при этом заражалось не более 5% растений, тогда как у сортов благородного тростника и у восприимчивого сорта гибридной природы С236-51 успех заражения превышал 70% при той же методике инокуляции. Устойчивые сорта поражались и на искусственно созданном инфекционном фоне, но не более чем на 2%, в то время как восприимчивый сорт С236-51 поражался на 23%. На инфекционном фоне растения

РОЖ 2878 могли заражаться вирусом, переносимым тлями с соседних рядков, где росли пораженные мозаикой растения восприимчивого сорта. Но в сплошных посадках РОЖ 2878 распространение вируса сдерживалось рядом обстоятельств. Во-первых, заразившиеся ВМСТ растения этого сорта благодаря его высокой устойчивости могут встречаться крайне редко. А это значит, что количество возможных источников вторичной инфекции крайне ограничено, что особо значимо для ВМСТ, непersistентного в переносчике (виофорная тля может заразить лишь одно растение, поскольку теряет вирус при первом акте питания). К тому же, как выяснилось, у зараженных растений этого сорта инфекционность сока крайне мала. Таким образом, в плантациях РОЖ 2878 и других высокоустойчивых сортов практически не могут возникать очаги вирусной инфекции. К тому же у этих сортов, если отдельные растения и заражаются, впоследствии отрастают здоровые побеги, что означает самоочищение плантаций от больных растений. Взаимодействие всех этих факторов препятствовало размножению и расселению вируса в плантациях высокоустойчивых сортов. Приведенный пример показывает, что защитный эффект относительной устойчивости имеет две составляющие: устойчивость к заражению и способность ограничивать размножение патогена, сводить к минимуму накопление его инокулюма. Слабое поражение болезнью относительно устойчивых сортов во многом бывает связано с дефицитом инокулюма, складывающимся в их посевах.

Задачей селекции на устойчивость к заболеваниям является создание сортов, слабо поражаемых в условиях производства, где они выращиваются на большой площади и могут заражаться лишь тем количеством инокулюма, которое продуцирует патоген, размножающийся в посевах данного сорта. Иными словами, производству нужен сорт, проявляющий устойчивость к заражению тем количеством инокулюма, которое может создать

паразитирующий на нем патоген. Для выявления таких сортов проводят испытание сотен образцов в селекционном или коллекционном питомниках. При этом поражение каждого испытываемого образца происходит не только за счет его собственного инокулюма, но и спорами, заносимыми с соседних делянок. Таким образом, степень поражения в селекционном питомнике зависит не только от уровня устойчивости каждого образца, но и от способности образовывать инокулюм на листе его соседей. Снос инокулюма с одной делянки на другую, искажающий истинную характеристику образцов, Я.Е.Ван дер Планк (1966) назвал “скрытой ошибкой опыта”. В результате этого процесса степень поражения на небольших делянках в селекционном питомнике может не соответствовать поведению сорта в условиях производства. В связи с этим уместно вспомнить высказывания Я.Е.Ван дер Планка (1966), что горизонтальная устойчивость, иными словами относительная устойчивость, “ярче всего проявляется на больших площадях преуспевающих сортов”, но кандидатов в преуспевающие сорта ищут в селекционном питомнике, где этот тип устойчивости проявляется всего слабее.

В качестве показателя относительной устойчивости служит слабое поражение болезнью. Но степень поражения каждого испытываемого образца определяется не только уровнем его устойчивости, но и количеством инокулюма, попадающим на его листу. Интенсивность инфекционного фона в селекционном питомнике зависит от уровня устойчивости взятых в испытание образцов, от их способности тормозить или, наоборот, ускорять размножение патогена. Если в селекционном питомнике преобладают высокоустойчивые образцы, то единичные восприимчивые по своей природе образцы могут поражаться слабее, чем если бы они выращивались на большой площади и заражались всей массой инокулюма, которую может создать успешно размножающийся на них патоген. Примером может служить уже упомянутый сорт сахарного

тростника С 236-51, охарактеризованный как восприимчивый к вирусу мозаики при искусственном заражении и на инфекционном фоне. Тем не менее, этот сорт сохранялся здоровым в течение 10 лет выращивания в селекционном питомнике, где преобладали высокоустойчивые клоны. Учитывая поведение С 236-51 в селекционном питомнике, этот сорт внедрили в производство, где он и поразился мозаикой. В селекционном же питомнике сорт С 236-51 был защищен окружением устойчивых клонов, на которых вирус не размножился. Из-за отсутствия циркуляции вируса в селекционном питомнике сорт С 236-51 внешне выглядел, как устойчивый.

Мы неоднократно отмечали в 1979-1984 гг. случаи маскировки явно восприимчивых к ржавчине (*Puccinia melanoscephala* Sydow) клонов под умеренно поражаемые при выращивании их на небольших делянках в селекционном питомнике, где превалировали устойчивые и даже полностью иммунные к ржавчине клоны. Селекционеры поначалу допускали у выделившихся по сахаристости клонов слабое поражение ржавчиной. Но когда такие клоны доходили до сортоиспытания, где они занимали не одно-рядковую делянку, а 4-рядковый блок площадью 48 м<sup>2</sup>, большинство из них оказывалось сильно пораженным ржавчиной. Такое проявление замаскированной ранее восприимчивости происходило потому, что на большой делянке, занимаемой восприимчивым клоном, могло накапливаться значительное количество инокулюма. Подобные инциденты позже были устранены благодаря своевременному выявлению восприимчивых клонов путем параллельного испытания селекционного материала на инфекционном фоне. Надо отметить, что заболевание ржавчиной сахарного тростника отсутствовало в западном полушарии в течение 5 веков. Она была занесена на Кубу в 1979 году и за три месяца охватила всю страну в связи с тем, что 46% площадей занимал сорт В 4362, оказавшийся в высшей степени восприимчивым к ржавчине. Растения на план-

тациях этого сорта имели листву, сплошь покрытую пустулами ржавчины, и сильно угнетались в росте. Но тот же самый сорт В 4362 на маленькой однорядковой делянке селекционного питомника в окружении устойчивых и иммунных к ржавчине клонов выглядел, как умеренно поражаемый и не испытывал угнетения.

В случае фитофтороза картофеля известны примеры, когда слабая горизонтальная устойчивость некоторых клонов не проявилась в селекционном питомнике из-за эффективной защиты R-генов, комплементарных к мало распространенным генам вирулентности патогена. Но при размножении таких клонов происходило размножение совместимой с ними расы, что вело к сильному поражению их фитофторозом. Такое явление Я.Е.Ван дер Планк (1966) охарактеризовал как “эффект Вертифолии”.

Как уже отмечалось, в селекционном питомнике некоторые сорта могут испытывать меньшую инфекционную нагрузку, чем при выращивании их на большой площади. Но инфекционный фон селекционных питомников может характеризоваться не только дефицитом инокулюма, но и неравномерностью его распределения, что выявляется при наличии ряда повторностей. Задача испытания - выявить образец, слабо поражаемый в производстве, где могут заметно варьировать как количество инокулюма, так и возможности заражения им. Поэтому для характеристики кандидатов в новые сорта ценнее принимать во внимание максимальный балл поражения образца по повторностям. Образец с наименьшим показателем своего максимального поражения можно расценивать, как наиболее устойчивый.

Точно также можно признать целесообразным использование для оценки уровня устойчивости образцов результатов учета поражения лишь за годы сильного развития заболевания, когда образцы подвергаются массивному заражению патогеном. Оценки на устойчивость нужно ориентировать на условия заражения, максимально выраженные, какие могут иметься в условиях производства.

Результаты оценок в коллекционном питомнике следует рассматривать как предварительные. Слабо пораженные образцы или сохранившиеся здоровыми подлежат испытанию при искусственном заражении или на инфекционном фоне. Инфекционный фон обеспечивает высокую и одинаковую для всех образцов инфекционную нагрузку, делая оценку уровня устойчивости более достоверной. Инфекционный фон, имитируя условия заражения, которые создаются в массиве восприимчивого сорта, надежно выявляет восприимчивые образцы и подтверждает высокую устойчивость образцов, слабо поражаемых при таком испытании. В условиях сильного инфекционного фона слабую степень поражения (балл 8-9) могут иметь лишь высокоустойчивые образцы. Но испытание на инфекционном фоне позволяет оценить лишь устойчивость к заражению. Для полной характеристики образцов полезно определить их способность тормозить размножение патогена. Это достигается определением продолжительности инкубационного периода и продуктивности спороношения.

Сорта картофеля, характеризующиеся как относительно устойчивые (Львовянка, Мавка, Західний и др.), слабо поражаются фитофторозом при эпифитотийном развитии болезни на восприимчивых сортах, а в годы слабого проявления фитофтороза могут избежать заболевания (Подгаецкий, 2001). Такие сорта могут заражаться, только если в попавших на листья каплях содержится много конидий фитофторы. В опытах по инокуляции заражение достигается с помощью суспензии, содержащей более 20 конидий в поле зрения микроскопа. Поэтому далеко не всякая капля росы или дождя оказывается инфекционной для устойчивого сорта, а при слабом распространении

фитофтороза возможность его заражения сводится к минимуму. Относительная устойчивость не исключает полностью возможность заражения испытуемых образцов, а лишь может уменьшить степень поражения. Но уже сам факт малого числа пятен поражения фитофторозом, то есть успешных заражений, означает сокращение числа источников инокулюма для вторичной инфекции в посевах относительно устойчивого сорта. К тому же на таких сортах из-за длинного инкубационного периода сокращается число поколений конидий патогена. Сокращается также спорообразующая поверхность пораженных листьев и продуктивность образования конидий. Для заражения сортов с высокой относительной устойчивостью к фитофторозу нужны большие количества инокулюма, но именно этого не может обеспечить патоген при паразитировании на таких сортах. Относительно устойчивые сорта способны защищаться от заболевания не только за счет устойчивости к заражению, но и благодаря подавлению численности популяции патогена, заселяющей посев устойчивого сорта. Этот второй защитный фактор, не выявляемый в испытаниях на инфекционном фоне или в тестах искусственного размножения, может проявиться при возделывании сорта на большой площади. Некоторые относительно устойчивые сорта могут лишь немного слабее заразиться при испытании на инфекционном фоне или при инокуляции, но сохраняться почти без поражения болезнью в условиях производства.

В посевах относительно устойчивых сортов не может накапливаться большое количество инокулюма патогена, что сводит к минимуму возможность эпифитотийного развития болезни.

#### Литература

Ван дер Планк Я.Е. Болезни растений. М., 1966, 352 с.

Колобаев В.А. Принципы создания исходного материала для селекции сахарного тростника на комплексную устойчивость к вредным организмам. Автореф. докт. дисс., СПб, 1992, 37 с.

Колобаев В.А. Создание доноров горизонтальной устойчивости к фитофторозу. /Агро XXI, 5, 1998, с.6-7.

Колобаев В.А. Использование конвергентных скрещиваний при создании доноров горизонтальной устойчивости картофеля к фитофторозу.

/Методические рекомендации по защ. раст., СПб, 1998, с.153-156.

Колобаев В.А. Селекция картофеля на устойчивость к фитофторозу. /Защ. и карантин раст., 1, 1999, с.21-26.

Колобаев В.А. Принципы и методы создания доноров горизонтальной устойчивости картофеля к фитофторозу. Методические рекомендации, СПб, ВИЗР, 2001, 16 с.

Колобаев В.А. Перспективы усиления горизонтальной устойчивости картофеля к фитофторе. /Типы устойчивости раст. к болезням. СПб, 2003, с.97-103.

Колобаев В.А., Житлова Н.А. Использование генофонда рода *Solanum* для создания гибридов картофеля с высокой горизонтальной устойчивостью к фитофторе. /Бюлл. ВИЗР, 78-79, 1998, с.134-140.

Колобаев В.А., Рогозина Е.В. Использование

генофонда рода *Solanum* для достижения сильно выраженной горизонтальной устойчивости картофеля к фитофторе. /Генетические ресурсы культурных раст., СПб, 2001, с.303-309.

Крутов В.И. Грибные болезни хвойных пород в искусственных ценозах таежной зоны Карело-Кольского региона. Автореф. докт. дисс., СПб, Пушкин, 1995, 50 с.

Подгаецкий А.А. Формирование, изучение и использование генофонда картофеля Украины. /Генетические ресурсы культурных раст., СПб, 2001, с.375-376.

Степанов К.М. Грибные эпифитотии. М., 1962, 454 с.

Степанов К.М. Прогнозирование эпифитотий. /Сельскохозяйственная биология, 4, 1971, с.545-551.

Стэкман Э., Харрар Дж. Основы патологии растений. М., 1959, 535 с.

Agete, Pinero. La cana de azucar en Cuba. Havana, 1947, 602 с.

#### MANIFESTATION OF THE PLANT RESISTANCE TO DISEASES IN DEPENDENCE TO A QUANTITY OF INOCULUM

V.A.Kolobaev, A.N.Vasiukov

In homogenous agricultural crops of susceptible varieties, a large quantity of the inoculum of specialized pathogens is accumulated that favors the epiphytotic development of diseases. A protective effect of the relative resistance becomes apparent not only in a weak degree of disease incidence but also in delayed multiplication of the pathogens. Cultivars with a high relative resistance suppress the pathogen population densities and, thus, prevent epiphytotics. Potato varieties with a high horizontal resistance to the late blight of potato are slightly affected (classes 8-9 of infestation) by the pathogen, even against the background of heavy infestation. They can be infected only under a high pressure of infection. The development of the late blight of potato in these cultivars is significantly slowed down, the sporulation is suppressed.

## ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА К ВИРУСУ МОЗАИКИ ТОМАТА

М.В.Мотова\*, А.Е.Цыпленков\*\*

\*Санкт-Петербургский государственный агрономический университет Пушкин

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

Для оценки генетической устойчивости томата к вирусу мозаики томата (ВМТо) использовали эффект синергизма при заражении растений смесью вирусов (ВМТо + ХВК). На восприимчивых образцах через 20-30 дней отмечали задержку роста, деформацию и стрик листьев. Устойчивые образцы внешне оставались здоровыми и при тестировании на растениях-индикаторах ВМТо не обнаружены.

Вирусы группы ВТМ широко распространены на томате. В последнее время большинство исследователей рассматривает ВТМ, выделенный с томата, как самостоятельный штамм, давая ему самостоятельное название - вирус мозаики томата (ВМТо) (Самсонова и др., 2001). По данным многих авторов (Власов, 1960; Брежнев, Шмараев, 1976; Авдеев, Щербин, 1978; Цыпленков, 1981), потери урожая томата, вызванные ВМТо, обусловлены, прежде всего, степенью восприимчивости сорта, количеством инфекционного начала и фазой заражения растений. Активную роль в развитии симптомов проявления вируса играют определенные сочетания температуры, влажности воздуха, интенсивности инсоляции и их отклонений от нормы. Суммируя данные многих исследований, необходимо отметить, что ВМТо вызывает широкую гамму симптомов, и в зависимости от этого, потери урожая могут составлять от мозаики и деформации листьев 15-30%, нитевидности и стрика листьев - 40-50%, стрика стебля и внутреннего некроза плодов - 80-100%. Такие существенные потери урожая, несомненно, обуславливают необходимость разработки и усовершенствования мер борьбы с ВМТо. Необходимо напомнить, что в открытом грунте только такой прием, как безрассадная культура томата, может в значительной степени сдерживать развитие эпифитотий. В защищенном грунте в широких масштабах использовали вакцинацию томата ослабленными штаммами ВМТо. В конце 1970-х годов в

нашей стране были впервые использованы зарубежные гибриды, несущие ген устойчивости к ВМТо (Ревермун, Ревермун улучшенный, Салара, Сарина и др.). Спустя несколько лет появились наши отечественные гибриды с генами устойчивости к ВМТо (Внуковский, Солнышко, Ласточка, Лена, Карлсон и др.).

Получение устойчивых к ВМТо гибридов томата - очень важный этап селекционной работы, позволяющий сократить потери урожая не только от этого вируса, но и от синергического взаимодействия содержащего ВМТо комплекса вирусов, то есть от сложного стрика, компонентами которого могут быть Х-вирус картофеля (ХВК) и вирус огуречной мозаики (ВОМ).

Широкое внедрение в производство гибридов, несущих ген устойчивости к вирусу табачной мозаики, значительно сдерживает распространенность и вредность этого патогена на томате, однако не исключает появления новых аномальных штаммов или новых широко специализированных вирусов; ХВК, например, в смешанных инфекциях нередко дестабилизируют устойчивость к ВМТо. При экспериментальном инфицировании ХВК сортов и гибридов томата, устойчивых к ВМТо, отмечают либо латентную инфекцию, либо слабую крапчатость (Цыпленков, 1981, 1998).

Приоритет получения линий томата, несущих ген устойчивости к ВМТо, принадлежит зарубежным ученым. В настоящее время известны следующие линии геноносителей устойчивости к ВМТо

- Tm-1 (ген толерантности, полученный от *Lycopersicon hirsutum* и локализованный в хромосоме 5) (Holmes, 1954), а также Tm-2 (Soost, 1963) и Tm-2 (Cirulli, Alexander, 1969) аллельными генами, определяющими реакцию сверхчувствительности к вирусу (выделены из 9-й хромосомы *Lycopersicon peruvianum*). На практике чаще всего используют ген Tm-2. В гомозиготном состоянии можно получить иммунные гибриды. Однако уже известны случаи преодоления их иммунитета в Голландии и Дании. На таких растениях могут появляться симптомы системного некроза, желтой мозаики на верхней трети растения и стрик плодов. Такие симптомы могут появиться только при сочетании ряда условий: температура выше 28°C в течение нескольких дней, большая инфекционная нагрузка и высокая инсоляция.

Основным источником устойчивости к ВМТо оказались дикие виды томата - *L. peruvianum* Mill и *L. hirsutum* Humb. Однако впервые отселектировать линию, несущую ген устойчивости к 4-м штаммам вируса, удалось, используя вид *L. peruvianum* (Mc Ritchie, Alexander, 1963).

В дальнейшем ген устойчивости передали культурному томату и были получены устойчивые сорта и гибриды к различным штаммам ВМТо.

Однако в работах зарубежных авторов отмечалось, что при скрещиваниях вместе с геном устойчивости к ВМТо передавался еще один локус - «Gamete promoter», кодирующий аномалии вегетативных и генеративных органов. Среди наиболее распространенных отклонений от нормы зарегистрированы интенсивный рост (гигантизм), дефицит пыльцы, мелкоплодность и неравномерность созревания плодов.

В последние годы ген Tm-2 был выделен из альтернативного источника, который, как показали исследования, не содержит «Gamete promoter» и нежелательные последствия его фенотипического выражения отсутствуют (Hall, 1980). Степень устойчивости и реакция на заражение ВМТо у современных сортов различны, поэтому необходимо изучить эту проблему детально.

В 2004 году в лабораторных условиях ВИЗР проведены опыты по оценке 19 образцов томата, представленных НПФ «Агросемтомс», на устойчивость к ВМТо. Каждый вариант включал 3 повторности и незараженный контроль. Стандартом восприимчивости служил сорт Невский. Для заражения опытных растений использовали смешанную инфекцию ВМТо + ХВК из расчета 1: 1: 20 (ВМТо; ХВК; 20 мл физиологического раствора). ВМТо - обычный зеленый штамм, выделен из томата, сохраняется в коллекции ВИЗР; ХВК - выделен из растений картофеля сорт Невский, отселектирован на растениях *Gomphrena globosa*, сохраняется на растениях *Datura stramonium* в коллекции ВИЗР. Инфекционный материал растирали в ступке и с помощью ватного тампона инокулировали семядольные листья растений томата.

За время эксперимента проведено 3 учета. Первый на 7-й день после инокуляции, день на 14 второй и третий - на 21 день. Проведены биометрические измерения высоты растений и группировка линий томата по вредности проявления симптомов. Результаты опыта обработаны методом дисперсионного анализа. Экспертиза наличия ВМТо в зараженных растениях проведена на растениях-индикаторах (*Nicotiana glutinosa*).

Различия в развитии больных и здоровых растений наблюдались уже на 14 день после заражения (табл. 1).

Анализ данных позволяет все испытанные томаты разделить на 3 группы, в первую группу включены устойчивые образцы томата АСТ-145, АСТ-694, АСТ-233, АСТ-570, АСТ-234, АСТ-601, АСТ-346, АСТ-732, у которых различия между контролем и зараженными растениями по развитию и высоте не существенны на 5% уровне значимости.

Во вторую группу включены образцы АСТ-730, АСТ-682, у которых различия по высоте инокулированных растений и контроля также не существенные ( $F_{ф} < F_{.95}$ ), однако зарегистрированы симптомы проявления болезни (табл. 2), вирусная природа которых подтверждена на растениях-индикаторах (табл. 3).



Таблица 1. Влияние вирусной инфекции на развитие томата (Пушкин, 2004)

| Варианты | Высота растений, см |       |          |       |         |       | F <sub>φ</sub> |
|----------|---------------------|-------|----------|-------|---------|-------|----------------|
|          | 20.07.04            |       | 27.07.04 |       | 3.08.04 |       |                |
|          | опыт                | конт. | опыт     | конт. | опыт    | конт. |                |
| ACT-145  | 9.5                 | 7.8   | 25.4     | 24.3  | 39.6    | 40.4  | 0.1            |
| ACT-694  | 7.3                 | 7.0   | 18.5     | 20.1  | 41.1    | 35.4  | 0.2            |
| ACT-233  | 6.2                 | 7.9   | 16.6     | 16.0  | 31.9    | 34.1  | 0.4            |
| ACT-570  | 4.0                 | 4.0   | 11.4     | 11.5  | 26.7    | 27.9  | 1.0            |
| ACT-234  | 8.0                 | 8.1   | 19.5     | 17.2  | 36.1    | 31.7  | 1.3            |
| ACT-601  | 9.2                 | 5.6   | 20.6     | 17.7  | 33.7    | 29.5  | 2.5            |
| ACT-346  | 6.9                 | 5.1   | 20.7     | 19.4  | 33.6    | 29.8  | 2.7            |
| ACT-732  | 5.5                 | 8.7   | 15.3     | 12.9  | 28.3    | 35.6  | 2.8            |
| ACT-730  | 6.6                 | 6.0   | 10.4     | 10.4  | 11.5    | 13.4  | 0.2            |
| ACT-682  | 6.7                 | 6.3   | 14.2     | 17.5  | 20.1    | 28.2  | 3.8            |
| ACT-662  | 8.8                 | 7.7   | 12.6     | 18.2  | 16.2    | 31.9  | 6.7            |
| ACT-722  | 6.6                 | 7.2   | 10.3     | 19.5  | 12.0    | 27.0  | 14.0           |
| ACT-733  | 5.9                 | 7.6   | 12.4     | 18.6  | 17.7    | 32.1  | 14.7           |
| ACT-436  | 5.5                 | 7.6   | 11.9     | 18.7  | 19.4    | 32.0  | 17.0           |
| ACT-717  | 6.9                 | 8.1   | 10.8     | 23.5  | 14.1    | 35.9  | 17.4           |
| ACT-720  | 7.3                 | 8.1   | 11.9     | 21.5  | 14.5    | 34.5  | 18.5           |
| ACT-681  | 6.8                 | 7.0   | 11.1     | 20.1  | 12.8    | 34.3  | 22.6           |
| ACT-370  | 9.2                 | 10.3  | 10.4     | 24.8  | 11.8    | 36.7  | 25.0           |
| ACT-253  | 7.9                 | 11.2  | 11.4     | 25.1  | 14.6    | 42.0  | 35.8           |

\*При F<sub>φ</sub>≥4.8 различия между опытом и контролем существенны.

В третью группу включены остальные образцы, у которых различия между опытными и контрольными растениями существенные (F<sub>φ</sub>>F<sub>.95</sub>), то есть отмечали сильную задержку роста у инокулированных растений. Эти образцы восприимчивы к вирусной инфекции.

Кроме замера высоты у растений фиксировали симптоматику проявления болезни по 5-балльной шкале (табл. 2).

Первые симптомы в виде просветления жилок и слабой мозаики листьев наблюдали уже на 7-й день после заражения, хотя высота растений была на уровне контроля. Последующие учеты позволили визуально разделить все 19 образцов по степени устойчивости к смешанной инфекции. Отсутствие симптомов позволили выделить из всех вариантов образцы томата (ACT-145, ACT-694, ACT-233, ACT-570, ACT-234, ACT-601, ACT-346, ACT-732) с устойчивостью к ВМТо. На указанных образцах томата ХВК находился в латентной форме (визуально не идентифицировался). Отсутствие ВМТо контролировали методом растений-индикаторов. С каждого образца отбирали групповую пробу и заражали инокулированные листья растения-индикатора *N. glutinosa*.

Таблица 2. Симптомы проявления ВМТо на образцах томата (Пушкин, 2004)

| Варианты | Симптомы                    | Балл поражения | Доля (%) пораженных растений с данным баллом |
|----------|-----------------------------|----------------|--|
| ACT-145  | -                           | 0              | 0  |
| ACT-694  | -                           | 0              | 0  |
| ACT-233  | -                           | 0              | 0  |
| ACT-570  | -                           | 0              | 0  |
| ACT-234  | -                           | 0              | 0  |
| ACT-601  | -                           | 0              | 0  |
| ACT-346  | -                           | 0              | 0  |
| ACT-732  | -                           | 0              | 0  |
| ACT-730  | Dis, M, Chl                 | 5              | 40   |
|          |                             | 4              | 40   |
|          |                             | 3              | 13.3   |
| ACT-682  | Dis, M                      | 5              | 73.7   |
|          |                             | 0              | 26.3   |
| ACT-662  | Dis, Stu, M, Chl            | 5              | 93.3   |
|          |                             | 0              | 6.7  |
| ACT-722  | Dis, Stu, Vc, Chl, LeAb, Wi | 5              | 73.3   |
|          |                             | 4              | 6.7  |
|          |                             | 0              | 20   |
| ACT-733  | Dis, Stu, M                 | 5              | 40   |
|          |                             | 3              | 26.7   |
|          |                             | 0              | 33.3   |
| ACT-436  | Dis, Stu, M                 | 5              | 20   |
|          |                             | 4              | 30   |
|          |                             | 0              | 50   |
| ACT-717  | Dis, Stu,                   | 4-5            | 40   |
|          |                             | 3              | 40   |
|          |                             | 0              | 20   |
| ACT-720  | Dis, Stu, M, Chl            | 5              | 93.3   |
|          |                             | 0              | 6.7  |
| ACT-681  | Dis, Stu, M                 | 5              | 80   |
|          |                             | 0              | 20   |
| ACT-370  | Dis, Stu, M, Chl            | 5              | 100  |
| ACT-253  | Dis, Stu, M, Chl, LeAb      | 5              | 93.3   |
|          |                             | 0              | 6.7  |
| Контроль | Dis, Stu, M, Vc, Chl        | 5              | 100  |

Dis- деформация, M- мозаика, Stu- карликовость, Vc- посветление жилок, Chl- хлороз, LeAb- опадание листьев, Wi- увядание растения.

Одновременно проводили заражение *N. glutinosa* образцами томата ACT-682 и ACT-730, у которых различия по высоте инокулированных растений и контроля не существенные на 5% уровне значимости ACT-436 с 50% пораженных растений. Для контроля выбрали образцы с резкими симптомами деформации и желтой мозаики листьев (табл. 3).

Таблица 3. Регистрация наличия ВМТо в образцах томата на изолированных листьях *N. glutinosa* (Пушкин, 2004)

| Варианты | Характер реакции | Число некрозов |
|----------|------------------|----------------|
| АСТ-145  | 0                | 0              |
| АСТ-694  | 0                | 0              |
| АСТ-233  | 0                | 0              |
| АСТ-570  | 0                | 0              |
| АСТ-234  | 0                | 0              |
| АСТ-601  | 0                | 0              |
| АСТ-346  | 0                | 0              |
| АСТ-732  | 0                | 0              |
| АСТ-682  | L : LLN          | 14             |
| АСТ-730  | L : LLN          | 91             |
| АСТ-436  | L: LLN           | 29             |
| АСТ-370  | L : LLN          | 38             |
| АСТ-681  | L : LLN          | 18             |
| АСТ-720  | L : LLN          | 112            |

L- местная реакция, LL- местные повреждения, N- некроз.

Проведенное тестирование на *N. glutinosa* позволило подтвердить устойчивость выделенных нами выше 8 образцов, а также определить приблизительно концентрацию ВМТо в восприимчи-

вых образцах. В спорных образцах АСТ-682, АСТ-730 и АСТ-436 методом растенно-индикаторов установили наличие вируса мозаики томата.

Предложенный метод инокуляции томата двумя вирусами (ВМТо + ХВК) дает возможность определить генотипическую устойчивость к ВМТо в образцах томата в течение 30 дней, что, несомненно, ускоряет процесс отбора селекционного материала. На восприимчивых образцах комплекс вирусов вызывает высокую степень патогенеза и это позволяет проводить визуальную выбраковку больных растений, а также отобрать здоровые при гетерозиготном типе устойчивости.

С использованием эффекта синергизма при смешанной инфекции отобраны образцы томата АСТ-145, АСТ-233, АСТ-234, АСТ-346, АСТ-570, АСТ-601, АСТ-694 обладающие групповой устойчивостью к ВМТо и ХВК, при чем последний вирус заражает томаты системно, не вызывая видимых симптомов.

#### Литература

- Авдеев Ю.И., Щербин Б.М. Устойчивость томатов к вирусу табачной мозаики. /С-х биология, 13, 5, 1978, с.726-729.
- Балашова Н.Н., Король М.М., Жученко А.А. и др. Устойчивость тепличных сортов томата к мозаике в зависимости от условий выращивания. /Еукарпия, Генотип и среда в селекции тепличных томатов, Л., 1978, с.147-150.
- Брежнев Д.Д., Шмарев Г.Е. Селекция растений в США. М., Колос, 1972, 296 с.
- Власов Ю.И. Методические указания по исследованию вирусных болезней растений. Л., 1960, 34 с.
- Самсонова Л.Н., Цыпленков А.Е., Якуткина Т.А. Диагностика вирусных и фитоплазменных болезней овощных культур и картофеля. СПб, 2001, 48 с.
- Цыпленков А.Е. Оценка устойчивости к ВМТМ сортов и гибридов томата для защищенного грунта. /Тез. докл. 7 совещания по иммунитету растений.

Омск, 1981, с.313.

Цыпленков А.Е. Генетико-экологические аспекты устойчивости томатов к ВМТМ. /Бюлл. ВИЗР, 78-79, 1998, с.76-80.

Cirulli M., Alexander L.J. Influence of temperature and strain of tobacco mosaic virus on resistance in tomato - breeding line derived from *Licopersicon peruvianum* /Phytopath., 59, 1969, p.1287-1297.

Hall T.J. Resistance at the Tm -2 locus in the tomato to tomato mosaic virus. /Euphytica, 29, 1980, p.189-197.

Holmes F. O. Inheritance of resistance to infection by tobacco-mosaic virus in tomato. /Phytopath., 44, 1954, p.640-642.

Mc Ritchie J. C., Alexander L.J. Host specific *Licopersicon* strains of tobacco mosaic virus. /Phytopath., 53, 1963, p.394-398.

Soost K. Hybrid tomato resistant to tobacco mosaic virus. /J. Hered., 54, 1963, p.241-244.

#### ESTIMATION OF THE GENETIC RESISTANCE OF TOMATOES TO TOMATO MOSAIC VIRUS

M.V.Motova, A.E.Tsyplenkov

To estimate the genetic resistance of tomato varieties to ToMV (tomato mosaic virus), a synergetic effect of the plant infestation with a mixture of viruses (ToMV + ХВК) was used. Susceptible tomato samples manifested leaf deformation and growth inhibition in 20-30 days after inoculation. By contrast, resistant samples looked like controls and ToMV was not found when testing on plants-indicators.

## Вt-ТРАНСГЕННЫЙ СОРТ КАРТОФЕЛЯ КАК СРЕДСТВО БОРЬБЫ С РЕЗИСТЕНТНЫМИ К ПИРЕТРОИДАМ ПОПУЛЯЦИЯМИ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

Г.И.Сухорученко, Т.И.Васильева, Г.П.Иванова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В лабораторных и вегетационных опытах установлено, что Вt-трансгенный сорт картофеля Суперитор Ньюлив, продуцирующий бета-эндотоксин, вызывает глубокое угнетение жизнедеятельности личинок и имаго, чувствительных и резистентных к пиретроидам популяций колорадского жука. В то же время показана возможность отбора Вt-трансгенным картофелем в популяциях насекомого морф имаго с 3 и 6 типами рисунка переднеспинки, ответственных за развитие его резистентности к пиретроидам. Одновременно выявлено снижение чувствительности к битоксибациллину в резистентных к пиретроидам популяциях вредителя.

По мере развития методов генной инженерии большое значение в сельскохозяйственной практике Аргентины, Бразилии, США, Канады, Китая, Австралии, Индии, ЮАР и ряда других стран стали приобретать трансгенные (генетически модифицированные) сорта растений, обладающие устойчивостью к вредителям, фитопатогенам, гербицидам и другим стрессовым факторам. В 2004 г. площади под трансгенными растениями в мире составили 67 млн га и предполагается их увеличение через 5 лет до 100 млн га (Перелет, 2004).

Из 54 сортов генетически модифицированных культур, созданных к началу XXI века, наибольшее распространение во многих странах получили Вt-транс-генные сорта хлопчатника, картофеля, томата, кукурузы, табака и рапса, в геном которых имплантированы гены бактерии *Bacillus thuringiensis*, ответственные за экспрессию энтомоцидных белков, защищающих эти культуры от вредных членистоногих. Так, с 1995 г. в США выращивают Вt-трансгенные сорта картофеля Суперитор Ньюлив, Атлантик Ньюлив и Рассет Бербанк Ньюлив, продуцирующие бета-эндотоксин Сгу3А и обладающие высокой

токсичностью для колорадского жука, что обеспечивает высокий защитный эффект в борьбе с вредителем (Wierenga et al., 1996; Allyokhin, Ferro, 1999).

Использование Вt-трансгенных сортов резко снижает объемы применения пестицидов, затраты на производство растениеводческой продукции и нормализует фитосанитарную обстановку в агробиоценозах (Shelton, 2004). Эти сорта представляют также интерес для антирезистентных стратегий, так как эффективны против резистентных к инсектицидам популяций вредителей, например, хлопчатника (Benedict et al., 1996; Roush, 1997; Meng, 2004; Shelton, 2004).

Поскольку в основных зонах картофелеводства России колорадский жук развил резистентность к большинству применяемых пиретроидов, а в южных зонах - также перекрестную резистентность к фосфорорганическим инсектицидам (Сухорученко, 2001). Целью настоящих исследований являлась оценка возможности использования Вt-трансгенных сортов картофеля в качестве средства борьбы с резистентностью к инсектицидам в популяциях вредителя.

### Методика исследований

Работа выполнялась в 1999-2001 гг. с генетически модифицированным сортом картофеля Суперитор Ньюлив (фирма "Монсанто", США) и его исходным сортом Суперитор (американской селекции). Оба сорта выращивали из клубневого материала, полученного из Центра "Био-

инженерия" РАН. Опыты проводили согласно разработанным методикам оценки влияния трансгенных растений на жизнедеятельность и микроэволюционные преобразования колорадского жука (Вилкова и др., 2001). Для их постановки собирали перезимовавших имаго насеко-

мого на производственных полях или посадках картофеля в частном секторе, отличающихся интенсивностью применения инсектицидов: эпизодически обрабатываемые популяции - ленинградская (пригород г. Павловска), нижегородская (Нижегородская обл., Кстовский район) и регулярно обрабатываемые (2-3 раза за сезон) популяции из Белгородской области - белгородская (Белгородский район), грайворонская (Грайворонский район). Собранных имаго воспитывали в лаборатории при комнатной температуре в стеклянных сосудах (по 20 особей в каждом при соотношении 1♂:3♀), высланных фильтровальной бумагой и закрытых бязью, на листьях картофеля сорта Чародей (селекция НПО "Белогорка"). Банки ежедневно просматривали и меняли в них корм. Полученные кладки яиц вредителя помещали в чашки Петри, а отродившихся из них личинок отсаживали в 0,5-литровые банки с кормом и воспитывали до нужного возраста или до имаго.

Первым этапом исследований являлось определение степени резистентности разных популяций колорадского жука к применяемому в практике пиретроиду суми-альфа 50 КЭ (действующее вещество эсфенвалерат) и микробиологическому препарату битоксибациллину, П (действующее вещество бета-эндотоксин) с помощью стандартной токсикологической методики (Сухорученко и др., 2004). Для этого листья картофеля сорта Чародей окунали на 3 секунды в водные эмульсии или суспензии препаратов в серии концентраций и подсушивали на фильтровальной бумаге, после чего на них подсаживали 2-дневных личинок 2-го возраста. Контакт насекомого с отравленным кормом - одни сутки, после чего корм заменялся свежим, необработанным инсектицидами. Контроль - личинки, подсаженные на необработанные листья картофеля. Листья с подсаженными личинками помещали в чашки Петри, высланные фильтровальной бумагой, и содержали в камерах при температуре +21-22°C и относительной влажности 55-60%.

Опыты закладывали в 4 повторностях, по 10 личинок в каждой. Учеты их смертности проводили через 1.3 и 5 суток после первичной посадки на листья картофеля. После каждого учета корм в чашках меняли на более свежий. На основании полученных рядов смертности рассчитывали значения СК<sub>50</sub> и СК<sub>95</sub> инсектицидов с использованием компьютерной программы метода пробит-анализа по Финни (Василева, Зубанов, 2004). О снижении чувствительности вредителя к токсикантам судили по показателю резистентности (ПР), который представляет собой величину отношения значений их СК<sub>50</sub> для анализируемой популяции к СК<sub>50</sub> для нижегородской, условно принятой за чувствительную.

Далее в лабораторных и вегетационных опытах изучали влияние трансгенного сорта на жизнеспособность колорадского жука в сравнении с обработками суми-альфа и битоксибациллином. В лабораторных исследованиях личинок вредителя разного возраста подсаживали на листья Vt-трансгенного картофеля и листья его исходного сорта Суперитор, обработанные производственными концентрациями битоксибациллина или суми-альфа с последующей (через сутки) пересадкой на чистый корм. В контрольном варианте личинок подсаживали на листья сорта Суперитор, которые окунали в чистую воду. Каждый вариант опыта закладывали в 4 повторностях по 10 личинок в каждой. Условия содержания подопытных насекомых такие же, как и в предыдущих опытах. Наблюдения за выживанием личинок проводили в течение 10 суток.

Выживших в каждом варианте лабораторных опытов личинок после окончания учетов пересаживали в литровые банки с кормом, наполненные опилками, для наблюдений за их дальнейшим развитием до образования имаго нового поколения.

Вегетационные опыты проводили в теплице ВИЗР с популяциями колорадского жука, отличающимися по степени резистентности к пиретроидам. При закладке по два клубня картофеля Vt-трансгенного сорта, а также сортов Су-

периор или Чародей высаживали в вегетационные сосуды объемом 5 литров. Хорошо развитые растения картофеля генетически не модифицированных сортов опрыскивали битоксибациллином, суми-альфа и после подсыхания заселяли личинками разных возрастов или жуками летнего поколения, полученными в лаборатории и ничем до этого не питавшихся. Одновременно подсаживали насекомых этих же стадий развития на растения трансгенного сорта. Контролем служили насекомые, развивающиеся на растениях традиционных сортов картофеля без обработок инсектицидами. Каждый вариант опыта в зависимости от наличия тестируемого материала закладывали в трех-четыре повторностях с 10-15 особями личинок или имаго (в соотноше-

нии 1♂:2♀). Сосуды содержали на стеллажах в тканевых изоляторах для предотвращения миграции фитофага. Наблюдения за его развитием проводили сразу после посадки и до ухода в зимнюю диапаузу, а также весной после реактивации перезимовавших имаго. При этом оценивали такие показатели, как выживаемость, сроки образования предкулолка, куколок и имаго, начало периода откладки яиц, средняя плодовитость самок, масса имаго и личинок. Изучали также изменения фенотипической структуры исследуемых популяций колорадского жука под влиянием трансгенного сорта по долевному соотношению (в % к общему числу особей в выборке) 9 основных морф рисунка центральной части переднеспинки имаго (Фасулати, 1985).

### Результаты исследований

Получены существенные различия в чувствительности тестируемых популяций колорадского жука к инсектициду суми-альфа вследствие разной интенсивности применения пиретроидов в местах их сбора (табл. 1).

Так, наблюдается активное развитие резистентности к суми-альфа в популяциях колорадского жука из Белгородской области, подвергающихся многие годы регулярному воздействию инсектицидов этого химического класса. Наиболее высокие ее уровни (45-91х ПР) выявлены в грайворонской популяции, собранной в частном секторе, где посадки картофеля ежегодно обрабатывают инсектицидами не менее 3 раз за сезон. Белгородская популяция, собранная в частном секторе, где интенсивность применения инсектицидов ниже (не более 2 раз за сезон), характеризуется средними уровнями резистентности (12-36.4х ПР).

Необходимо отметить, что ранее в этих же популяциях отмечалась резистентность к фастаку и фьюри (Сухорученко и др., 2000), то есть в данной зоне картофелеводства у колорадского жука формируется групповая резистентность к пиретроидам.

В ленинградской популяции в 2000 г. был отмечен начальный этап формирования резистентности к суми-альфа (табл. 1).

Таблица 1. Токсичность инсектицидов для колорадского жука из разных зон возделывания картофеля на 5 сутки после обработки (лабораторный опыт, ВИЗР)

| Популяция     | Год  | СК <sub>50</sub> д.в., для личинок II возраста, % |            | Показатель резистентности (ПР) |            |
|---------------|------|---|------------|--------------------------------|------------|
|               |      | БТБ*  | Суми-альфа | БТБ                            | Суми-альфа |
| Нижегородская | 1999 | 0.07  | 0.0000055  | 1.0                            | 1.0        |
| Ленинградская | 1999 | 0.07  | 0.0000066  | 1.0                            | 1.1        |
|               | 2000 | 0.40  | 0.0000400  | 5.7                            | 7.3        |
|               | 2001 | 0.12  | 0.0000270  | 1.7                            | 4.9        |
| Белгородская  | 1999 | 0.09  | 0.0000660  | 1.3                            | 12.0       |
|               | 2000 | 0.30  | 0.0002000  | 4.3                            | 36.4       |
|               | 2001 | 0.27  | 0.0001000  | 3.9                            | 18.2       |
| Грайворонская | 1999 | 0.12  | 0.0002480  | 1.7                            | 45.0       |
|               | 2000 | 0.90  | 0.0003500  | 13.0                           | 63.6       |
|               | 2001 | 0.95  | 0.0005500  | 13.6                           | 91.0       |

\*БТБ- битоксибациллин.

Это, по нашему мнению, связано с увеличением интенсивности использования пиретроидов против колорадского жука в индивидуальных и фермерских хозяйствах области в связи с резко возросшей его численностью и вредоносностью в последние годы. Нижегородская популяция оказалась самой чувствительной к инсектицидам, так как была собрана на производственных полях опытного хозяйства, в котором обработки инсектицидами проводят

эпизодически в результате соблюдения регламентов их применения. Эта популяция была принята нами за условно чувствительную, так как значения среднелегальных концентраций пиретроидов для нее в 1999 г. (Сухорученко и др., 2000) были близки к таковым для стандартной популяции из Белоруссии (Быховец, 1978).

Ленинградская и нижегородская популяции оказались также чувствительными и к битоксибациллину, но было обнаружено медленное развитие резистентности к этому инсектициду в популяциях из Белгородской области. Поскольку битоксибациллин практически не применяют на картофеле против колорадского жука в хозяйствах этой области, можно заключить, что в резистентных к пиретроидам популяциях вредителя происходит индукция перекрестной резистентности к микробиологическим препаратам на основе бета-эндотоксина.

Дальнейшие наблюдения за развитием личинок, выживших в вариантах с низкими концентрациями препаратов, показали, что их действие на насекомое не ограничивается 5 сутками. Оно пролонгировано и проявляется на стадиях формирования куколки и имаго. В итоге до стадии имаго даже в самых низких концентрациях инсектицидов доходила незначительная часть (не более 3-4) личинок, в то время как в контроле (развитие на необработанных листьях сорта Чародей) из них образовывалось 60-70% имаго нового поколения.

В лабораторных экспериментах было установлено, что Vt-защищенный сорт не уступает в токсичности битоксибациллину или суми-альфа, вызывая 100% смертность личинок II возраста всех тестируемых популяций после суточного их пребывания на его листьях (табл. 2).

Однако скорость наступления летального эффекта различалась в зависимости от степени резистентности популяции к суми-альфа. Личинки II возраста чувствительных популяций погибли, в основном, на 3 сутки после посадки при линьке на III возраст, в то время как личинки резистентных популяций достига-

ли III возраста и погибали в массе на 7 сутки при линьке на IV возраст. Смертность личинок самого старшего IV возраста после суточного пребывания на трансгенном картофеле была незначительной и 70-80% особей окукливалось независимо от степени их чувствительности к пиретроидам. Однако в дальнейшем происходила 100% гибель образовавшихся куколок чувствительных популяций, в то время как из куколок резистентных популяций отрождались 20-30% имаго нового поколения.

Пиретроид суми-альфа вызывал высокую смертность личинок IV возраста всех тестируемых популяций, и только в наиболее резистентной к этому инсектициду грайворонской популяции сформировалось незначительное количество (10% от исходного) куколок. Однако отродившиеся из этих куколок молодые жуки также погибали. К битоксибациллину личинки IV возраста оказались более устойчивыми, чем к суми-альфа, так как в вариантах опыта с этим инсектицидом их смертность колебалась в пределах 20-50%, что было близко к смертности в варианте опыта с сортом Супериор, на растениях которого завершали развитие 50-80% питавшихся им личинок II возраста и 70-90% - личинок IV возраста (табл. 2).

Из образовавшихся куколок появлялось 40-60% имаго нового поколения. Однако более низкий процент образовавшихся имаго на сорте Супериор (в сравнении с сортом Чародей) дает основание отнести его к относительно устойчивым к колорадскому жуку сортам картофеля.

Результаты вегетационных опытов подтвердили данные лабораторных исследований о сильном токсическом действии Vt-защищенного картофеля на колорадского жука. В течение 10 суток после посадки на растения наблюдалась 100% смертность личинок II и III возрастов как чувствительной (ленинградской), так и резистентной (белгородской) к суми-альфа популяций (табл. 3). При этом на листьях трансгенных растений не удалось выявить явных следов питания личинок, что дает основание предпола-

гать их гибель от обезвоживания организма либо от голода, которая происходила при линьке на III или IV возраст соответственно.

Таблица 2. Выживаемость популяций колорадского жука, отличающихся по чувствительности к пиретроидам, на разных токсических фонах (лабораторный опыт, ВИЗР, 1999)

| Варианты*                      | Возраст личинок | Смертность (%)                                 |     |    |    |    | % куколок от исходного к-ва личинок |
|--------------------------------|-----------------|--|-----|----|----|----|-------------------------------------|
|                                |                 | личинки после подсадки на листья по дням учета |     |    |    |    |                                     |
|                                |                 | 1  | 3   | 5  | 7  | 10 |                                     |
| <b>Ленинградская популяция</b> |                 |  |     |    |    |    |                                     |
| Vt-сорт                        | II              | 0  | 50  | 10 | 40 | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 0   | 20 | -  | -  | 80                                  |
| Сорт-контроль                  | II              | 0  | 0   | 20 | -  | 20 | 80                                  |
|                                | IV              | 0  | 10  | -  | -  | -  | 90                                  |
| +1% БТБ                        | II              | 10   | 50  | 40 | 10 | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 0   | 10 | 10 | -  | 80                                  |
| +0.067% суми-альфа             | II              | 100  | -   | -  | -  | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 30  | 60 | -  | -  | 10                                  |
| <b>Нижегородская популяция</b> |                 |  |     |    |    |    |                                     |
| Vt-сорт                        | II              | 0  | 100 | -  | -  | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 0   | 20 | 10 | -  | 70                                  |
| Сорт-контроль                  | II              | 0  | 10  | 10 | 10 | 20 | 50                                  |
|                                | IV              | 0  | 10  | 10 | 10 | -  | 70                                  |
| +1% БТБ                        | II              | 0  | 60  | 20 | 20 | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 10  | 10 | 20 | -  | 60                                  |
| +0.067% суми-альфа             | II              | 100  | -   | -  | -  | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 50   | 20  | 30 | -  | -  | 0                                   |
| <b>Белгородская популяция</b>  |                 |  |     |    |    |    |                                     |
| Vt-сорт                        | II              | 0  | 20  | 80 | -  | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 0   | 20 | 10 | -  | 70                                  |
| Сорт-контроль                  | II              | 0  | 10  | 10 | -  | -  | 80                                  |
|                                | IV              | 0  | 10  | 10 | -  | -  | 80                                  |
| +1% БТБ                        | II              | 0  | 40  | 40 | -  | 20 | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 10  | 10 | 10 | -  | 70                                  |
| +0.067% суми-альфа             | II              | 100  | -   | -  | -  | -  | 0                                   |
|                                | 1У              | 0  | 50  | 50 | -  | -  | 0                                   |
| <b>Грайворонская популяция</b> |                 |  |     |    |    |    |                                     |
| Vt-сорт                        | II              | 0  | 20  | 80 | -  | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 20  | -  | -  | -  | 80                                  |
| Сорт-контроль                  | II              | 0  | 10  | 10 | -  | -  | 80                                  |
|                                | IV              | 0  | 10  | -  | -  | -  | 90                                  |
| +1% БТБ                        | II              | 0  | 10  | 50 | 10 | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 0   | 20 | -  | -  | 80                                  |
| +0.067% суми-альфа             | II              | 50   | 10  | 40 | -  | -  | 0                                   |
|                                | IV              | 0  | 40  | 50 | -  | -  | 10                                  |

\*Опыт с 4 повторностями по 10 личинок в каждой. Vt-сорт - генетически модифицированный сорт картофеля Суперкор Ньютон, сорт контроль - исходный сорт Суперкор.

При подсадке на растения трансгенного картофеля личинок IV возраста

имели место единичные, еле заметные повреждения растений, но этого было достаточно для проявления пролонгированного токсического эффекта в отношении как самих личинок, так и образующихся из выживших особей последующих стадий развития насекомого. Основная часть личинок IV возраста погибала в течение первых 10 суток после подсадки на трансгенный картофель и к концу личиночного периода выживало 37.5-53.5% их особей. Между 10-30 сутками происходила гибель образующихся предкуколок и куколок, из которых выжило только 2.5% в ленинградской популяции и 45.8% в белгородской. Между 30-40 сутками происходила дальнейшая гибель куколок или имаго нового поколения. В результате этого в чувствительной к суми-альфа популяции вообще не образовалось имаго, в резистентной популяции от исходного количества личинок, посаженных на трансгенный сорт, появилось 15.2% имаго нового поколения, которые после пересадки на сорт Чародей через некоторое время также погибли (табл. 3).

Сильнее всего резистентность колорадского жука к пиретроидам сказывается на выживаемости его имаго, питающихся трансгенным картофелем (еле заметные повреждения листьев и более сильные повреждения стеблей). Так, после подсадки на растения трансгенного сорта перезимовавших имаго выжило и ушло в диапаузу 4.4% жуков чувствительной и 26.7% жуков резистентной к суми-альфа популяций. Однако необходимо отметить, что жизнедеятельность выживших на трансгенном сорте картофеля жуков была нарушена, в связи с чем они не размножались. В то же время при интенсивном питании традиционным сортом Чародей наблюдалась высокая степень выживания всех стадий развития насекомого тестируемых популяций, и в различных вариантах опыта образовывалось от 70 до 90% диапаузирующих имаго (табл. 3).

В отличие от трансгенного сорта, жуки всех популяций, развивающиеся на сорте Чародей, активно спаривались и откладывали яйца. Количество откладываемых яиц варьировало от 40 до 130 штук на самку, однако не было выявлено достоверных раз-

личий в плодовитости самок чувствительных и резистентных к пиретроидам популяций.

О степени выживаемости колорадского жука в зависимости от показателей резистентности его популяции к пиретроидам свидетельствуют также данные изменений численности имаго летнего поколения на растениях трансгенного картофеля и его исходного сорта, обработанного суми-альфа или битоксибазиллином (табл. 4).

Таблица 3. Влияние Vt-трансгенного картофеля на выживаемость колорадского жука отличающихся по чувствительности к пиретроидам популяций (вегетационный опыт, теплицы ВИЗР, 2001)

| Фаза                                     | % особей по дням после под-<br>садки |      |      |      |      |      | % жу-<br>ков <sup>о</sup> |
|--|--------------------------------------|------|------|------|------|------|---------------------------|
|  | 1                                    | 5    | 10   | 20   | 30   | 40   |                           |
| Ленинградская популяция на Vt-сорт       |                                      |      |      |      |      |      |                           |
| L2                                       | 69.8                                 | 9.4  | 5.7  | 0    | 0    | 0    | 0                         |
| L3                                       | 62.5                                 | 52.5 | 22.5 | 0    | 0    | 0    | 0                         |
| L4                                       | 67.5                                 | 35.0 | 37.5 | 30.0 | 2.5  | 0    | 0                         |
| Имаго                                    | 100                                  | 64.4 | 71.1 | 46.7 | 15.6 | 8.9  | 4.4                       |
| Ленинградская популяция на сорте Чародей |                                      |      |      |      |      |      |                           |
| L2                                       | 100                                  | 90.0 | 90.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0                      |
| L3                                       | 100                                  | 90.0 | 90.0 | 80.0 | 80.0 | 80.0 | 80.0                      |
| L4                                       | 100                                  | 100  | 100  | 100  | 90.0 | 90.0 | 90.0                      |
| Имаго                                    | 100                                  | 96.7 | 93.3 | 93.3 | 90.0 | 86.7 | 86.7                      |
| Белгородская популяция на Vt-сорт        |                                      |      |      |      |      |      |                           |
| L2                                       | 79.3                                 | 3.4  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0                         |
| L3                                       | 100                                  | 36.4 | 36.4 | 0    | 0    | 0    | 0                         |
| L4                                       | 100                                  | 53.5 | 53.5 | 53.5 | 45.8 | 15.2 | 0                         |
| Имаго                                    | 100                                  | 68.3 | 66.7 | 70.0 | 40.0 | 31.7 | 26.7                      |
| Белгородская популяция на сорте Чародей  |                                      |      |      |      |      |      |                           |
| L2                                       | 100                                  | 93.1 | 93.1 | 93.1 | 93.1 | 93.1 | 93.1                      |
| L3                                       | 100                                  | 100  | 81.8 | 81.8 | 81.8 | 81.8 | 81.8                      |
| L4                                       | 100                                  | 100  | 100  | 100  | 95.0 | 95.0 | 95.0                      |
| Имаго                                    | 100                                  | 100  | 90.0 | 80.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0                      |

\*Опыт с личинками разных возрастов в 4-х повторностях с 10 личинками в каждой, в 3-х повторностях с 15 имаго в каждой.  
<sup>о</sup>От исходного количества личинок.

Во всех вариантах опытов с токсикантами имела место 100% гибель имаго ленинградской популяции, находящейся на начальном этапе ее формирования к пиретроидам.

Однако наблюдалась значительная выживаемость имаго резистентных к суми-альфа белгородской и грайворонской популяций в вариантах с трансгенным сортом и обработкой сорта Суперитор битоксибазиллином. Даже в варианте с обработкой исходного сорта суми-альфа в диапаузу ушло 7.1% имаго белгородской и 33.3%

жуков грайворонской популяций. Эти данные подтверждают выводы лабораторных опытов (табл. 1) о том, что резистентность к пиретроидам, в частности к суми-альфа, индуцирует перекрестную резистентность к бета-эндотоксину в популяциях вредителя.

Как и в предыдущем опыте (табл. 3), длительное питание (42 дня) молодых имаго белгородской популяции растениями транс-

Таблица 4. Выживаемость имаго колорадского жука отличающихся по чувствительности к пиретроидам популяций на разных токсических фонах (вегетационный опыт, теплицы ВИЗР, 2000)

| Варианты*               | % особей от исходного<br>количества по дням уче-<br>тов после подсадки |    |    |    |    | % жу-<br>ков <sup>о</sup> |
|-------------------------|--|----|----|----|----|---------------------------|
|                         | 3  | 7  | 10 | 21 | 31 |                           |
|                         | Ленинградская популяция  |    |    |    |    |                           |
| Vt-сорт                 | 70   | 30 | 30 | 30 | 30 | 0                         |
| Сорт Суперитор          | 80   | 80 | 80 | 50 | 50 | 45.0                      |
| То же + 1% БТБ          | 30   | 20 | 20 | 20 | 0  | 0.0                       |
| То же + 0.067%          | 30   | 30 | 30 | 30 | 30 | 0.0                       |
| Белгородская популяция  |  |    |    |    |    |                           |
| Vt-сорт                 | 40   | 40 | 40 | 40 | 0  | 35.0                      |
| Сорт Суперитор          | 100  | 60 | 60 | 40 | 30 | 42.2                      |
| То же + 1% БТБ          | 90   | 80 | 40 | 10 | 10 | 64.3                      |
| То же + 0.067%          | 80   | 40 | 40 | 20 | 20 | 7.1                       |
| Грайворонская популяция |  |    |    |    |    |                           |
| Vt-сорт                 | 100  | 70 | 50 | 20 | 20 | 33.3                      |
| Сорт Суперитор          | 70   | 60 | 60 | 10 | 10 | 50.0                      |
| То же + 1% БТБ          | 50   | 50 | 50 | 40 | 20 | 58.0                      |
| То же + 0.067%          | 50   | 50 | 40 | 40 | 30 | 33.3                      |

Опыт с 3 повторностями по 15 имаго в каждой.

<sup>о</sup>От исходного количества личинок.

генного сорта вызывало существенное нарушение жизнедеятельности насекомого В частности, жуки не размножались (табл. 5). Имаго, ушедшие в диапаузу (42.8%) и выжившие после зимовки (20%), весной также не приступали к откладке яиц. Однако при меньшем сроке (4 суток) пребывания жуков на трансгенном сорте с последующей пересадкой на исходный сорт происходило их спаривание и откладка яиц. Плодовитость в этом варианте опыта составляла в среднем 103 яйца/самку (табл. 5), но от основной



части особей (60% от исходного количества), впавших в диапаузу, и той части из них, которая благополучно перезимовала (22.2%), не было получено потомства. В то же время самки контрольного варианта в среднем откладывали 174 яйца. После реактивации перезимовавшие имаго раз-

множились, но плодовитость была низкой (от 35 до 60 яиц на самку) в отличие от особей, перезимовавших в природных условиях (от 180 до 1340 яиц на самку), что может быть связано с особенностями содержания насекомых в изолированных сосудах малого объема.

Таблица 5. Жизнедеятельность колорадского жука белгородской популяции в зависимости от длительности воздействия Vt-трансгенного картофеля на разные стадии его развития (вегетационный опыт, теплицы ВИЗР, 2000)

| Варианты питания                    | Стадии развития личинок и имаго | Масса тела   |                     |               | Откладка яиц                 |        |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------|---------------|------------------------------|--------|
|                                     |                                 | исходная, мг | через 4 дня питания |               | начало после спаривания, дни | яиц/♀  |
|                                     |                                 | мг           | мг                  | % от исходной |                              |        |
| 4 суток Vt-сортом далее на Супериор | IV возраст                      | 64.5±8.2     | 40.6±6.1            | 62.9          | 0                            | 0      |
|                                     | Имаго                           | 144±21       | 64.7±6.2            | 44.9          | 13                           | 103±15 |
| Постоянно на Vt-сорте               | IV возраст                      | 65.2±5.0     | 43.2±2.6            | 33.7          | 0                            | 0      |
|                                     | Имаго                           | 150.6±10     | 60.5±5.4            | 40.2          | 0                            | 0      |
| Постоянно на Супериор               | IV возраст                      | 64.5±5.2     | 146.0±10.2          | 226.4         | 3                            | 160±15 |
|                                     | Имаго                           | 134.4±6.5    | 180.2±5.2           | 134.1         | 3                            | 174±11 |

Необходимо также отметить, что при питании жуков генетически модифицированным картофелем резко меняется их этология. Выше отмечалось, что в вегетационных опытах жуки предпочитали питаться стеблями трансгенных растений, а не листьями, в отличие от жуков, питавшихся листьями верхнего или среднего яруса растений картофеля сортов Чародей или Супериор. Существенно различаются и сроки начала периода откладки яиц. Если при питании имаго растениями обычного сорта кладки яиц появлялись через трое суток после спаривания имаго, то при питании трансгенным картофелем - только через 13 суток. При этом вместо характерных для колорадского жука компактных кладок яиц (по 30-40 штук в каждой), располагаемых, в основном, на нижней стороне листьев, на трансгенных растениях самки откладывали одиночные яйца беспорядочно.

Резкое нарушение Vt-трансгенным сортом жизнедеятельности и этологии имаго колорадского жука свидетельствует о глубоком угнетении физиологического состояния насекомых. Даже еле заметные повреждения растений при пребывании имаго на трансгенном сорте в течение 4 суток приводили более чем к

50% снижению такого важного для развития насекомых показателя, как масса тела, что вызывало снижение их плодовитости (табл. 5). Еще большая степень угнетения жизнедеятельности под воздействием генетически модифицированного сорта наблюдается на преимагинальных стадиях развития колорадского жука. Личинки II и III возрастов, как указывалось выше, полностью погибают при линьке на последующий возраст. У личинок IV возраста, как и у имаго, пребывание на трансгенном сорте даже 4 суток приводит к существенной потере массы тела, в связи с чем основная часть их погибает на стадии формирования куколки (табл. 3,5). При кратковременном (одни сутки) развитии личинок на трансгенных растениях в результате нарушений метаморфоза происходит гибель образующихся из них куколок или окрылившихся имаго (табл. 2). Таким образом, колорадский жук, несмотря на некоторую выживаемость отдельных стадий его развития в резистентных к пиретроидам популяциях, не завершает под воздействием Vt-трансгенного картофеля полного цикла своего развития.

В то же время полученные данные о различной реакции на сорт Супериор

Ньюлив и микробиологический препарат битоксибациллин популяций вредителя, отличающихся чувствительностью к пиретроидам, свидетельствуют о возможности адаптации колорадского жука к бета-эндотоксину. В связи с этим изучали изменения популяционной структуры жука, относящегося к разным географическим

расам, при содержании молодых имаго на трансгенном и традиционном (Чародей) сортах картофеля. Результаты анализа фенотипического облика тестируемых популяций свидетельствуют о том, что обе популяции характеризуются присутствием в них 9-ти основных морф (табл. 6).

Таблица 6. Фенотипическая структура популяций колорадского жука, отличающихся чувствительностью к пиретроидам (лабораторный опыт, 2001)

| Популяции     | К-во жуков в выборке | Доля основных морф имаго в популяции, % от общего количества особей в выборке |      |      |      |      |      |     |     |     |
|---------------|----------------------|---|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|               |                      | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7   | 8   | 9   |
| Ленинградская | 140                  | 18.6  | 9.3  | 17.9 | 10.7 | 15.0 | 26.4 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Белгородская  | 126                  | 7.9   | 11.1 | 30.0 | 0.8  | 12.6 | 30.0 | 0.8 | 0.8 | 6.0 |

Если рассматривать локализацию этих популяций в ареале вредителя, то ленинградская популяция по доле особей с 1, 2, 4 и 5-м типами рисунка (15.3-19.1% каждого из данных типов) относится, согласно С.Р. Фасулати (1987), к северной географической расе. В белгородской популяции доля особей с этими типами рисунка была значительно ниже (варьировала в пределах от 0.9 до 12.9%), но были более высоки доли особей с 3-м и 6-м типами рисунка (30-31%), что характерно для южных географических рас.

Проанализированных имаго подсаживали на Vt-трансгенный и традиционный сорта картофеля. Наблюдения за их развитием выявили существенные различия в выживаемости отдельных внутривидовых форм в зависимости от принадлежности имаго к той или иной географической популяции, отличающейся

степенью резистентности к пиретроиду суми-альфа (табл. 7). Так, после питания на Vt-защищенном картофеле в чувствительной популяции выжили только жуки с 3 (50%) и 6 (50%) типом рисунка. Возможно, отсутствие других морф жука в этой популяции связано с небольшим количеством анализируемых особей, но по полученным данным можно судить о направленности в ней микроэволюционных преобразований. В белгородской популяции имаго с этими типами рисунка также были представлены в большем количестве (33.7-37.7%), однако выживали частично и морфы, маркированные 1, 5, 7, 8 и 9-м типами рисунка. Что касается вариантов опыта с обычным картофелем, то различия в частоте встречаемости морф в обеих популяциях в сравнении с исходным материалом были менее существенны.

Таблица 7. Изменение фенооблика популяций колорадского жука под влиянием трансгенного картофеля (лабораторный опыт, 2001)

| Популяции     | Сорт    | К-во жуков |                 | Доля основных морф имаго в выборке, % |     |      |      |      |      |     |     |     |
|---------------|---------|------------|-----------------|---------------------------------------|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|               |         | подсажено  | ушло в диапаузу | 1                                     | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7   | 8   | 9   |
| Ленинградская | Чародей | 70         | 25              | 12.0                                  | 4.0 | 24.0 | 12.0 | 16.0 | 24.0 | 0.0 | 4.0 | 4.0 |
|               | Vt-сорт | 70         | 10              | 0.0                                   | 0.0 | 50.0 | 0.0  | 0.0  | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Белгородская  | Чародей | 63         | 18              | 11.1                                  | 0.0 | 33.3 | 5.6  | 5.6  | 38.9 | 0.0 | 0.0 | 5.6 |
|               | Vt-сорт | 63         | 18              | 11.1                                  | 0.0 | 38.9 | 0    | 5.6  | 33.3 | 5.6 | 5.5 | 0.0 |

В опытах 2002-2004 гг. было установлено, что фенотипическая структура популяций колорадского жука с высокими показателями резистентности к суми-

альфа (ростовская - 200х, белгородская - 188.2х, харьковская - 180х) характеризуется преимущественным содержанием в них долей имаго с 3-м и 6-м типами ри-

сунка и незначительным (в пределах 14%) - остальных морф (Васильева и др., 2004). Регрессионный анализ выявил тесную связь частоты встречаемости морфы с 3-м типом рисунка в этих популяциях с показателями их резистентности к пиретроидам ( $r=0.91$ ). Морфа с 6-м типом рисунка оказалась термозависимой, от-

вечающей за адаптацию насекомого к сезонным изменениям температуры, и одновременно, как более жизнеспособная, за резистентность и к пиретроидам. Следовательно, эти морфы имаго наиболее ответственны, по сравнению с другими морфами, за развитие резистентности к пиретроидам в популяциях вредителя.

### Заключение

Результаты выполненных исследований жизнедеятельности колорадского жука по ряду биологических показателей свидетельствуют о том, что генетически модифицированный сорт картофеля Суперитор Ньюлив является сильным фактором угнетения его популяций, в т.ч. и резистентных к пиретроидам. При этом необходимо подчеркнуть тот факт, что высокий биологический эффект Vt-трансгенного сорта в отношении всех стадий развития вредителя определяется антибиотическими свойствами исходного сорта Суперитор, усиленными токсичностью продуцируемого им бета-эндотоксина. В то же время наблюдается полиморфизм географических популяций колорадского жука по признаку резистентности к пиретроидам с преобладанием морф с 3-м и 6-м типами рисунка переднеспинки имаго в резистентных популяциях. Селективный отбор бета-эндотоксином трансгенного сорта

именно этих морф и индукция резистентности к нему самому в устойчивых к пиретроидам популяциях являются основой для адаптации колорадского жука к Vt-трансгенному картофелю и биопрепаратам типа БТБ в случае их интенсивного использования. Однако низкая жизнеспособность всех внутрипопуляционных групп, включая имаго, при питании трансгенными растениями будет тормозить микроэволюционный процесс адаптациогенеза вредителя к данному фактору в полевых условиях. Если будет решен положительно вопрос внедрения Vt-транс-генных сортов картофеля в сельскохозяйственную практику нашей страны, но только при обязательном условии их безвредности для человека и домашних животных, то они длительное время будут являться эффективными средствами борьбы с резистентными к применяемым пестицидам популяциями колорадского жука.

### Литература

- Быховец С.Л. Сравнительная токсичность инсектицидов для колорадского жука. /Химия в сельском хозяйстве, 5, 1978, с.42-45.
- Васильева Т.И., Зубанов Е.А. Методические рекомендации "Оценка инсектоакарицидной и синергистической активности фосфорорганических и других химических соединений". СПб, 2004, 29 с.
- Васильева Т.И., Иванова Г.П., Сухорученко Г.И., Иванов С.Г., Шевченко Н.М. Изменения фенотипической структуры популяций колорадского жука под влиянием пиретроидов и других факторов. /Химический метод защ. раст. Состояние и перспектива повышения экологической безопасности. Материалы междунар. научно-практической конференции, СПб, 2004, с.43-45.
- Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р., Иващенко Л.С., Васильева Т.И., Иванова

- Г.П., Дорохов Д.Б. Методические рекомендации по проведению исследований влияния трансгенных сортов картофеля на жизнедеятельность и микроэволюционные преобразования колорадского жука. СПб, 2001, 18 с.
- Перепплет Р.А. Замечания по экономическим аспектам распространения ГМО/ГМО. Скрытая угроза России. Центр экологической политики России, Общенациональная ассоциация генетической безопасности. М., 2004, с.111-116.
- Сухорученко Г.И. Резистентность вредных организмов к пестицидам - проблема защиты растений второй половины XX столетия в странах СНГ. /Вестник защ. раст., 1, 2001, с.18-37.
- Сухорученко Г.И., Долженко В.И., Васильева Т.И., Иванов С.Г., Зверев А.А. Проблема резистентности колорадского жука к современным инсектицидам. /Современные системы защиты

и новые направления в повышении картофеля к колорадскому жуку. М., Наука, сер. Генет. инж. и экология, 1, 2000, с.93-99.

Сухорученко Г.И., Васильева Т.И., Иванов С.Г. Колорадский жук. /Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих (Методические указания). СПб, 2004, с.76-77.

Фасулати С.Р. Полиморфизм и популяционная структура колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) в европейской части СССР. /Экология, 6, 1985, с.50-56.

Фасулати С.Р. Внутривидовая структура колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) и популяционно-биологические аспекты устойчивости к нему сортов картофеля. Автореф. канд. дисс., Л., 1987, 20 с.

Allyokhin A.V., Ferro D. N. Relative fitness of Colorado potato beetle (Coleoptera; Chrysomelidae) resistant and susceptible to *Bacillus thuringiensis* Cry 3A toxin. /J. Econ. Entomol., 92, 3, 1999, p.510-515.

Benedict J.H., Sahs E.S., Altman D.W., Deaton W.R., Kohel R.J., Ring D.R., Berbrich S.A. Performance of cotton expressing

transgenic *Cry3* insecticidal proteins for resistance to *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera, Noctuidae). /J. Econ. Entomol., 89,1, 1996, p.230-238.

Meng Xiang-qing, Fan Xian-Lin, Rui Chang-Hui. Resistance dynamics in *Helicoverpa armigera* Hubner in Hebei province from 2001 to 2003. /Plant Protection towards 21<sup>st</sup> Century. Proceed. XY International Plant Protection Congress, Beijing, China, 2004, p.205.

Roush R.T. Bt-transgenic crops: just another pretty insecticide or chance for a new start in resistance management? /J. Pestic.Sci., 51, 1, 1997, p.328-334.

Shelton A.M. Development and development of transgenic insecticidal crops in pest management. /Plant Protection towards 21<sup>st</sup> Century. Proceed. XY International Plant Protection Congress, Beijing, China, 2004, p.13-15.

Wierenga J.M., Norris D.L., Whalon M.E. Stage-specific mortality of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) feeding on transgenic potato. /J. Econ. Entomol., 89, 2, 1996, p.1047-1052.

#### USE OF A BT-TRANSGENIC CULTIVAR OF POTATO TO CONTROL THE COLORADO POTATO BEETLE POPULATIONS RESISTANT TO PYRETHROIDS G.I.Sukhorutshenko, T.I.Vasilieva, G.P.Ivanova

In the laboratory and vegetative experiments it has been established that the Bt-transgenic cultivar of potato Superior NewLeaf producing  $\delta$ -endotoxin, provokes a deep suppression of vital activity in larvae and adults of both the susceptible and resistant to pyrethroids populations of the pest. At the same time, it is possible to select with Bt-transgenic potato cultivars the morphs of the pest adults with 3 and 6 color patterns on pronotum which are associated with the development of its resistance to pyrethroids. A decrease in susceptibility to bitoxibacillin in the pest populations resistant to pyrethroids has been showed.

## УРОВЕНЬ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСАДОК КАПУСТЫ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н.Лунева\*, И.Н.Надточий\*, А.Ю.Доронина\*, Н.С. Субикина\*\*

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

*\*\*Лодейнопольская станция защиты растений, Ленинградская область*

Изучена засоренность посадок капусты на территории нескольких районов Ленинградской области в 1999 - 2003 гг, а также на территории Лодейнопольского района с 1985 по 2001 год. Выявлено, что в целом засоренность этой сельскохозяйственной культуры как однолетними, так и многолетними видами сорных растений сильно возросла. Отмечены различия в засоренности посадок капусты в разных районах области, что необходимо учитывать при разработке мер химической защиты капусты от сорных растений.

Знание тенденций и закономерностей динамики численности вредных объектов является одной из основ защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. На формирование видового состава и динамику численности сорных растений в агрофитоценозе оказывает влияние большое число факторов, как природных, так и антропогенных. Нарушение научно обоснованных технологий производства растениеводческой продукции, происходящее в последние два десятилетия в России, увеличило силу воздействия антропогенных факторов на формирование агрофитоценозов, что привело к возрастанию степени засоренности посевов сельскохозяйственных культур (Доронина, 2000; Лунева, 2003; Luneva et al., 2003). Капуста занимает важное место среди овощных культур, выращиваемых в Ленинградской области. Наиболее значительные территории, занятые под капусту, расположены в пригородных хозяйствах, расположенных к югу от Санкт-Петербурга и относящихся к Ижорскому флористическому району, своеобразие которого обусловлено карбонатными подстилающими породами Ижорского плато. Основная доля овощ-

ных культур Ленинградской области выращивается именно здесь. Поэтому изучение засоренности посевов капусты было осуществлено в этой зоне (Госненский, Киришский, Кингисеппский административные районы). Поскольку капуста, хотя и в меньшем количестве, выращивается по всей территории Ленинградской области, обследования полей были проведены также в Лодейнопольском и Всеволожском районах. Лодейнопольский административный район расположен на северо-востоке области в пределах Вепсовской флористической области в подзоне средней тайги. Это район относительно молодого земледелия, сельскохозяйственных угодий здесь гораздо меньше, чем на остальной территории Ленинградской области, причем основная часть пахотных земель занята многолетними травами и гораздо меньшая - под картофель и овощи. Всеволожский район расположен на Карельском перешейке, в пределах Карельского флористического района, где тоже большинство пахотных земель отведено под многолетние кормовые травы, но выращиваются также овощи и картофель.

### Методика исследований

Материалом для анализа послужили данные обследования посадок капусты на территории Ленинградской области, проведенного сотрудниками лаборатории герботологии ВИЗР с 2000 года по

специально разработанной методике (Лунева, 2002). Анализ описаний был направлен на выявление сопряженности видового состава сорных растений и их количественных показателей с

географическим расположением обследуемых полей. Кроме того, в качестве материала были использованы многолетние данные Лодейнопольской СТАЗР по засоренности посадок капусты

в данной районе. Анализ этих материалов был направлен на выявление динамики доминирующих видов сорных растений на полях капусты в течение длительного периода.

### Результаты исследований

В агроценозах полей капусты на территории Ленинградской области зарегистрировано 74 вида сорных растений относящихся к 25 ботаническим семействам. Флористический анализ показал, что наиболее широко представлено семейство Астровые Asteraceae (16 видов), затем идут семейства Мятликовые Poaceae (9), Капустные Brassicaceae (7), Яснотковые Lamiales (7), Гречишные Polygonaceae (6), Маревые Chenopodiaceae (5), Бобовые Fabaceae (4), Гвоздичные Caryophyllaceae (2), Лютиковые Ranunculaceae (2), Мареновые Rubiaceae (2), Молочайные Euphorbiaceae (2), Крапивные Urticaceae (2), Бурачниковые Boraginaceae (2). Остальные семейства - Ситниковые Juncaceae, Гераниевые Geraniaceae, Подорожниковые Plantaginaceae, Фумариевые Fumariaceae, Молочайные Equisetaceae, Розоцветные Rosaceae, Фиалковые Violaceae, Амарантовые Amaranthaceae, Пасленовые Solanaceae, Сельдерейные Apiaceae, Первоцветные Primulaceae, Кипрейные Onagraceae представлены каждое одним видом. Как видно, основной вес флористического спектра создают несколько семейств: Астровые, Мятликовые, Капустные, Яснотковые, Гречишные, Маревые, Бобовые, что характерно для систематической структуры сеgetального флорозэлемента Северо-Западного региона (Лунева и др., 2004; Лунева, Цветков, 2004).

Обследования полей (в том числе и занятых капустой) на территории Ленинградской области показали, что практически все они засорены в сильной и средней степени как однолетними, так и многолетними видами сорных растений. Ситуация на полях в постперестроечный период характеризовалась постепенным увеличением численности сорняков. Анализ материалов Лодейнопольской СТАЗР

по засоренности посевов за последние двадцать лет показал, что увеличилась численность как однолетних, так и многолетних видов сорных растений в посевах зерновых, пропашных культур и многолетних трав (Лунева, Суйкина, 2004).

Все посевные площади под капустой в этом районе на протяжении ряда лет в основном были засорены несколькими видами: марь белая *Chenopodium album*, осот полевой *Sonchus arvensis*, пырей ползучий *Elytrigia repens*, звездчатка средняя *Stellaria media*, виды горцев *Polygonum* ssp. (рис. 1). Вместе с тем, в последние годы произошло увеличение степени засоренности посевов капусты этими видами. Так, если в 1985 году обилие видов характеризовалось 1 и 2 классами обилия, то в 2001 году обилие возросло до 3-го, 4-го и 5-го классов (рис. 2). Заслуживает внимания то, что возросло обилие многолетних видов сорных растений (осота полевого и пырея ползучего).

Проведенное в 1999-2000 гг. сравнительное изучение засоренности посадок капусты в разных районах Ленинградской области показало следующее. Наиболее обильными и часто встречающимися видами в посадках капусты во всех районах были звездчатка средняя (проективное покрытие от 6,7% до 16%) и марь белая (от 2% до 4%). Столь же частыми, но в целом - менее обильными, были ромашка непахучая *Tripleurospermum perforatum* (от 1,5% в Тосненском районе до 4,6% в Волховском), ромашка пахучая *Lepidotheca suaveolens* (от 1,3% в Тосненском до 3% в Киришском), горец щавелелистный *Persicaria lapathifolium* (от 0,2% в Волховском до 2,7% в Тосненском), пастушья сумка *Capsella bursa-pastoris* (от 1,6% в Киришском до 2,7% в Волховском). Пырей ползучий отмечен на всех полях под

капустой белокочанной, но в Тосненском и Киришском обилие было невысоким (1,9-1,3%), в Кингисеппском - средним (4,5%), а в Волховском и Всеволожском - высоким (до 15%). Обилие остальных часто встречающихся видов было невысоким и в разных районах различным. Так, обилие пастушьей сумки, подорожника большого *Plantago major*, мари красной *Chenopodium rubrum*, торицы полевой *Spergula arvensis*, сушеницы болотной *Gnaphalium uliginosum* и череды трехраздельной *Bidens tripartite* было более высоким в Волховском и Всеволожском районах. В Тосненском, Кингисеппском, Всеволожском более обильными были осот полевой, крестовник обыкновенный *Senecio vulgaris*.

Таким образом, исследования показали, что даже на территории одной области в посевах одной сельскохозяйственной культуры в различных районах обнаруживаются различия в видовом составе доминирующих сорных растений.

Сравнительное изучение засоренности полей капусты в двух хозяйствах, расположенных в разных районах Ленинградской области: Всеволожском (северная часть) и Тосненском (центральная часть), проведенное в 2002 году, также показало различие в параметрах засоренности полей (рис. 3). Так, в Тосненском районе в посадках капусты гораздо чаще, чем во Всеволожском, встречались такие виды, как пастушья сумка, звездчатка средняя, ромашка пахучая, марь сизая *Chenopodium glaucum*, желтушник лакфиольный *Erysimum chieranthoides*. И, наоборот, в посадках капусты на территории Всеволожского района более часты торица полевая, гречишка вьюнковая *Fallopia convolvulus*, пикульник двунадрезанный *Galeopsis bifida*, пикульник красивый *Galeopsis speciosa*, бодяк щетинистый *Cirsium setosum* и тысячелистник обыкновенный *Achillea millifolium*. Не-

сколько видов одинаково часто встречаются в агроценозах полей капусты обоих районов: марь белая, горец птичий *Polygonum aviculare*, осот полевой, пырей ползучий, ромашка непахучая, горец щавелелистный. Поскольку в обоих хозяйствах была проведена своевременная химическая прополка, обилие большинства видов невелико. Тем не менее, на всех полях доминировала марь белая, а в Тосненском районе также осот полевой, горец щавелелистный и пастушья сумка обыкновенная. В указанных районах, также как и в предыдущие годы, доминировали звездчатка средняя, ромашка пахучая, пастушья сумка, торица полевая, меньше стало ромашки непахучей, но повысилась роль пикульника двунадрезанного и пикульника красивого.

Аналогичные результаты, показывающие различия в показателях засоренности одной и той же культуры, выращиваемой в разных районах одной области, отличающихся природно-климатическими условиями, получены также при обследовании посевов моркови в Ленинградской области (Лунева и др., 2004) и льна в Вологодской области (Лунева, Цветков, 2004). Однако неверно было бы сводить обусловленность этих различий только к природным факторам. Так, различия в засоренности, отмеченные в посадках капусты нескольких административных районов (Тосненского, Киришского, Кингисеппского), расположенных в пределах Ижорского флористического района, нельзя объяснить только природными факторами. Нарушение севооборотов, сокращение объемов использования средств химической защиты, несоблюдение необходимых агротехнических мероприятий, занос сорняков на поля с территорий залежей, также из других регионов – вот далеко не полный перечень причин, формирующих видовой состав доминирующих видов сорных растений в посевах.

#### Заключение

Засоренность полей капусты на территории Ленинградской области, как и

других сельскохозяйственных культур, значительно возросла. Видовой состав

сорных растений в посадках капусты в настоящее время довольно обширен: 74 вида, относящихся к 25 ботаническим семействам, из которых наиболее богато представлено семейство Астровые. Наиболее часто встречающимися и одновременно обильными видами на полях капусты в хозяйствах всех районов являются звездчатка средняя, марь белая, ромашка пахучая, осот полевой, горец щавелелистный, пастушья сумка, пырей ползучий. Различия в видовом составе доминирующих в посадках капусты сорных растений обусловлены как природно-

климатическими, так и (в большей мере) антропогенными факторами. Разработка научно обоснованных технологий защиты полей от сорных растений в условиях дестабилизации растениеводства не может быть ориентированной на жестко фиксированный видовой состав сорных растений. Изучение временной и пространственной динамики засоренности, выявление тенденций и детерминирующих их причин как основ достоверного прогноза – вот актуальная задача фитосанитарного мониторинга на современном этапе.

#### Литература

Доронина А.Ю. Материалы к изучению засоренности посевов сельскохозяйственных культур на территории Карельского перешейка (Всеволожский район, Ленинградская область). /Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия. Материалы II Всероссийского научно-производственного совещания (Голицино, 17-20 июля 2000 г.), Голицино, 2000, с.14-19.

Лунева Н.Н. Геоботанический учет засоренности посевов сельскохозяйственных культур. /Методы мониторинга и прогноза развития вредных организмов. М.-СПб, 2002, с.82-88.

Лунева Н.Н. Видовой состав сорных растений и тенденции его изменчивости в агроценозах Ленинградской области. /Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ. М.-Тула, 2003, с.62-63.

Лунева Н.Н. К методике оценки засоренности посевов. /Защ. и карантин раст., 10, 2004, с.42-43.

Лунева Н.Н., Доронина А.Ю., Ерошина Ю.В. Видовой состав сорных растений в посе-

вах моркови на территории Ленинградской области. /Вестник защ. раст., 2, СПб, ВИЗР, 2004, с.57-61.

Лунева Н.Н., Субикина Н.С. Динамика засоренности посевов сельскохозяйственных культур Лодейнопольского района Ленинградской области./Защ. раст. от болезней, вредителей и сорняков, Юбилейный сборник научн. тр. 100 лет СПбГАУ и 75 лет факультету защ. раст., СПб, 2004, с.37-47.

Лунева Н.Н. Цветков В.А. Видовой состав сорных растений посевов зерновых культур и льна в Вологодской области. /Химический метод защ. раст., Состояние и перспективы повышения экологической безопасности, СПб, 2004, с.203-205.

Luneva N.N., Doronina A.J., Eroshina J.V., Larina S.J., Sokolova T.D., Nadtochij I.N. Weeds on agricultural crops in Northwest region of Russia in 2003. Crop protection Workshop. Pestr, diseases and weeds. Abstracts. St.Peterburg – Pushkin, Oktober 28-29, 2003. St.Peterburg – Pushkin, 2003, p.30-32.

#### DEGREE OF WEED INFESTATION ON CABBAGE CROPS IN THE LENINGRAD REGION

N.N.Luneva, I.N.Nadtochyi, A.Yu.Doronina, N.S.Subikina

The contamination of crops of cabbage in territory of several areas of Leningrad Region in the period with 1999 for 2003, and also in territory of Lodejnopolskij area with 1985 for 2001 is investigated. It is revealed, that as a whole a contamination of this agricultural crop both annual, and perennial species of weed plants has strongly increased. Distinctions in a contamination of crops of cabbage in different areas of area are marked, that it is necessary to take into account by development of measures of chemical protection of crops of cabbage from weed plants.



## РИЗОКТОНИОЗ КАРТОФЕЛЯ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ II. УГЛУБЛЕННАЯ ПЯТНИСТОСТЬ

Е.М.Шалдяева, Ю.В.Пилипова, М.П.Шатунова

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск

Углубленная пятнистость - малоизученная форма проявления ризоктониоза на клубнях картофеля. Распространенность ее в Западной Сибири достигает 30% и более. Начало формирования язв приходится на фазу бутонизации - цветения. Изоляты гриба *Rhizoctonia solani*, выделенные из углубленной пятнистости, отнесены к Ag3, от средне- до высокотоксичных. Появлению углубленной пятнистости способствует размещение картофеля на выщелоченном черноземе, пораженность посадочного материала, нарушение целостности кожуры. Наличие 5-10 язв на клубне приводит к задержке всходов на 4-5 дней, поражению стеблей до 24%, столонов до 14%, что по степени патогенного воздействия на растение позволяет оценивать ее, как близкую к склероциальной.

Ризоктониоз известен во всех странах, где занимаются возделыванием картофеля. Заболевание широко распространено в Сибири и на Дальнем Востоке (Белова, 1968; Покручин, 1980; Коняева и др., 1981; Коняева, 1986). Обследования подземной части картофеля в период цветения показывают, что 75-85% из них поражены ризоктониозом (Сечкина, 1982). В отдельных зонах, в частности в Якутии, распространенность этого заболевания достигает 96% (Панкратова, Кичмарчик, 1969), в Западной Сибири - 16% (Коняева и др., 1982).

Возбудитель ризоктониоза - гриб *Rhizoctonia solani* поражает все части растений картофеля, вызывая гибель ростков, сухую язвенную гниль и «белую ножку» стеблей, поражение столонов и корней. На клубнях ризоктониоз может также проявляться по-разному: в виде склероциев гриба, в форме сетчатого некроза, трещин, а также в виде углубленной пятнистости.

Впервые углубленная пятнистость на картофеле была отмечена И.Н.Абрамовым (1953) на Дальнем Востоке, более подробно описана Г.Г.Аносовым (1972) в Восточной Сибири и Л.Д.Почаниной (1977) в Белоруссии. Данная форма проявления ризоктониоза имеет вид округлых грязно-серых вдавленных пятен с четко ограниченными краями, размером от 3 до 10 мм. При разрыве эпидермиса обнаруживается углубление от 2 до

12 мм, заполненное сухой темно-коричневой массой, содержащей гифы гриба и отмершие клетки тканей. От здоровой ткани содержимое углублений отделено слоем опробковевших клеток.

Цель исследований - выявление закономерностей развития ризоктониоза в зависимости от пораженности клубней углубленной пятнистостью.

**Методика исследований.** Лабораторные и полевые эксперименты проводили с 1990 по 2002 г. Выделение возбудителя из язв осуществляли методом изоляции на 2% водном агаре. Морфолого-культуральные признаки изолятов описывали на 40-й день инкубации на картофельно-декстрозном агаре (КДА) при температуре 22-24°C. Фитотоксические свойства изучали по методу О.А.Берестецкого (1973) на модифицированной среде Ричардса (Бисуас, Боровков, 1980) с использованием в качестве тест-объектов 3-дневных проростков огурца. Определение анастомозной группы (AG) изолятов проводили по модифицированной методике (Parmeter et al., 1969; Krounland, Stanghellini, 1988). Интенсивность роста штаммов гриба измеряли на КДА при температурах 7, 14, 21, 27 и 30°C.

Полевые опыты по изучению патогенеза углубленной пятнистости в сравнении с другими формами проявления ризоктониоза на клубнях закладывали в ОПХ «Элитное». Повторность опыта 4-

кратная, площадь делянки - 14 м<sup>2</sup>, сорт картофеля - Берлихинген.

Пораженность подземных органов ризоктониозом учитывали через 4, 6 и 10

недель после посадки по шкале Франка (Frank et al., 1976). На клубнях нового урожая определяли распространенность форм проявления ризоктониоза.

### Результаты исследований

Углубленная пятнистость - малоизученная форма проявления ризоктониоза на клубнях картофеля. Ее формирование приходит с конца фазы бутонизации до конца вегетации растений. Формирующиеся на клубнях язвы углубленной пятнистости бывают двух типов: открытые (рис. 1) и закрытые эпидермисом, обычно с растрескиванием по центру (рис. 2). При разрезе клубня через язву

можно наблюдать типичное проявление углубленной пятнистости в виде полости от 2 до 12 мм глубиной, заполненного сухой темно-коричневой массой. На некоторых сортах (Ароза, Розара) проявление данной формы заболевания более вредоносно, так как язвы проникают очень глубоко (до 20-25 мм), сливаются и образуют довольно крупные полости (рис. 3).



Рис. 1. Язвы открытые

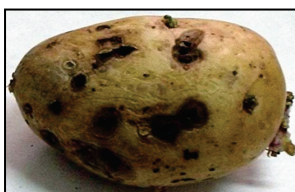


Рис. 2. Язвы закрытые



Рис. 3. Клубень в разрезе

Из вышеописанных типов углубленной пятнистости были выделены в чистую культуру и идентифицированы штаммы гриба *Rh. solani*. Все изоляты были многоядерными, имели долипоровую перегородку и другие характерные гифальные диагностические признаки. Тестирование на принадлежность к анастомозной группе показало наличие реакции по категории С2 с тестовыми изолятами AG-3, полученными от D.E.Carling (США, Аляска, Фербенкский университет). Таким образом, впервые штаммы *Rh. solani*, выделенные нами из углубленной пятнистости, отнесены к AG-3, известной как наиболее патогенной на картофеле.

Окраска мицелия 40-дневных культур гриба на КДА была от светло-коричневой до красновато-бурой с белесыми радиальными лучами. Количество склероциев изменялось от единичных до обильных, мелких, рассыпанных по поверхности.

Изучение фитотоксичных свойств показало, что фильтраты культуральных жидкостей ингибировали рост 3-дневных проростков огурца, хотя и в разной степени. Варьирование показателя

фитотоксической активности было от 20.7% до 59.5%, что свидетельствовало о наличии в популяции как слабо-, так и высокотоксичных штаммов *Rh. solani*.

Важнейшими факторами, влияющими на развитие возбудителя ризоктониоза в почве, являются температура и влажность, причем патогенные свойства гриба проявляются при температуре от 9 до 27°C, а наибольшая вредоносность отмечается при 15-21°C (Попкова и др., 1986).

В исследованиях были выбраны температуры 7, 14, 21 и 27°C, характерные для почв региона в период с мая по сентябрь.

Изоляты, выделенные из углубленной пятнистости, имели низкую скорость роста при 7°C (3.4-5.3 мм/сутки), при повышении температуры до 14°C наблюдалось увеличение интенсивности роста штаммов, которая еще более возрастала при 21°C и составляла 23.3-26.8 мм/сутки (рис. 4). При 27°C происходило незначительное уменьшение скорости роста. Резко снижалась активность штаммов при 30°C, вплоть до полного прекращения роста (0.3-8 мм/сутки).

Таким образом, данные лабораторных экспериментов свидетельствуют о значительной ростовой активности штаммов при пониженных температу-

рах (14°C) и объясняют их способность заражать проростки картофеля в наиболее уязвимую фазу появления всходов.

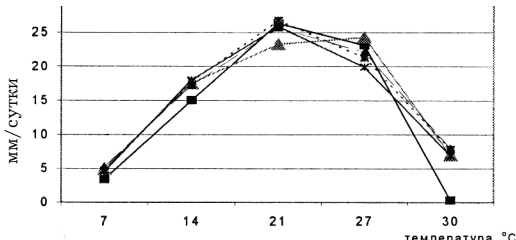


Рисунок 4. - Скорость роста изолятов *R. solani*, выделенных из углубленной пятнистости

■ 590 ▲ 592 - - - 593 ▲ 594 \* 595

Следует отметить, что проведенные нами эксперименты с изолятами гриба, выделенными из пораженных ростков и стеблей, наоборот, показали большую их приспособленность к высоким температурам (27 и 30°C), которые имеются в верхнем слое почвы в период вегетации (рис. 5). Наблюдались достоверные отличия в показателях скорости роста изолятов, выделенных из клубней (углубленной пятнистости, склероциев) и пораженных ростков и стеблей (Шалдяева, Пилипова, 1996).

Как показали полевые исследования, пораженность клубней углубленной пятнистостью слабо различалась по сортам, независимо от структуры поверхности и толщины кожуры, содержания крахмала. Так, при высадке здоровых клубней распространенность этой формы на среднеранних сортах Невский, Елизавета, Чародей колебалась от 28.3 до 38.9%, а среднепозднем сорте Никулинский - 20.8% (табл. 1).

Более значимым было влияние типа почвы, на которой выращивали картофель. Так, при размещении культуры на дерново-подзолистой почве распространенность углубленной пятнистости не превышала 4.5%, в то время как на выщелоченном черноземе она достигала 58.1% (табл. 1). Способствовала появлению язв углубленной пятнистости и пораженность посадочного материала.

При использовании для посадки пораженных клубней распространенность данной формы ризоктониоза возрастала

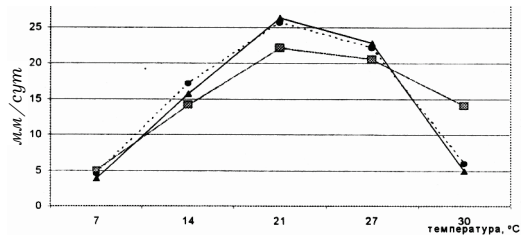


Рисунок 5. - Скорость роста изолятов *R. solani*, выделенных

--- Из углубленной пятнистости - - - Из ростков ▲ Из склероциев

в 1.5-2.5 раза по сравнению со здоровым посадочным материалом, но в основном на выщелоченном черноземе.

Неоднократно высказывались предположения, что появление может быть связано с повреждением клубней личинками щелкунов - проволочниками. Проведенные нами исследования на 5 сортах картофеля свидетельствовали об увеличении пораженности клубней на фоне повреждения их проволочниками - до 70.8% (Шалдяева, Пилипова, 2003). В среднем, в контроле распространение поврежденных проволочниками составило 42.7%, а ризоктониозом - 74%, при внесении препарата базудин против проволочников (15-20 кг/га) данные показатели снижались в 1.7-1.8 раза (табл. 2).

Таблица 1. Распространенность углубленной пятнистости на клубнях картофеля в зависимости от типа почвы и пораженности посадочного материала, %

| Сорта       | Выщелоченный чернозем, |             | Дерново-подзолистая |             |
|-------------|------------------------|-------------|---------------------|-------------|
|             | Здоровые               | Поразженные | Здоровые            | Поразженные |
| Никулинский | 20.8                   | 53.6        | 0                   | 1.8         |
| Невский     | 28.3                   | 35.7        | 0.4                 | 3.6         |
| Елизавета   | 32.9                   | 58.1        | 4.5                 | 0           |
| Чародей     | 38.9                   | 48.8        | 0                   | 0.7         |

Таким образом, углубленная пятнистость - распространенная форма проявления ризоктониоза картофеля в Западной Сибири, на частоту появления кото-

рой оказывают преимущественное влияние тип почвы, зараженность посадочного материала, нарушение целостности кожуры, особенно в начальный период формирования клубней.

Таблица 2. Действие препарата базудин на повреждение поволочниками (П) и распространность углубленной пятнистости (Р) на картофеле

| Сорта             | Контроль |      | Базудин |      |
|-------------------|----------|------|---------|------|
|                   | П, %     | Р, % | П, %    | Р, % |
| Невский           | 35.6     | 80.0 | 33.3    | 51.5 |
| Романо            | 51.1     | 64.3 | 25.0    | 32.4 |
| Луговской         | 67.2     | 94.7 | 44.4    | 49.9 |
| Свитанок киевский | 10.0     | 55.6 | 0       | 13.4 |
| Идеал             | 52.6     | 83.3 | 20.0    | 60.0 |
| В среднем         | 42.7     | 74.0 | 24.5    | 40.6 |

Таблица 3. Развитие ризоктониоза на подземных органах картофеля в зависимости от форм проявления заболевания, %.

| Варианты          | Гибель ростков | Развитие через |          |           | Столоны      |         |
|-------------------|----------------|----------------|----------|-----------|--------------|---------|
|                   |                | 4 недели       | 6 недель | 10 недель | поврежденные | опавшие |
| Контроль          | 0              | 8.2            | 13.2     | 10.1      | 6.4          | 0.4     |
| Сетчатый некроз   | 0              | 13.1           | 20.8     | 22.2*     | 12.1         | 0.4     |
| Склероции 1/10    | 11.1           | 32.1*          | 34.6*    | 22.0*     | 15.5*        | 3.3     |
| УП (1-4 язвы)     | 0.6            | 14.6           | 20.9     | 16.7      | 10.7         | 0       |
| УП (5-10 язв)     | 7.35           | 23.8*          | 17.4     | 19.4*     | 13.6*        | 3.3     |
| НСР <sub>95</sub> | 12.3           | 15.1           | 7.9      | 7.35      | 6.97         | 4.7     |

При посадке клубней с единичными язвами углубленной пятнистости (1-4 язвы) количество погибших ростков не превышало в среднем 0.6%, а в контроле и в варианте с сетчатым некрозом их гибели не наблюдалось.

Развитие сухой язвенной гнили на ростках и стеблях в варианте с сильным поражением углубленной пятнистостью (5-10 язв) в 2-3 раза значимо превышало контроль и было несколько ниже или сопоставимо с поражённостью растений в варианте со склероциями патогена. Количество поврежденных столонов в этом варианте достигало 13.6%, а опадение столонов в 8 раз превышало контроль. Динамика заболевания в вариантах с единичными язвами углубленной пятни-

Изучение вредоносности углубленной пятнистости (УП) в сравнении с другими формами проявления ризоктониоза на клубнях проводили в полевых опытах. Воздействие клубневой инфекции ризоктониоза наиболее ярко проявляется в период прорастания клубней. Как показали фенологические наблюдения, наступление фазы всходов в вариантах с сильным поражением углубленной пятнистостью (5-10 язв) и со склероциями патогена запаздывало на 4-5 дней. Задержка была обусловлена гибелью первичных проростков картофеля и составляла в этих вариантах 7.4 и 11.1% соответственно (табл. 3).

Таблица 4. Распространенность различных форм ризоктониоза на клубнях нового урожая, %

| Формы ризоктониоза | Контроль | Сетчатый некроз | Склероции 1/10 | УП (1-4) | УП (5-10) |
|--------------------|----------|-----------------|----------------|----------|-----------|
| Здоровые           | 14.7     | 13.7            | 7.3            | 13.8     | 14.3      |
| Склероции, всего   | 17.4     | 22.1            | 38.1           | 4.4      | 16.9      |
| в тч 1/4-1/2       | 4.7      | 9.4             | 9.8            | 0.2      | 8.3       |
| един.-1/10         | 12.7     | 12.7            | 28.3           | 4.2      | 8.6       |
| УП                 | 27.1     | 28.9            | 36.6           | 22.9     | 26.7      |
| Сетчатый некроз    | 82.3     | 85.4            | 89.1           | 84.8     | 85.0      |

стости (1-4) и сетчатым некрозом практически не отличалась в течение всего онтогенеза и значимо превышала контроль лишь в конце вегетационного сезона.

Наличие семенной инфекции ризоктониоза оказывало существенное влияние на поражённость клубней нового урожая (табл. 4).

При использовании клубней с семенной инфекцией в форме склероциев поражённость нового урожая была самой значительной: здоровых клубней было лишь 7.3%, а показатели заселённости склероциями и углубленной пятнистостью были наиболее высокими - 38.1 и 36.6% соответственно.

При использовании клубней с семенной инфекцией в форме сетчатого некроза поражённость сформированного картофеля была ниже: здоровых клубней 13.7%, клубней со склероциями до 22% и с углубленной пятнистостью 28.9%.

В вариантах с семенной инфекцией в форме углубленной пятнистости (УП) ситуация изменилась. Количество клубней со склероциями было ниже, чем в контроле и не превышало 4.4-16.9%, однако распространенность этой формы была значительной - от 22.9 до 26.7%.

Таким образом, в ходе экспериментов были впервые изучены биологические особенности возбудителя углубленной пятнистости - малоизученной формы

проявления ризоктониоза картофеля. Установлена принадлежность изолятов к AG-3, токсичность их колебалась от средней до сильной. Изоляты характеризовались высокой степенью пластичности к температурному режиму. Наличие углубленной пятнистости приводило к значительному поражению ризоктониозом, что по степени патогенного воздействия на растения позволяет оценивать ее, как близкую к склероциальной.

#### Литература

Абрамов И.Н. Болезни картофеля на Дальнем Востоке. Хабаровск, 1953, 222 с.

Аносов Г.Г. Вредоносность черной парши картофеля в Забайкалье. /Приемы и методы повышения урожайности картофеля и овощных культур в Восточной Сибири. Иркутск, 1972, с.32-37.

Белова Л. Б. Обоснование мер борьбы с главнейшими болезнями картофеля в Новосибирской области. Автореф. канд. дисс., СПб, Пушкин, 1968, 18 с.

Берестецкий О.А. Изучение фитотоксических свойств грибов. /Методы эксперимент. миколог. Киев, 1973, с.165-175.

Бисуас М.Ч., Боровков А.В. Сравнительное изучение фитотоксичности и патогенности штаммов *Rhizoctonia solani* Kuhn и *R. atherholdii* (Ruhl) Kolosch. /Миколог. и фитопат., 14, 3, 1980, с.288-292.

Коняева Н.М. Распространенность и вредоносность болезней картофеля в Сибири и на Дальнем Востоке. /Интегр. заш. с.-х. культур от болезней и вредителей в Сибири. Новосибирск, 1986, с.63-69.

Коняева Н.М., Канунникова Н.Н., Шалдяева Е.М. и др. Распространенность и вредоносность болезней картофеля в зоне БАМа. /Зональные системы заш. раст. от вредителей и болезней в Сибири. Новосибирск, 1981, с.128-132.

Коняева Н.М., Шалдяева Е.М., Пугин И.А. Производственное испытание протравителей ТМТД и фундазола в борьбе с ризоктониозом картофеля. /Науч.-техн. бюл. ВАСХНИЛ, Сиб. отделение, 1, 1982, с.43-46

Панкратова Э.Я., Кичмарчик Э.Л. Основные болезни картофеля и овощных культур и меры борьбы с ними. Якутск, 1969, 31 с.

Покручин Г.А. Приемы защиты картофеля от

грибных заболеваний в северном Зауралье. Автореф. канд. дисс., М., 1980, 17 с.

Попкова К.В., Воловик А.С., Шнейдер Ю.И. и др. Защита картофеля в условиях индустриальной технологии. М., 1986, 152 с.

Почанина Л.Д. Особенности патогенеза ризоктониоза картофеля и иммунологическая оценка сортов к заболеванию. Автореф. канд. дисс., Самохваловичи, 1977, 18 с.

Сечкина Т.Ю. Обоснование мероприятий, снижающих повторное заражение картофеля вирусами и ризоктониозом, применительно к технологии первичного семеноводства в горно-сопочной зоне Кокчетавской области. Автореф. канд. дисс., Самохваловичи, 1982, 18 с.

Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В. Действие температуры на скорость роста изолятов *Rhizoctonia solani* Kuhn, относящихся к AG-3. /Материалы конференции молодых ученых, посвященной 26-летию СО РАСХН, Новосибирск, 1996, с.12-13.

Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В. Для снижения вредоносности проволочника и ризоктониоза. /Заш. и карантин растений, 6, 2003.

Frank J. A., Leach S.S., Webb R.E. Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani*. /Plant Dis. Rep., 60, 1976, p.910-912.

Krounland W.E., Stanghellini M.E. Clean slide technique for the observation of anastomosis and nuclear condition of *Rhizoctonia solani*. /Phytopathology, 78, 1988, p.820-822.

Parmeter J.R., Sherwood R.T., Platt W.D. Anastomosis grouping among isolates of *Thanatephorus cucumeris*. /Phytopathology, 59, 1969, p.1270-1278.

#### RHIZOCTONIA DISEASE IN POTATO GROWN IN THE NORTHERN COASTAL FOREST-STEPPE AREAS OF THE OB RIVER. II. DEEP SPOT

E.M.Shaldyaeva, Yu.V.Pilipova

Deep spot has been given little examination as a *Rhizoctonia* disease form in potato tubers. The occurrence of the disease in view in Western Siberia makes 30% and more. Ulceration starts in the bud-formation period. *Rhizoctonia solani* fungus isolates extracted from deep spot refer to Ag3 from mid to highly toxic. Deep spot results from growing potato on leached out black soils, as well as from affected seeds and broken potato coat. It has been shown that 5-10 ulcers per tuber result in 4-5d retention in field emergence, stem infection up to 24%, stolon infection about 14%, which suggests estimating the extent of its pathogenic impact on the plants as being of a sclerotic type.

## МЕТОД ОЦЕНКИ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ПО ДАННЫМ ФИТОСАНИТАРНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Ю.А.Стрижекозин\*, В.П.Чуприна\*\*

\*Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы, Московская область

\*\*Всероссийский НИИ биологической защиты растений, Краснодар

Предложен метод оценки эпидемиологической устойчивости сортов по данным мониторинга зерновых культур. Метод основан на показателях, характеризующих вредоносность заболеваний в благоприятные годы (потенциальные потери урожая сорта от болезни и ареал ее распространения, %) и эффективность защиты (прибавка урожая, %). Метод применен для оценки степени эпидемиологической устойчивости 57 распространенных и перспективных сортов озимой пшеницы Северо-Кавказского района к основным заболеваниям.

Определение устойчивости зерновых культур к тому или иному заболеванию обычно проводят в лабораторных или полевых условиях на естественном или искусственно создаваемых инфекционных фонах. При этом степень устойчивости устанавливается по специальным шкалам, разработанным для различных фитопатогенов. Так, известна шкала Стекмана и Левина для определения устойчивости сортов к стеблевой ржавчине, Майнса и Джексона к бурой ржавчине, Джеймса к септориозу и т.д.

В качестве иммунологических критериев в этих шкалах используют описательные признаки характера проявления болезни, размеры и месторасположение инфекционных пятен (пустул), поражение поверхности растений в % и другие при-

знаки. Однако при этом не учитываются в достаточной мере другие важные показатели патогенеза, такие как длительность латентного периода, интенсивность спорообразования, скорость роста инфекции, в значительной степени влияющие на динамику развития и вредоносность болезней. Поэтому при всем многообразии этих методов и шкал не в полной мере характеризуют устойчивость сорта к развитию массовой вспышки болезней.

В этом качестве можно рекомендовать для использования такой интегральный эпидемиологический показатель, как потенциально возможные потери урожая сорта при благоприятных для развития болезни условиях. Оценка этого показателя можно получить по данным мониторинга развития и распространения заболеваний.

### Методика исследований

Проведен анализ данных фитосанитарного мониторинга в общей сложности 57 сортов пшеницы в 5 агроклиматических зонах Северного Кавказа (Центральная, Южная предгорная, Западная приазовская, Восточная степная, Северная) за период 1992-2004 гг. Интенсивность поражения сортов варьировала по годам и зонам обследований, что объясняется, по видимому, разной агроэкологической обстановкой и особенностями структуры популяций возбудителей. В этой связи оценку устойчивости сорта проводили по данным с максимальной за указанный период степени развития (и соответственно вре-

доносности) каждого заболевания.

В качестве примера в таблице 1 приведены исходные данные по ряду сортов, полученные в наиболее благоприятные для развития листостебельных заболеваний 1998 и 2004 годы - обследованная и зараженная площадь (тыс. га), развитие болезни (%), величины урожая, незащищенного и защищенного фунгицидной обработкой (ц/га). Потенциальная вредоносность болезни является, по нашему мнению, основным показателем, характеризующим устойчивость сорта. С использованием ранее разработанных уравнений и шкал (Санин и др., 2002; Стрижекозин,

2002) зависимости потерь урожая от показателей развития болезни были рассчитаны максимально возможные потери урожая от каждого возбудителя на этих сортах в годы с благоприятными условиями.

Таблица 1. Результаты мониторинга районированных сортов пшеницы в пяти зонах Северного Кавказа (1998-2004 гг., максимальные значения развития болезней)

| Годы | Агроклиматическая зона | Сорт             | Болезнь         | Обсле- дова- но/заражено, тыс. га | Раз- вите, % | Урожай, ц/га   |              |
|------|------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|--------------|----------------|--------------|
|      |                        |                  |                 |                                   |              | незащи- щенный | защи- щенный |
| 1998 | Центральная            | Офелия           | Мучнистая роса  | 30.3 / 7.8                        | 29           | 50.2           | 55.0         |
| 2004 | Южная предгорная       | Офелия           | Желтая ржавчина | 1.8 / 1.4                         | 32           | 38.6           | 42.2         |
| 1998 | Центральная            | Офелия           | Септориоз       | 30.5 / 1.1                        | 14.3         | 48.0           | 50.5         |
| 2004 | Южная предгорная       | Офелия           | Пиренофороз     | 1.7 / 0.7                         | 40.2         | 38.5           | 43.9         |
| 2004 | Южная предгорная       | Офелия           | Корневые гнили  | 2.0 / 2.0                         | 24           | 38.4           | 40.6         |
| 2004 | Восточная степная      | Ермак            | Бурая ржавчина  | 3.9 / 0.8                         | 1.6          | 36.1           | 36.0         |
| 2004 | Восточная степная      | Ермак            | Корневые гнили  | 4.0 / 0.1                         | 0.1          | 31.8           | 31.8         |
| 2004 | Восточная степная      | Ермак            | Пиренофороз     | 4.0 / 0.1                         | 1.6          | 31.8           | 31.8         |
| 2004 | Восточная степная      | Ермак            | Септориоз       | 4.0 / 0.1                         | 0.2          | 31.5           | 31.5         |
| 2004 | Западная приазовская   | Купава           | Желтая ржавчина | 9.2 / 6.3                         | 33.1         | 35.2           | 39.1         |
| 1998 | Центральная            | Купава           | Мучнистая роса  | 23.0 / 6.5                        | 23.6         | 50.4           | 53.1         |
| 2004 | Северная               | Зерно- градка 10 | Корневые гнили  | 10.0 / 1.1                        | 1.7          | 32.0           | 32.0         |

В таблице 2 приведена предложенная шкала индексов эпидемиологической устойчивости сортов, представляющая модификацию шкалы классов эпифитотий по признаку вредоносности (Стрижекозин и др. 1998).

Таблица 2. Индексы эпидемиологической устойчивости сортов зерновых культур

| Индекс устойчивости | Степень эпидемиологической устойчивости сорта | Характеристика проявления устойчивости сорта   |
|---------------------|---|--|
| У+                  | Устойчивый                                    | Отмечается депрессия болезни при благоприятных для ее развития условиях; потери урожая не превышают 5% |
| УВ+                 | Умеренно-восприимчивый                        | Развитие болезни при благоприятных условиях имеет умеренный характер; потери урожая зерна от 5 до 15%  |
| В+                  | Восприимчивый                                 | При благоприятных условиях развитие болезни приобретает характер эпидемии; потери урожая превышают 15% |

### Результаты исследований

Оценки индексов проводили по данным о развитии болезней в годы с благоприятными условиями с использованием шкалы таблицы 3.

Таблица 3. Интервалы развития болезней\*, соответствующие индексам эпидемиологической устойчивости сортов пшеницы

| Индекс эпидемиологической устойчивости сорта | Снеж- ная плесень | Корне- вые гнили | Септориоз |       | Муч- нистая роса | Пире- но- фороз | Бурая ржавчина | Головня на озимых, % распрот. |
|--|-------------------|------------------|-----------|-------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|
|  |                   |                  | лист      | колос |                  |                 |                |                               |
| Устойчивый                                   | <20               | <15              | <10       | <7    | <14              | <10             | <20            | <0.4                          |
| У+ (потери <5%)                              |                   |                  |           |       |                  |                 |                |                               |
| Умеренно восприимчивый                       | 20-40             | 15-24            | 10-40     | 7-30  | 14-28            | 10-35           | 20-50          | 0.4-5                         |
| УВ+ (потери 5-15%)                           |                   | (30)**           |           |       |                  |                 | (60)**         |                               |
| Восприимчивый                                | >40               | >24              | > 40      | >30   | >28              | >35             | >50 (60)**     | >5                            |
| В+ (потери >15%)                             |                   | (30)**           |           |       |                  |                 |                |                               |

\*Максимальное за период вегетации развитие болезни при благоприятных условиях, %,

\*\*Значения в скобках - для корневых гнилей в условиях хорошей влагообеспеченности, - для бурой ржавчины в условиях поздних сроков проявления.

Представленные здесь значения максимальной пораженности сорта позволяют оценить индекс его эпидемиологической устойчивости, не прибегая к расчету потерь урожая, обусловленных тем или другим заболеванием.

Помимо потенциальных потерь, на основе имеющихся данных мониторинга для каждого сорта рассчитывали следующие показатели, представляющие дополнительные экономические характеристики вредоносного влияния заболевания и эффективности защиты: ареал распространения болезни, % обследованной площади, прибавка урожая, % к незащищенному контролю.

Анализ показал, что дополнительные

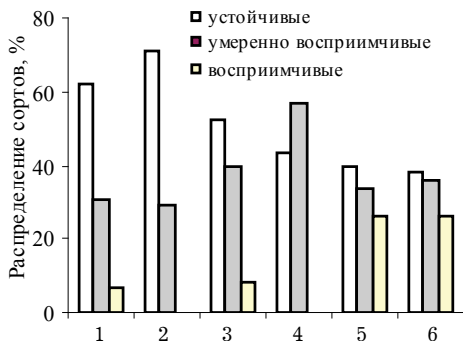
показатели в значительной степени коррелируют с основным показателем - потенциальными потерями урожая и в совокупности с ним позволяют более обоснованно оценивать индексы эпидемиологической устойчивости сортов. Наибольшее взаимное соответствие указанных показателей устойчивости отмечено при использовании комбинированной шкалы классификации, приведенной в таблице 4. Следует подчеркнуть, что имеющиеся дополнительные показатели или один из них рекомендуется применять только вместе с основным показателем - величиной потенциальных потерь урожая - с целью подтверждения уровня устойчивости сорта или последующего его уточнения.

Таблица 4. Классификация эпидемиологической устойчивости сортов зерновых культур

| Индекс устойчивости | Степень эпидемиологической устойчивости сорта | Основной признак        |  |  |
|---------------------|---|-------------------------|--|--|
|                     |   | Потенциальные потери, % | Прибавка защищенного-щипченному урожаю | Распространение, % обследованной площади |
| У+                  | Устойчивый                                    | <5                      | <5                                     | <20-30*                                  |
| УВ+                 | Умеренно-восприимчивый                        | 5-15                    | 5-10                                   | >20-30*                                  |
| В+                  | Восприимчивый                                 | >15                     | >10                                    | >25-35*                                  |

\*В зависимости от заболевания.

В 2004 г. с использованием вышеуказанного метода проведена практическая оценка степени эпидемиологической устойчивости наиболее распространенных и перспективных сортов озимой пшеницы Северо-Кавказского района к комплексу заболеваний по данным многолетнего мониторинга вышеуказанных показателей (рис.).



Распределение сортов по степени устойчивости к основным заболеваниям разное. Так, соотношение устойчивых и

восприимчивых сортов (%) к бурой ржавчине наиболее высокое (71:29), несколько ниже соотношение устойчивых и восприимчивых (включая умеренно восприимчивых) сортов к мучнистой росе (63:37), к желтой ржавчине соотношение примерно равное (52:48). Для возбудителей септориоза, пиренофороза и корневых гнилей, напротив, наблюдается соотношение сортов с заметным преобладанием восприимчивых сортов, соответственно 43:57, 40:60, 38:62, при этом среди эпидемиологически умеренно восприимчивых и восприимчивых сортов возрастает доля последних.

Рис. Распределение районированных сортов пшеницы Северо-Кавказского района по степени эпидемиологической устойчивости  
1- мучнистая роса, 2- бурая ржавчина, 3- желтая ржавчина, 4- септориоз, 5- пиренофороз, 6- корневые гнили

Указанные распределения устойчивости сортов соответствуют, в частности, существенному возрастанию за последние



годы доли влияния септориоза и пиренофороза в расчетных оценках общей вре-

доносности патогенного комплекса Северо-Кавказского района.

Литература

Санин С.С., Стрижекозин Ю.А. и др. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений). Рекомендации. М., 2002, 138 с.

Стрижекозин Ю.А. Методы оценки вредоносности болезней зерновых культур и целесообразности химической защиты растений./ Вестник заш.

раст., 2, 2002, с.53-58.

Стрижекозин Ю.А. и др. Рейтинговые оценки и экономические пороги целесообразности применения фунгицидов на озимой и яровой пшенице. Региональные рекомендации "Производство экологически безопасной продукции", 3, Пушкино, 1998, с.40-45.

METHOD FOR ESTIMATING THE EPIDEMIOLOGICAL RESISTANCE OF THE CEREAL CROP VARIETIES BASED ON THE PHYTOSANITARY MONITORING DATA

Yu.A.Strizhekozin, V.P.Chuprina

A method is offered for estimating the epidemiological resistance of the cereal varieties on the basis of monitoring data. The method is based on the parameters defining the harmfulness of diseases under favorable conditions (potential yield losses of a cultivar caused by a disease and geographic distribution of disease, %) and efficiency of plant protection (increase in grain yield, %). The method has been applied for evaluating the levels of epidemiological resistance to major diseases in 57 widespread and promising winter wheat varieties of the North Caucasian Region.

УДК 632.951

## ТОКСИЧНОСТЬ ИНСЕКТИЦИДОВ ДЛЯ КАПУСТНОЙ МОЛИ И ЕЕ ПАРАЗИТА ДИАДЕГМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ОБРАБОТКИ

В.И.Долженко, Н.Г.Бабушкина

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В практике научных исследований для первичных испытаний инсектицидов в лабораторных условиях наиболее часто применяют опрыскивание и погружение объекта исследований в раствор инсектицида определенной концентрации на 2-3 секунды (Сухорученко, Толстова 1981; Толстова и др., 1984; Сундуков и др., 1986; Рославцева, Еремина, 1989; Благутяк, 1993; Idris, Grafius, 1993.). Результаты исследований, получаемые при различных методах обработки, затрудняют оценку эффективности того или иного пестицида.

Цель работы - сравнение эффективности инсектицидов из разных классов химических соединений при различных методах обработки коконов капустной моли и ее паразита диадегмы.

Эксперименты проводили в лабораторных условиях. Использовались производственные концентрации следующих инсектицидов: спиносад СК 200 г/л (спиносины), рогор-С КЭ 400 г/л, актеллик КЭ 500 г/л (фосфорорганические), децис КЭ 25 г/л (пиретроиды).

Обрабатывали коконы капустной моли

(*Plutella xylostella* L.) и коконы ее основного паразита диадегмы (*Diadegma fenestralis* Holmgr.), собранные на полях капусты в Ленинградской области. Выборки природных популяций обоих видов отличались низкой естественной гибелью (от стадии гусеницы последнего возраста до вылета имаго погибало не более 2%).

В эксперименте коконы хозяина и паразита обрабатывали путем 1) опрыскивания и 2) путем погружения в рабочий раствор инсектицида на 3 секунды. После обработки и обсыхания коконы помещали в стеклянные банки и закрывали мелкосетчатой тканью. Вылетавшим из обработанных коконов паразитам предоставляли дополнительное питание, воду и учитывали их жизнеспособность. Повторность 4-кратная по 12-15 коконов в каждой повторности.

Полученные результаты показали: во-первых, значительные различия в чувствительности хозяина и паразита к испытываемым инсектицидам за исключением спиносада, во-вторых, разницу в их эффективности при использовании различных методов обработки (табл.).

Таблица. Токсичность инсектицидов для капустной моли и ее паразита диадегмы при обработке коконов путем опрыскивания (1-й) и погружения в рабочий раствор (2-й)

| Препараты               | Вариант | Гибель особей моли, % |              |           | Гибель особей диадегмы, % |              |          |
|-------------------------|---------|-----------------------|--------------|-----------|---------------------------|--------------|----------|
|                         |         | В коконе              | После вылета | Всего     | В коконе                  | После вылета | Всего    |
| Спиносад,<br>0.25 кг/га | 1-й     | 4.1                   | 0            | 4.1       | 2.1                       | 0            | 2.1      |
|                         | 2-й     | 0                     | 0            | 0         | 4.1                       | 2.1          | 6.2      |
| Рогор-С, 0.6<br>кг/га   | 1-й     | 27.1                  | 16.6         | 43.7±4.5  | 0                         | 0            | 0        |
|                         | 2-й     | 27.1                  | 27.1         | 54.2±10.7 | 5.0                       | 6.6          | 11.6±6.3 |
| Децис,<br>0.3 кг/га     | 1-й     | 68.3                  | 0            | 68.3±8.3  | 25.0                      | 6.6          | 31.6±2.8 |
|                         | 2-й     | 90.0                  | 0            | 90.0±3.9  | 13.3                      | 30.0         | 43.3±3.6 |
| Актеллик,<br>0.5 кг/га  | 1-й     | 44.7                  | 5.3          | 50.0±4.5  | 38.4                      | 11.6         | 50.0±5.6 |
|                         | 2-й     | 89.6                  | 10.4         | 100       | 51.7                      | 48.3         | 100      |
| Контроль (вода)         | 1-й     | 0                     | 2.1          | 2.1       | 0                         | 0            | 0        |

При обработке коконов децисом и актелликом, которые обладают высокой контактной токсичностью, различия в эффективности методов обработки проявились наиболее резко. Погружение в растворы этих токсикантов вызывало увеличение смертности капустной моли и диадегмы в 1.3-2 раза по сравнению с опрыскиванием. Менее заметными различия в эффективности данных методов обработки были при использовании рогора-С. При погружении коконов в раствор рогора-С смертность хозяина и паразита была на 10-11% выше по сравнению с опрыскиванием. Отмечена более высокая чувствительность капустной моли по сравнению с диадегмой почти во всех вариантах. Препарат спиносид оказался наименее токсичным как для капустной моли, так и для ее паразита.

Анализ материала после обработки показал, что капустная моль погибала в коконе в основном на стадии куколки. В отличие от хозяина, значительная часть особей диадегмы после обработки развивались до имаго, но погибали сразу после вылета. В вариантах с погружением коконов в раствор дециса и актеллика более 50% от всех погибших особей приходилось на долю вылетевших из коконов взрослых паразитов. Смертность диадегмы сразу после вылета, очевидно, обусловлена контактом вылетающих имаго с остатками инсектицидов, сохраняющихся на коконах. Контакт происходит при выгрызании летного отверстия.

Объяснение разницы в действии инсектицидов при различных методах обработки можно найти, опираясь на анализ морфологического строения покровов коконов этих видов. Кокон диадегмы образован кожистой пленкой и сверху покрыт тонкой паутиной. Кроме того, он заключен в рыхлый паутиновый кокон, образованный гусеницей последнего возраста капустной моли перед окукливанием. Таким образом, куколка диадегмы находится под защитой двух коконов. При опрыскивании значительная часть капель инсектицида задерживается на паутине, затем испаряется и не попадает

внутрь кокона паразита. При погружении раствор инсектицида под давлением проникает через окружающую кокон паутину, попадает на кожистую пленку и частично проникает внутрь. Кокон капустной моли, образованный гусеницей последнего возраста из паутины (перед окукливанием) довольно рыхлый, и в отличие от кокона диадегмы в меньшей степени защищает куколку от неблагоприятных воздействий. При обработке инсектицидами (особенно при погружении коконов в рабочий раствор препаратов) токсикант гораздо свободнее, чем у диадегмы проникает через него и достигает куколки. Вероятно, этим в значительной степени можно объяснить более высокую смертность хозяина по сравнению с паразитом при обработке коконов.

Наблюдения и учеты показали, что в некоторых вариантах, где использовался метод погружения коконов в раствор инсектицида, продолжительность жизни вылетевших взрослых паразитов сокращалась по сравнению с вариантами, где проводилось опрыскивание коконов (рис.).

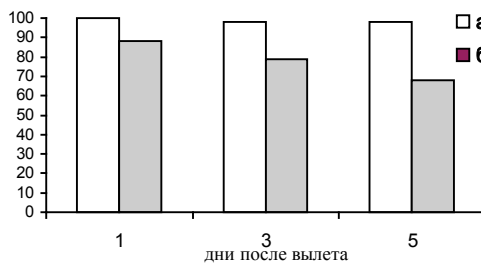


Рис. Выживаемость (%) диадегмы после вылета из обработанных рогором-С коконов а - при опрыскивании, б - при погружении

Таким образом, результаты проведенных исследований, свидетельствуют о различной эффективности инсектицидов в зависимости от метода обработки коконов капустной моли и ее паразита диадегмы. Очевидно, что для сравнительных токсикологических испытаний инсектицидов следует использовать метод опрыскивания, как более приближенный к полевым защитным мероприятиям.

## Литература

Благутяк А. Селективность пестицидов для паразитов некоторых видов кокцид и тлей. /Информац. бюлл. ВПС МОББ, 29, 1993, с.22-65.

Рославцева С.А., Еремина О.Ю. Исследование воздействия пестицидов на энтомо- и акарифагов. /Агрохимия, 7, 1989, с.123-136.

Сундуков О.В., Зильберминц И.В., Головкина Л.С. Характер наследования различий в эстеразной активности у резистентных к фосфорорганическим и карбаматным соединениям линий обыкновенного паутинового клеща. /Проблемы избирательности действия инсектицидов и акарицидов и ее значение в защите растений. Сб. науч. тр., Л., 1986, с.64-69.

Сухорученко Г.И., Толстова Ю.С. Современные инсектоакарициды и ресурсы их избирательности для полезных членистоногих. /Энтомол. обзор., 60, 4, 1981, с.745-753.

Толстова Ю.С., Сухорученко Г.И., Корнилов В.Г., Хохлов Н. Методические рекомендации по определению селективности действия инсектицидов и акарицидов для членистоногих. Л., 1984, 30 с.

Idris A.B., Grafius E. Pesticides Affect Immature Stages of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its Host, the Diamondback Motch (Lepidoptera: Plutellidae). /J.Econ. Entomol., 86, 4, 1993, p.1203-1212.

УДК 632.4(575.2)

## ФИТОФТОРОЗ - РЕДКОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ ЭСПАРЦЕТА В КИРГИЗИИ

В.В.Котова\*, А.Ш.Чакаева\*\*, О.А.Загурская\*\*

\*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

\*\*Киргизский НИИ животноводства, ветеринарии и пастбищ, Бишкек

Эспарцет - одна из ведущих кормовых бобовых культур в Киргизии. Этот важный источник растительного белка имеет первостепенное значение для обеспечения потребностей животноводства. Эспарцет отличается высоким содержанием протеина 106 г/кг корма и по питательной ценности превосходит люцерну, так как содержит 0.54 кормовых единицы на 1 кг корма вместо 0.49 - у люцерны.

Эспарцет как и другие бобовые культуры поражается целым комплексом вредных организмов, среди которых особый вред причиняют такие болезни, как корневые гнили, фомоз, различные пятнистости вегетативных и генеративных органов, гнили семян и другие.

В последние годы широко распространилось новое и опасное заболевание - фитофтороз, вызываемый низшим грибом *Phytophthora capsici* Leomian. Впервые это заболевание зарегистрировано в 2001 г. По всей вероятности оно встречалось и ранее, однако из-за сложности диагностики болезни и трудности идентификации возбудителя в связи с заселением пораженных органов полусапро-

трофными видами *Fusarium*, *Botrytis*, *Arternaria* долгое время оставалось незамеченным.

Фитофторозом эспарцета чаще поражаются генеративные органы: цветки соцветия, плоды и семена, реже вегетативные органы (листья и стебли). При поражении цветков возбудителем болезни последние изменяют окраску от светло-розовой до светло-коричневой и по мере развития болезни привядают, сворачиваются трубочкой и постепенно засыхают. Возбудитель проникает в завязь, а затем в формирующиеся бобы и семена. Пораженные бобы изменяют окраску от светло-бурой до темно-бурой. Семена становятся мелкими, щуплыми с низкими посевными качествами. При сильном поражении семян их всхожесть снижается до 70%.

Главным диагностическим признаком поражения семян эспарцета фитофторозом служит образование возбудителем в пораженных створках бобов эспарцета большого количества ооспор гриба, способных сохраняться в семенах в течение ряда лет и представлять опасность как источник инфекции для культуры. В

сильно зараженных семенах образуется огромное количество ооспор гриба (до 30 штук в препаратах под микроскопом при увеличении 7x10) от нескольких сотен до тысяч ооспор и более.

Ооспоры от светло-желтого, соломенно-желтого до темно-коричневого цвета, варьирующие по размеру в зависимости от сроков и условий образования, от 17 до 37.5 мкм в диаметре и более, возникают чаще по одной в оогонии, заполняя последний частично (аплеротические) и реже - по 2 ооспоры в оогонии. Сохраняющаяся оболочка оогония, размером 1.5-2.5 мкм, нередко с выростами от 3 до 17 мкм длиной, 2-4 мкм шириной в основании. Оболочка ооспоры гладкая, толщиной до 3-4 мкм. Оогоний с 2-я ооспорами достигает 52 мкм.

*Ph. capsici* был выделен на искусственные среды: картофельно-глюкозный, овсяный, фасолевые агары, что дало возможность исследовать его структурные и биологические особенности. Мицелий состоит из прямых, сравнительно тонких, изогнутых, извилистых гиф, по мере развития они становятся толще, нередко с короткими отростками от 2.5 до 10 мкм. Мицелий преимущественно торулезного типа с шаровидными и овальными или короткими и узловатыми по форме вздутиями - "везикулами" размером 3.6-8.2 мкм, сидящими гроздевидно или большими группами, тесно прижатыми друг к другу. При длительном выдерживании во влажной камере в каплях воды "везикулы" свободно отделяются от мицелия и некоторые из них, имеющие ядрышки, могут прорасти с образованием ростковых трубок.

Нередко в колониях гриба наблюдается образование тяжей, состоящих из рыхлых, густо переплетенных гиф мицелия с образованием многочисленных зооспорангиев. Спорангиеносцы простые, иногда слаборазветвленные. Зооспорангии образуются на всех изучаемых средах в больших количествах, по форме чаще овальные, эллипсоидные, обратнорусшевидные, нередко неправильной и несимметричной формы, иногда боком

сидящие на конидиеносной гифе, размером 19-36x19-24 мкм, чаще без сосочков или с слабовыраженным, реже с хорошо заметным выступающим одним сосочком, и крайне редко, с двумя сосочками. Зооспорангии нередко отрываются от спорангиеносцев с довольно длинным участком гифы (рис.). Имеются и хламидоспоры. Половое спороношение на используемых нами питательных средах почти не формировалось. Отмечено образование лишь отдельных оогониев, чаще с паразитическими антеридиями и реже с амфигинными антеридиями и с формирующимися ооспорами. Оогонии на питательных средах шаровидные, округлые, размером - 16.6-18 мкм.; антеридии - 6.4x2.6 мкм.

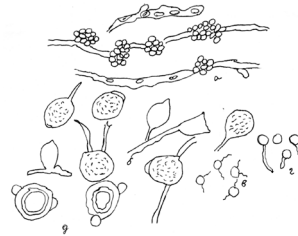


Рис. *Phytophthora capsici*  
а - мицелий, б - зооспорангии, в - зооспоры, г - прорастающие цисты, д - оогонии с паразитическими антеридиями и формирующимися ооспорами

При переносе кусочка мицелия (до 1 см) с развивающимися спорангиями в капле воды в чашку Петри и выдерживании колонии гриба во влажной камере в течение 7-10 дней и более спорангии прорастают в зооспоры. При таком методе культивирования зооспор образуется большое их количество. Последние округлые или овальные с 2 жгутиками, размером 12-18 мкм. После активного движения зооспоры останавливаются, превращаясь в неподвижные округлые цисты размером 9-14 мкм, спустя некоторое время они прорастают в росток мицелия.

*Ph. capsici* обладает высокой патогенностью для растения-хозяина. В полевых опытах 2004 г. (август) при искусственном заражении суспензией гриба (мицелий с зооспорангиями) методом опрыскивания

соцветий и формирующихся бобиков эспарцета симптомы заражения репродуктивных органов появились через 7-10 дней после инокуляции. Все цветки на обработанных суспензией гриба растениях побурели и впоследствии засохли. Недозрелые бобики приобретали коричневатый цвет и приостанавливали свое развитие. При исследовании под микроскопом срезов пораженной ткани цветков были обнаружены мицелий гриба и многочисленные оогонии с формирующимися ооспорами.

Изучение морфологических структур и биологических особенностей гриба убеждает в том, что возбудитель *Ph. capsici* вполне укладывается в рамки вида, описание которого дано в монографии Н.С. Новотельновой по фитофторозам грибов (Новотельнова, 1974). В России этот вид фитофторы зарегистрирован на помидоре, и перце в Московской, Ярославской областях, Краснодарском крае (Осницкая, Козловская, 1953), на огурце

в Азербайджане (Ибрагимов, 1958). Следует указать, что *Ph. capsici* отмечен и как возможный патоген видов семейства Fabaceae (Новотельнова, 1974).

Небезынтересно отметить, что в Киргизии на бобовых культурах, в частности на люцерне, существенный вред наносит другой вид - *Ph. megasperma* Drechs. sp. *medicaginis* Hild. (Чакаев, 1992). Это почвенный паразит, поражающий преимущественно молодые корни, проростки и основание стеблей растений люцерны, что приводит к изреживанию посевов.

Для борьбы с фитофторозами на люцерне и эспарцете, учитывая их биологические особенности и источники инфекции, один из рациональных и эффективных приемов, обеспечивающих защиту всходов и обеззараживание семян, - это протравливание семян химическими препаратами.

В качестве эффективных препаратов рекомендованы апрон голд ВЭ (350 г/л) - 0.5 л/т, максим (25 г/л) - 1.5-2 л/г.

#### Литература

Новотельнова Н.С. Фитофторозы грибов. Наука, 1974, с. 117-120.

Осницкая Е.А., Козловская Е.В. Возбудитель фитофтороза помидоров в теплицах. /Защита овощных культур от вредителей и болезней, Сельхозгиз, 1953, с.81-88.

Ибрагимов У.А. Новые заболевания тыквенных культур в западных районах Азербайджанской ССР. Докл. АН АзССР, 1958, с.657.

Чакаев Д.Ш. Корневые гнили люцерны и обоснование мер борьбы с ними в условиях орошаемого земледелия Кыргызстана. Автореф. канд. дисс., СПб, 1992, 17 с.

УДК 632.5

## АРЕАЛ И ЗОНА ВРЕДНОСТИ ЖИВОКОСТИ ПОЛЕВОЙ

Н.Н.Лулева\*, И.А.Будревская\*\*

\*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

\*\*Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург

Живокость полевая (сокирки, рогатые васильки, грабельки, рогульки, топорики, комаровы носики или ноги) *Consolida regalis* S.F. Gray (синоним *Delphinium consolida* L.) (Семейство Лютиковые Ranunculaceae Juss., род Живокость - *Delphinium* L.) - это однолетнее (иногда зимующее) растение из семейства Лютиковые. Сеgetальный сорняк, произрастающий в посевах зерновых, главным образом

озимых, особенно ржи, а также в садах.

Семена созревают одновременно с культурными растениями и засоряют посевной материал. Поскольку одно растение образует до 67 тыс. семян, прорастающих с глубины до 4-6 см, необходимо применять меры к искоренению этого сорняка, особенно, когда его численность достигает 5-15 экз/м<sup>2</sup> (Захаренко, Захаренко, 2005).

Живокость полевая произрастает в

лесной, лесостепной и степной зонах. К почвенным условиям этот вид неприхотлив, но лучше развивается на легких, хорошо удобренных супесчаных почвах. В умеренном количестве встречается на сухих лугах и в степях, единично - на влажных лугах и в местообитаниях полупустынь. По мере продвижения на вос-

ток за Урал имеет все меньшее значение как сеgetальный сорняк, поскольку континентальный климат Сибири и Казахстана не благоприятствует его развитию. Распространение: Европейская часть СНГ, Предкавказье, Западная и Восточная Сибирь (заносное), Средняя Азия (очень редко).

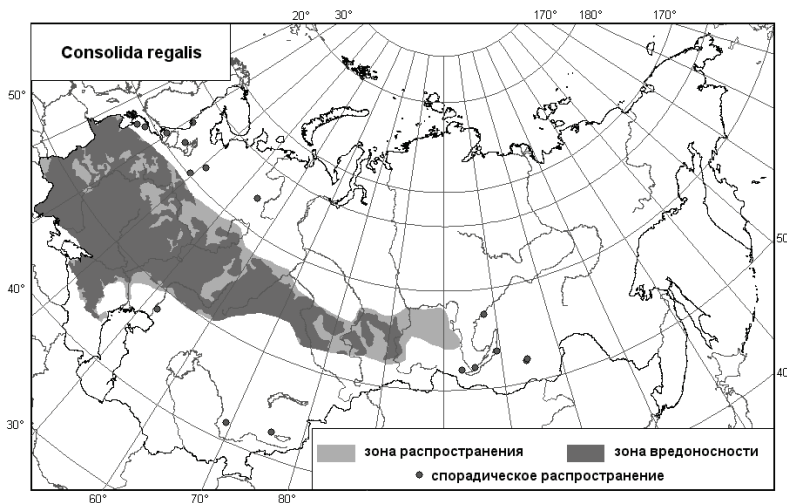


Рис. Ареал и зона вредоносности живокости полевой *Consolida regalis* S.F. Gray

Карта распространения живокости полевой, представленная в атласе «Районы распространения важнейших сорных растений в СССР» (1935), указывает на произрастание этого вида на территории европейской части бывшего СССР, Северного Кавказа, простирается за Урал и узкой полосой тянется по пахотным землям Западной Сибири. Спустя пятьдесят лет ареал этого вида представляется гораздо меньшим (Hulten, Fries, 1986), охватывающим, практически, только среднюю полосу европейской части бывшего СССР. Остальные части ранее прорисованного ареала указаны лишь как места спорадического распространения живокости. Анализ литературных данных подтверждает зону основного распространения живокости полевой на территории европейской части России и прилегающих стран СНГ (Маевский, 1954; Ржавитин, 1968; Ульянова, 1981, 1998; Никитин, 1983; Бакин и др., 2000; Гри-

горьевская, 2000). Южная граница на территории Предкавказья проведена по данным Галушко А.И. (1978) и скорректирована по пахотным землям. В Нижнем Поволжье граница зоны распространения согласована с картой пахотных земель. Распространение вида за Урал почти до Предбайкалья подтверждается литературными данными (Районы распространения важнейших сорных растений в СССР, 1935; Попов, 1957; Васильева, Маденко, 1964; Определитель растений юга Красноярского края, 1979; Флора Сибири, 1993). Зоны вредоносности выделены по критериям встречаемости и обилия, выраженного через проективное покрытие вида в посевах (свыше 15% от общей площади посева) (Танский и др., 1998), они расположены на пахотных землях европейской части России, Предкавказья и Сибири, где живокость полевая особенно вредоносна в посевах озимой пшеницы и ржи (Никитин, 1983).

Места спорадического распространения сорняка указаны по литературным источникам (Флора Сибири, 1993) и картографическим материалам (Районы распространения важнейших сорных расте-

*Вестник защиты растений*, 3, 2005  
ний в СССР, 1935; Hulten, Fries, 1986).

Векторная карта создана в масштабе 1:20 000 000 в проекции "Равновеликая Альберса на СССР", 9, 1001, 7, 100, 0, 44, 68, 0,0, средствами ГИС-технологий.

#### Литература

Бакин О.В., Рогова Т.Н., Ситников А.П. Сосудистые растений Татарстана. Казань, Изд. Казанского университета, 2000, 496 с.

Васильева А.И., Маценко А.Е. Определитель сорных растений целинного края. М.-Л., Наука, 1964, 130 с.

Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Т.1, Ростов, Изд. Ростовского университета, 1978, 316 с.

Григорьевская А.Я. Флора города Воронежа. Воронеж, Изд. Воронежского университета, 2000, 198 с.

Захаренко В.А., Захаренко А.В. Борьба с сорняками. /Защита и карантин растений, 4, 2004, с.62-142.

Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части СССР. М.-Л., Гос. изд. сельскохоз. литературы, 1954, 912 с.

Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Л., Наука, Ленинградское отд., 1983, 452 с.

Определитель растений юга Красноярского края. Ред. Красноров И.М., Кашина Л.И., Новосибирск, Наука, Сибирское отд., 1979, 670 с.

Попов М.Г. Флора Средней Сибири. Т.1. М.-Л., АН СССР, 1957, 556 с.

Районы распространения важнейших сорных растений в СССР. Ред. Волков А.Н. М.-Л., Гос. изд. колхозной и совхозной литературы, 1935, 152 с.

Ржавитин В.Н. (ред.). Флора Мордовской АССР. /Ученые записки, 66. Саранск, Мордовское книжное изд., 1968, 138 с.

Танский В.И., Левитин М.М., Ишкова Т.И., Кондратенко В.И. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите зерновых культур. /Сб. метод. рекомендаций по защ. раст., СПб, ВИЗР, 1998, с.5-55.

Ульянова Т.Н. Сорные растения посевов пшеницы СССР. Каталог мировой коллекции. Л., ВИР, 1981, 68 с.

Ульянова Т.Н. Сорные растения во флоре России и других стран СНГ. СПб, ВИР, 1998, 344 с.

Флора Сибири Т.6. Ред. Л.И. Малышев и Г.И. Пешкова. Новосибирск, Наука, 1993, 308 с.

Hulten E., Fries M. Atlas of North European Vascular Plants, North of the Tropic of Cancer. 3 v. Konigstein, 1986, 1-3, 1172 p.

Работа выполнена по отраслевой программе РАСХН при поддержке гранта МНТЦ № 3635.

УДК 632.5

## АРЕАЛ И ЗОНА ВРЕДНОСТИ ДЫМЯНКИ ЛЕКАРСТВЕННОЙ

Т.Д.Соколова\*, И.А.Будревская\*\*

\*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

\*\*Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург

Дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis* L., семейство Fumariaceae, род *Fumarium* L.) - прорастающий из семян однолетний или факультативно двулетний сорняк. Распространена в европейской части бывшего СССР, кроме Арктики, в Крыму, на Кавказе, в Западной Сибири, редко в Восточной Сибири, почти по всей Европе, исключая тундровую зону и частично северную тайгу, Средиземноморье, в Малой Азии, в Северной Африке. Засоряет посевы всех зерновых, чаще пропашных культур, многолетних

трав, льна, встречается в садах, огородах, а также вдоль дорог, на паровых полях.

Векторная карта распространения дымянки лекарственной создана в масштабе 1:20 000 000 в проекции "Равновеликая Альберса на СССР", 9, 1001, 7, 100, 0, 44, 68, 0, 0 средствами ГИС-технологий.

Ареал подразделяется на зоны основного распространения, спорадического распространения и вредности, которые выделены по результатам анализа



опубликованных в открытой печати картографических материалов и литературных источников. За основу была взята карта ареала *Fumaria officinalis* из Hulten E., Fries M., 1986. Границы зоны вредоносности даны по В.В. Никитину (1983), уточнены в соответствии со све-

дениями об обилии и встречаемости данного вида, содержащимися в нижеприведенных источниках, и согласованы с границами пахотных земель. Зона основного распространения и зона вредоносности показаны полигонами, зона спорадического распространения показана точками.

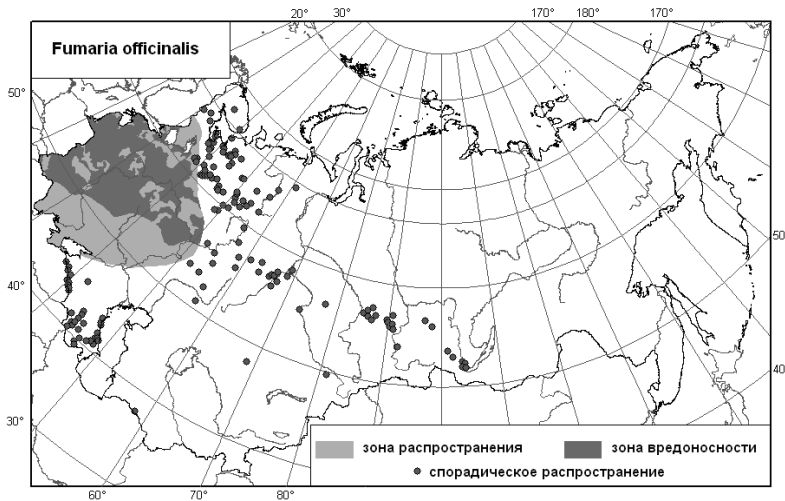


Рис. Ареал распространения и зона вредоносности дымянки лекарственной

#### Литература

Гроссгейм А.А. Флора Кавказа, т. IV. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1950, с.106.

Мельничук О.С., Ковалівська Г.М. Атлас найбільш поширених бур'янів України. Киев, 1972, 204 с.

Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Л., Наука, 1983, с.195.

Основные сорно-полевые растения сельскохозяйственных культур Ленинградской области. /Каталог мировой коллекции ВИР, вып., 468, Ред. Агаев М.Г., Л., ВИР, 1988, с.32-34.

Сорные растения Советского Дальнего Востока. /Каталог мировой коллекции ВИР, вып., 374, Составитель Ульянова Т.Н., Л., ВИР, 1983, с.21. Флора Красноярского края, вып. V, (ч.4). Составители Положий А.В., Лошкарева Л.Н., Гудошников С.В., Копанева Г.А., Томск, Изд-во Томского университета, 1975, с.8-9.

Флора Северо-Востока европейской части СССР, т.III. Ред. Толмачев А.И., Л., Наука, 1976, с.45.

Флора Сибири, т.7. Ред. Малышев Л.И., Пешкова Г.А., Новосибирск, Наука, 1994, с.43.

Флора СССР, т.VII, Ред. Шишкин Б.К., М.-Л., Изд-во АН СССР, 1937, с.713.

Шлякова Е.В. О засоренности посевов Мезенского района Архангельской области. /Бот. журнал, 1971, 56, 6. с.863-868.

Hulten E., Fries M. Atlas of North European Vascular Plants, North of the Tropic of Cancer. 3 v. Konigstein, 1-3, 1986, 1172 p.

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ "Создание электронного агроатласа России и сопредельных стран".



### К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА М.К.ХОРЯКОВА

В 2005 году исполняется 100 лет со дня рождения известного ученого в области микологии и фитопатологии Михаила Кузьмича Хохрякова (родился в Казани 22 октября 1905 г. по старому стилю). Детские и юношеские годы М.К. Хохрякова прошли в Вятке, где подросток наряду с учебой в гимназии с 14 лет начал работать в краеведческом музее препаратором под руководством ученика проф. А.А.Ячевского - А.Д. Фокина.

Окончив биологическое отделение физико-математического факультета Петроградского (с 1924 г. - Ленинградского) университета, М.К. Хохряков с 1930 г. связал свою научную деятельность со вновь организованным Всесоюзным НИИ защиты растений, где проработал 56 лет и прошел путь до заведующего лабораторией микологии им. А.А.Ячевского. Михаил Кузьмич Хохряков стал продолжателем традиций и идейно-творческого наследия классиков отечественной микологии и фитопатологии А.А.Ячевского и Н.А.Наумова, возглавлявших до него лабораторию ВИЗР. Н.А.Наумов в своем отзыве называл М.К.Хохрякова своим лучшим учеником и сотрудником. Становлению М.К.Хохрякова как ученого способствовало раннее приобщение к знаниям по систематике грибов, владение английским языком, латынью, позднее - немецким языком в сочетании с личными

неординарными способностями и любовью к микологии.

В 1940 г. Михаил Кузьмич успешно защищает кандидатскую работу «Промежуточные хозяева и растения-передатчики ржавчины хлебных злаков в Нечерноземной полосе Европейской части СССР». Эта работа была высоко оценена профессорами Н.А.Наумовым и В.Траншелем и удостоена премии «За научное достоинство и практическое значение для сельского хозяйства». В 1953 г. М.К.Хохрякову присуждена ученая степень доктора биологических наук на основе защиты диссертации на тему: «Морфолого-биологическое обоснование систематики грибов рода *Helminthosporium* S.L. на злаках». Темы обеих диссертаций характеризовались принципиально новыми подходами к систематике грибов, критическим пересмотром прежних позиций, экспериментальным методом исследований.

Михаил Кузьмич генерирует идеи, его исследовательские интересы лежат в области разработки критериев вида, видообразования и микроэволюции грибов. Им описано 43 новых для науки вида грибов, установлен 1 род, 8 форм и 28 комбинаций. В гербарии лаборатории выявлен материал для 25 видов, включая топотипы и типовый материал. В честь М.К.Хохрякова описано несколько новых

видов, названных его именем (О.П.Камышко, Э.С.Гусейнов). Под его руководством исследования сотрудников и аспирантов лаборатории были сосредоточены на изучении важнейших вредоносных грибных болезней на территории СССР и разработке на основе зональных биологических особенностей патогенов эффективных мер борьбы с ними. Изучаются новые и условно новые болезни и пути проникновения возбудителей на смежные территории в результате постепенного перезаражения диких и культурных растений-прокормителей, смены пищевой и экологической специализации, других механизмов изменчивости. Эти исследования имели практическое значение для локализации и подавления развития малоизученных заболеваний в нашей стране.

М.К.Хохряков участвовал в многочисленных экспедициях, курировал региональные исследования по изучению специфических форм возбудителей болезней растений Закавказья (технические культуры, цитрусовые, чай и др.), Кольского полуострова и Среднего Урала (зональная приуроченность грибов к растительным ассоциациям), Украины (стахитриотоксикоз лошадей), Дальнего Востока (эндемичные заболевания), Средней Азии (вилт хлопчатника и др.), Западной Сибири (корневые гнили зерновых). М.К.Хохряков всегда принимал на себя всю ответственность за результативность решения фитопатологических проблем, добивался значительных практических результатов.

М.К.Хохряков становится ведущим микологом и общепризнанным авторитетом в мировом сообществе микологов. Он - участник многочисленных международных конгрессов по фитопатологии (1960, 1961, 1964, 1968, 1973, 1975).

М.К.Хохряков руководил подготовкой 67 кандидатов наук и двух докторов, ко-

торые работали в широком спектре актуальных тем. Ему принадлежит около 170 научных трудов и книг, опубликованных в русских и зарубежных изданиях. Выпущены многочисленные брошюры, указатели, справочники, методические пособия, учебники. Им отредактировано 32 сборника трудов ВИЗР, многочисленные материалы журнала «Микология и фитопатология», в качестве заместителя главного редактора этого журнала. В связи с большой потребностью специалистов в 2003 г. вышло в свет третье издание "Определителя болезней растений" (Изд-во «Лань», СПб, 592 стр.).

Довелось М.К.Хохрякову участвовать и в Великой Отечественной войне. Будучи майором - начальником подвижной лаборатории СЭО-60, в составе 2-й гвардейской танковой армии Первого Белорусского фронта он дошел до Берлина. Михаил Кузьмич награжден орденами Красной Звезды и Отечественной войны 2-й степени, многими медалями. В мирное время он награжден орденом Трудового Красного Знамени и медалями за долголетнюю и безупречную работу.

Невозможно перечислить все теоретические, практические и методические достижения лаборатории микологии, возглавляемой М.К.Хохряковым. Это был человек широчайших знаний, умеющий объединить в конструктивной работе людей, имеющих разные точки зрения. Он создавал вокруг себя атмосферу доброжелательности и сотрудничества. Это был талантливый ученый и замечательный человек.

И чем дальше уходит время, тем значительнее становится его фигура ученого, основателя плодотворной научной школы.

*Т.М.Хохрякова, М.М.Левитин,  
А.П.Дмитриев*

## ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ

Ш.Т.Ходжаев

*Узбекский НИИ защиты растений, Ташкент, Узбекистан*

За последние годы в республике Узбекистан произошли большие изменения в структуре и организации сельскохозяйственного землепользования. Прежде всего это коснулось структуры размещения отдельных культур. Резко увеличались посевы пшеницы, потеснив люцерну и кукурузу. Если раньше пшеницу возделывали в основном на богарных, искусственно не орошаемых землях и получали невысокие урожаи зерна, то теперь ее стали сеять на равнинных, плодородных землях с высокой агротехникой и многократными поливами. Урожайность зерна поднялась до 40-50 и даже 80 ц/га. Это в свою очередь внесло коррективы в состав экосистем посевов. Ввиду того, что практикуется в основном бинарная схема севооборота культур, значение одних вредителей уменьшилось, других усилилось. Так, заселенность хлопчатника подрывающими совками и хлопковой белокрылкой уменьшилась. Тогда как во многих регионах республики (особенно в областях Ферганской долины) заселенность хлопчатника хлопковой совкой, табачным трипсом и паутинным клещом значительно усилилась. Одну из причин этого мы видим в некоторых особенностях возделывания вышеназванных культур - на значительной территории почва осенью не перепахивается в связи с посевом зерновых по хлопчатнику, а это обеспечивает благополучную перезимовку хлопковой совки, паутинного клеща, тлей и других видов членистоногих, а также возбудителя вилта хлопчатника. Практически во всех областях Ферганской долины на полях хлопчатника можно встретить хлопковую совку, численность которой в течение последних 5-6 лет не снижается ниже критического уровня. В этой зоне на полях хлопчатника плотность совки во время развития второго поколения (июль) нередко достигает 40-60 яиц и

гусениц на 100 растений в среднем. В этих же областях замечено усиление развития хлопковой тли не только в мае-июне, но и в августе-сентябре, что вызывает опасение проявления заширенности хлопкового волокна. Принимаются экстренные меры, но для того чтобы сбить темп нарастания развития вредителя необходимо внедрить в жизнь научно-обоснованную систему мер, основанную на агротехнике: севооборот, своевременная дефолиация, выборочное проведение защитных обработок эффективными инсектицидами. На это направлено внимание научных работников и службы защиты растений.

В республике сохранилась та же организационная структура защиты растений, как и раньше: при Министерстве сельского и водного хозяйства республики работает Центр защиты растений, которому подведомственны областные и районные подразделения с соответствующим числом специалистов и спецтехники. Система обеспечивается бюджетным ассигнованием и хозрасчетными поступлениями. По-прежнему специальной техникой для обработки полей является вентиляторный тракторный опрыскиватель ОВХ-28, которым теперь помимо полевых культур обрабатывают сады, виноградники и шелковицу, используя при этом специальную насадку на сопло, увеличивающую ширину захвата по вертикали. В очагах заражения растений вредителями проводят локальные обработки при помощи ручных и моторных опрыскивателей.

Основное место в защите растений занимают агротехнические и биологические методы, являющиеся ведущими звеньями системы интегрированной защиты растений.

Число биофабрик и биологических лабораторий в республике растет. Теперь почти каждое хозяйство имеет свою биологическую лабораторию.

Не изменился принцип оснащения, производства и применения биоматериалов (трихограммы, бракона и златоглазки) в хозяйствах. Тем не менее, в этом вопросе имеется значительное отставание от желаемого. Это связано как с выпуском некачественного биоматериала, так и его практического применения с нарушениями регламентов. Поэтому зачастую, используя систему последовательного применения трихограммы и бракона против хлопковой совки, удается снизить плотность совки на 40-45%, что явно недостаточно для отмены химических обработок. Предпринимаются меры по улучшению положения. Для этого в УзНИИЗР создана группа по стандартизации качества биоматериалов и оказания помощи лабораториям, но этого пока недостаточно для коренного улучшения дела. Необходимы преобразования в обеспечении, финансировании, равно как ответственности лабораторий и их персонала.

После 1980 года объемы применения пестицидов в сельском хозяйстве Узбекистана резко уменьшились. Это было связано с ростом применения биометода, а также интегрированной системы защиты растений. К 1990 году каждый гектар

посевов хлопчатника в республике обрабатывался против вредителей в среднем 1.3 раза. В дальнейшем этот процесс продолжался и сейчас уровень обработок менее, чем однократный. Справедливости ради следует отметить, что не все в этом деле оправдано. Например, если против хлопковой совки реально требуется за сезон в среднем 2.3 обработки инсектицидами, то осуществляется 0.7 обработки. В результате теряется урожай. Снизилась и эффективность препаратов. Так, синтетические пиретроиды, занявшие прочное место среди инсектицидов, а затем и инсектоакарицидов, используемых при защите хлопчатника и сопутствующих культур, после 1980 года из-за их чрезвычайно высокой эффективности против хлопковой совки и сопутствующих - тлей, трипса, паутинного клеща, белокрылок и других вредителей, теперь оказались зачастую не способными к эффективной защите. Явно прослеживается выработка популяциями членистоногих устойчивости к пиретроидам. Для примера приведены результаты изучения чувствительности тепличной белокрылки на полях хлопчатника вокруг Ташкента в 1984 и в 2004 годах (табл.).

Таблица. Изменение чувствительности тепличной белокрылки на хлопковых полях к инсектицидам различных классов (Ташкентская область)

| Препараты                    | СК <sub>50</sub> для популяций, % |              | СК <sub>95</sub> , %<br>R | ПР×<br>R |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------|----------|
|                              | Чувствительной S                  | Испытуемой R |                           |          |
| <b>1984 г.</b> Децис 2.5% КЭ | 0.000028                          | 0.000239     | 0.00151                   | 8.5      |
| Рипкорд 40% КЭ               | 0.00008                           | 0.000501     | 0.00144                   | 6.2      |
| Амбуш 25% КЭ                 | 0.000027                          | 0.000251     | 0.00239                   | 9.2      |
| Сумицидин 20% КЭ             | 0.0013                            | 0.00524      | 0.0416                    | 4.0      |
| Карбофос 30% КЭ              | 0.00053                           | 0.123        | 0.955                     | 232.0    |
| Актеллик 50% КЭ              | 0.000022                          | 0.00416      | 0.0288                    | 189.0    |
| <b>2001 г.</b> Децис 2.5% КЭ | 0.000028                          | 0.00351      | 0.0288                    | 125.3    |
| Арриво 25% КЭ                | 0.00008                           | 0, 00937     | 0.0609                    | 117.1    |
| Суми-альфа 5% КЭ             | 0.0013                            | 0.0566       | 0.368                     | 43.1     |
| Фуфанон 50% КЭ               | 0.00053                           | 0.0225       | 0.148                     | 42.4     |

Слабо толерантная к пиретроидам популяция тепличной белокрылки в 1984 г., к 2001 году достигла 43-125 кратного уровня устойчивости. В то же время применявшиеся ранее ФОС вновь стали более токсичными для белокрылок.

Точно также к 2004 году уменьшилась

эффективность пиретроидов в борьбе с тлями: от 31% (узфен) до 76% (бульдок). Токсичность против клещей пиретроидов первого поколения снизилась на 80-100%. Против хлопковой совки все пиретроиды потеряли высокую эффективность: против гусениц старших (IV-VI) возрастов

ни один из существующих пиретроидов уже не показывает удовлетворительной эффективности даже в условиях лаборатории; против гусениц младших возрастов - эффективность от 53% до 83%. Таким образом, налицо снижение эффективности пиретроидов для целевых и сопутствующих видов членистоногих. Для преодоления этого явления в УзНИИЗР постоянно продолжается поиск возможных средств и методов. Для эффективной борьбы против хлопковой совки рекомендован новый инсектицид из класса оксадиазинов авант (0.4-0.45 л/га). Он пока является единственным, способным в рекомендованной норме расхода уничтожить гусениц совки всех возрастов.

Более высокая эффективность пиретроидов достигается в пиретроидно-фосфорорганических бинарных композициях, как в готовых препаратах (нурелл-Д, дельтафос, политрин-К и др.), так и в баковых смесях. Совместно с сотрудниками ИБОХ АН РУз ведется поиск синергистов и антиоксидантов, повышающих активность пиретроидов.

В республике широко используют методы феромониторинга насекомых, особое место среди которых занимают озимая и хлопковая совки. В производственном цехе ИБОХ АН РУз ежегодно нарабатывают и реализуют производству 1.2-1.5 млн ком-

плектов феромонных ловушек для хлопковой и 200-300 тыс. комплектов - для озимой совки. Двухкомпонентный синтетический половой феромон (СПФ) хлопковой совки с успехом применяют для сигнализации сроков начала лёта и плотности всех поколений вредителя, а следовательно, сроков выпуска трихограммы. Во всех случаях, основу для производства СПФ закупают у фирм Молдавии и, частично, в Эстонии.

Интенсификация торговых и других отношений со странами ближнего зарубежья способствовала тому, что на территорию Узбекистана проникли некоторые новые виды вредители, болезни и сорных растений. Так, ныне интенсивно распространяются минирующие мухи сем. *Agromyzidae*, цитрусовая минирующая моль, дынная муха (*Myiopardalis pardalina* Bid.), виноградная цикадка, томатный ржавый клещ (*Aculopcs licopersici* Masee), тутовая огневка (*Diaphania pyloalis* Walker) и др.

Из болезней растений широкое распространение получили возбудители ложномучнисторосяных грибов (переноспороз, милдью), которые в прошлом не имели практического значения. Поэтому перед защитниками растений и наукой республики стоит ряд задач, которые необходимо решить в ближайшее время.

**ПОЛЕЗНАЯ КНИГА**

(Рецензия на учебно-практическое пособие "Защита растений в устойчивых системах земледелия" под редакцией Д.Шпаара)

Проблема продовольственного обеспечения человечества является одной из центральных вопросов современного общества. Несмотря на огромные успехи, достигнутые в этом направлении почти во всех странах мира, увеличение производства продовольствия породило, как и во многих других сферах человеческой деятельности, новые проблемы и вызовы, решение которых требует все новых научных и практических усилий. Решение обсуждаемого вопроса осложняется постоянным уменьшением площадей сельскохозяйственных угодий почти во всех странах, что связано, как с хозяйственной деятельностью человека, так и с климатическими изменениями.

Хорошо известно, что защита растений является существенной частью современного земледелия. Неоспорима ее роль в увеличении сельскохозяйственного производства. В то же время, нельзя не видеть и отрицательной ее роли, связанной как с возможным риском нарушения экологического равновесия, так и с повышением энергоемкости производимой продукции. В этих условиях как сельское хозяйство вообще, так и защита растений, в особенности, превращаются в отрасли во многом предполагающие выполнение зачастую мало совместимых требований, что возможно только при условии глубоких знаний персонала, осуществляющего мероприятия, нестандартного мышления и применения современных наукоемких технологий. Воспитание такого персонала требует наличия доступного и грамотно составленного учебного и справочного материала. Этим требованиям и отвечает рецензируемая монография.

В книге, авторами которой являются многие ведущие ученые Германии, России, Белоруссии и Украины, последовательно и всеобъемлюще рассмотрены

практически все значимые вопросы защиты растений в их связи с проблемами земледелия и сельского хозяйства вообще.

Первая часть посвящена описанию различных организмов, приносящих ущерб возделываемым культурам. Даны сведения о сорняках, грибных, вирусных и бактериальных болезнях, насекомых, других членистоногих вредителях и вредителях-позвоночных. Несмотря на краткость описания, раздел отличается большим охватом видов, в дальнейших разделах даны сведения об их систематическом положении, биологии, симптоматике, вредоносности. Приведена также информация о неинфекционных болезнях растений, вызванных несбалансированностью содержания макро- и микроэлементов питания. Все эти сведения тесно увязаны с анализом климатических и почвенных условий возделывания растений.

Окончание первого тома и значительная часть второго посвящены популяционной экологии вредных организмов. Здесь приведены сведения об особенностях популяций различных систематических групп вредных организмов, также как и общие экологические закономерности существования популяций. Понятно, что без знания и глубокого понимания этих закономерностей невозможно ни грамотно строить прогноз развития вредных организмов, ни вести эффективную борьбу с ними.

В книге рассмотрены общие вопросы защиты растений в устойчивых системах земледелия, преимущественно связанные с опасностью применения пестицидов и мерах по снижению экологического риска в связи с их применением. Почти половину второго тома составляют справочные и нормативные материалы. Причем источником последних являются, в ос-

новном, нормативы Европейского Союза, которые во многом могут служить ориентиром для разработки национального законодательства. Заканчивается второй том обширным (около 800 источников) списком использованной и рекомендуемой литературы. Третий и часть четвертого тома, синтезируя изложенные ранее сведения, посвящены описанию основных проблем интегрированной защиты растений, включая карантин и все возможные аспекты этого понятия от влияния минеральных удобрений на зараженность посевов до использования устойчивых сортов и всех возможных методов биологической защиты. Рассматриваются также проблемы хранения сельскохозяйственной продукции. Значительное внимание уделено и химическому методу, остающемуся неотъемлемой частью интегрированной защиты растений. Рассмотрены классификация химических веществ, способы их действия и применения. В двух последних разделах описаны методы мониторинга и прогноза вредных организмов и особенности защиты растений в системах биологического земледелия. Четвертый том также снабжен обширным справочным и нормативным материалом по обсуждаемым вопросам. Дается обширный список цитированных источников, так, что общее их число составляет более полутора тысяч.

Книга полностью отвечает своему назначению: быть учебно-справочным пособием по защите растений применительно к устойчивым системам земледелия. Она может быть полезной студентам ВУЗ'ов всех биологических специальностей, поскольку вопросы защиты растений рассмотрены в ней с широких биологических позиций. Еще более книга может быть полезной специалистам в области защиты растений, поскольку содержит справочные материалы по всем вопросам этой обширной области науки и практики. Существующая специализация ведет к углублению знаний по узким вопросам за счет сокращения их фундаментальности и широты охвата. В этом смысле наличие рецензируемой монографии на столе у каждого специалиста позволит ему быстро получить необходимые справки из различных областей. Наличие громадного списка использованной и рекомендуемой литературы предоставляет читателю возможность при желании получить максимально полные сведения об обсуждаемых объектах, научных и практических проблемах защиты растений, которые в силу ограниченности объема книги не могли быть включены непосредственно в текст. В целом рецензируемый четырехтомник - нужное и полезное издание.

*А.П.Дмитриев, д.б.н.*



## Содержание

|   |    |
|---|----|
| СТРАТЕГИЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ОТ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ-ФИТОФАГОВ НА ПРИМЕРЕ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА. <i>Н.А.Вилкова, Г.И.Сухорученко, С.Р.Фасулати</i> | 3  |
| ФАКТОРЫ ПАТОГЕННОСТИ МИКРОСПОРИДИЙ - ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ ПАРАЗИТОВ НАСЕКОМЫХ. <i>И.В.Исси, В.В.Долгих, Ю.Я.Соколова, Ю.С.Токарев</i>  | 16 |
| СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АГРОБИОЦЕНОЛОГИИ (III). <i>А.Ф.Зубков</i>  | 26 |
| ОЦЕНКА СОРТОВ КУКУРУЗЫ ИСПАНИИ И ПОРТУГАЛИИ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ, ПРОДУКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К КУКУРУЗНОМУ МОТЫЛЬКУ<br><i>Д.С.Переверзев</i>                             | 39 |
| ПРОЯВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ИНОКУЛЮМА. <i>В.А.Колобаев, А.Н.Васюков</i>   | 46 |
| ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА К ВИРУСУ МОЗАИКИ ТОМАТА. <i>М.В.Мотова, А.Е.Цыпленков</i>   | 55 |
| Vt-ТРАНСГЕННЫЙ СОРТ КАРТОФЕЛЯ КАК СРЕДСТВО БОРЬБЫ С РЕЗИСТЕНТНЫМИ К ПИРЕТРОИДАМ ПОПУЛЯЦИЯМИ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА<br><i>Г.И.Сухорученко, Т.И.Васильева, Г.П.Иванова.</i>    | 59 |
| УРОВЕНЬ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСАДОК КАПУСТЫ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ<br><i>Н.Н.Лунева, И.Н.Надточий, А.Ю.Доронина, Н.С. Субикина</i>  | 69 |
| РИЗОКТОНИОЗ КАРТОФЕЛЯ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ П. УГЛУБЛЕННАЯ ПЯТНИСТОСТЬ. <i>Е.М.Шалдяева, Ю.В.Пилипова, М.П.Шатунова</i>  | 73 |
| МЕТОД ОЦЕНКИ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ПО ДАННЫМ ФИТОСАНИТАРНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР<br><i>Ю.А.Стрижекозин, В.П.Чуприна</i>                       | 78 |
| <b><u>Краткие сообщения</u></b>   |    |
| ТОКСИЧНОСТЬ ИНСЕКТИЦИДОВ ДЛЯ КАПУСТНОЙ МОЛИ И ЕЕ ПАРАЗИТА ДИАДЕГМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ОБРАБОТКИ<br><i>В.И.Долженко, Н.Г.Бабушкина</i>                                | 82 |
| ФИТОФТОРОЗ - РЕДКОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ ЭСПАРЦЕТА В КИРГИЗИИ<br><i>В.В.Котова, А.Ш.Чакаева, О.А.Загурская.</i>  | 84 |
| АРЕАЛ И ЗОНА ВРЕДНОСТИ ЖИВОКОСТИ ПОЛЕВОЙ<br><i>Н.Н.Лунева, И.А.Будревская</i>   | 86 |
| АРЕАЛ И ЗОНА ВРЕДНОСТИ ДЫМЯНКИ ЛЕКАРСТВЕННОЙ<br><i>Т.Д.Соколова, И.А.Будревская</i>   | 88 |
| <b><u>Хроника</u></b>   |    |
| К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА М.К.ХОРЯКОВА<br><i>Т.М.Хохрякова, М.М.Левитин, А.П.Дмитриев</i>  | 90 |
| ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ. <i>Ш.Т.Ходжаев</i>   | 92 |
| <b><u>Рецензия</u></b>  |    |
| ПОЛЕЗНАЯ КНИГА (Рецензия на учебно-практическое пособие "Защита растений в устойчивых системах земледелия" под редакцией Д.Шпаара). <i>А.П.Дмитриев</i>                 | 95 |

## Contents

|   |    |
|---|----|
| A STRATEGY FOR PROTECTION OF AGRICULTURAL PLANTS AGAINST ADVENTIVE PHYTOPHAGOUS SPECIES EXEMPLIFIED FOR THE COLORADO POTATO BEETLE.<br><i>N.A.Vilkova, G.I.Sukhorutshenko, S.R.Fasulati</i> | 3  |
| FACTORS OF THE PATHOGENICITY OF MICROSPORIDIA, INTRACELLULAR PARASITES OF INSECTS. <i>I.V.Issi, V.V.Dolgikh, Yu.Ya.Sokolova, Yu.S.Tokarev</i>   | 16 |
| FORMATION AND DEVELOPMENT OF AGROBIOCENOLOGY (III). <i>A.F.Zubkov</i>   | 26 |
| ASSESSMENT OF MAIZE CULTIVARS OF HISPANIA AND PORTUGAL IN RELATION TO THEIR PRECOCITY, PRODUCTIVITY, AND RESISTANCE TO THE STEM BORER<br><i>D.S.Pereverzev</i>                              | 39 |
| MANIFESTATION OF THE PLANT RESISTANCE TO DISEASES IN DEPENDENCE TO A QUANTITY OF INOCULUM. <i>V.A.Kolobaev, A.N.Vasiukov</i>  | 46 |
| ESTIMATION OF THE GENETIC RESISTANCE OF TOMATOES TO TOMATO MOSAIC VIRUS. <i>M.V.Motova, A.E.Tsyplenkov</i>  | 55 |
| USE OF A BT-TRANSGENIC CULTIVAR OF POTATO TO CONTROL THE COLORADO POTATO BEETLE POPULATIONS RESISTANT TO PYRETHROIDS<br><i>G.I.Sukhorutshenko, T.I.Vasilieva, G.P.Ivanova</i>               | 59 |
| DEGREE OF WEED INFESTATION ON CABBAGE CROPS IN THE LENINGRAD REGION.<br><i>N.N.Luneva, I.N.Nadtochyi, A.Yu.Doronina, N.S.Subikina</i>   | 69 |
| RHIZOCTONIA DISEASE IN POTATO GROWN IN THE NORTHERN COASTAL FOREST-STEPPE AREAS OF THE OB RIVER. II. DEEP SPOT. <i>E.M.Shaldyaeva, Yu.V.Pilipova</i>  | 73 |
| METHOD FOR ESTIMATING THE EPIDEMIOLOGICAL RESISTANCE OF THE CEREAL CROP VARIETIES BASED ON THE PHYTOSANITARY MONITORING DATA<br><i>Yu.A.Strizhekozin, V.P.Chuprina</i>                      | 78 |
| <b><u>Brief Reports</u></b>   |    |
| TOXICITY OF INSECTICIDES FOR THE DIAMONDBACK MOTH AND ITS PARASITE, DIADEGMA, IN RELATION TO DIFFERENT APPLICATION METHODS USED<br><i>V.I.Dolzhenko, N.G.Babushkina</i>                     | 82 |
| PHYTOPHTOROSIS, A RARE DISEASE OF SAINFOIN IN KIRGHIZIA<br><i>V.V.Kotova, A.Sh.Chakaeva, O.A.Zagurskaya</i>   | 84 |
| SPECIES RANGE AND ZONE OF HARMFULNESS OF THE BRANCHING LARKSPUR<br><i>N.N.Luneva, I.A.Budrevskaya</i>   | 86 |
| AREA AND ZONE OF WEEDINESS OF FUMARIA OFFICINALIS. <i>T.D.Socolova, I.A.Budrevskaya</i>   | 88 |
| <b><u>Chronicle</u></b>   |    |
| TO THE CENTENARY OF BIRTH OF PROFESSOR M.K.KHOKHRIAKOV<br><i>T.M.Khokhriakova, M.M.Levitin, A.P.Dmitriev</i>  | 90 |
| PLANT PROTECTION IN UZBEKISTAN. <i>Sh.T.Khodzhaev</i>   | 92 |
| <b><u>Reviews</u></b>   |    |
| USEFUL BOOK. REVIEW OF THE MANUAL FOR PLANT PROTECTION "PLANT PROTECTION IN SUSTAINABLE AGRICULTURAL SYSTEMS" EDITED BY D.SPAAR<br><i>A.P.Dmitriev</i>                                      | 95 |

5-10 ДЕКАБРЯ 2005 г. СОСТОИТСЯ  
ВТОРОЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ СЪЕЗД ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ,  
НА КОТОРОМ БУДУТ ОБСУЖДЕНЫ ПРОБЛЕМЫ  
ФИТОСАНИТАРНОГО ОЗДОРОВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Заседания съезда будут проходить в ВИЗР  
по адресу: 196608, Санкт-Петербург, Пушкин, шоссе Подбельского, 3

**Редакция журнала приветствует участников съезда  
и желает им плодотворной работы!**

## Информация для авторов

В "Вестнике защиты растений" публикуются результаты оригинальных исследований, теоретические обзоры, прикладные работы, дискуссии, рецензии по проблемам энтомологии, фитопатологии, гербологии, зоологии, нематодологии и других дисциплин, имеющих отношение к современной защите растений.

Журнал пропагандирует биологический, агротехнический и селективный химический методы защиты растений, методы создания и использования устойчивых сортов сельскохозяйственных культур, фитосанитарную диагностику, мониторинг состояния агроэкосистем, технологию и экономику применения средств защиты растений, построение

компьютерных моделей процессов, идущих в агроэкосистемах.

Особое внимание уделяется работам, посвященным комплексной защите сельскохозяйственных культур с учетом экологической безопасности, хозяйственной и экономической оправданности защитных мероприятий.

Журнал проводит периодические дискуссии по различной тематике защиты растений.

Разделы журнала:

- теоретические, обзорные, экспериментальные и методические статьи,
- краткие сообщения,
- рецензии и научные дискуссии,
- хроника.

## Требования к оформлению рукописи

1. Объем статьи - до 25 машинописных страниц. Все материалы (текст, таблицы, рисунки, контрастные черно-белые фотографии, подписи к рисункам) присылаются в одном экземпляре. Рукопись желательно дополнительно присылать на дискете или по электронной почте.

В файлах, набранных в MS-DOS-редакторах, переносов слов не делать, не применять стили, не выравнивать правый край. В Word-редакторе следует использовать без стилей и макросов либо шаблон A4 (размер шрифта - 12 пунктов), либо A5 с полями 1.5 см и размером шрифта Journal, Times или Arial 10 пунктов, в таблицах и списке литературы - 9 пунктов. Межстрочный интервал - одинарный.

2. В первой строке статьи указывают ее название, во второй - инициалы и фамилии авторов, в третьей - организацию, страну. Перед текстом статьи помещают аннотацию до 10 строк, в которой приводится краткое описание работы. Отдельно представляют текст резюме (фамилии авторов на английском языке) объемом до 15 строк.

3. Рисунки, подписи к ним, таблицы печатают на отдельных страницах. Ориентация страницы "книжная".

4. Латинские названия видов приводят при первом их упоминании в тексте.

5. Дробная часть числа отделяется точкой.

6. Примерный план оригинальной статьи: краткое вступление, методика работы, результаты и их обсуждение, выводы, список литературы.

7. При ссылках на литературу в тексте указывают фамилию автора статьи и год издания, например: (Иванов, Петров, 1995) или в случае более двух авторов (Иванов и др., 1999).

8. В списке литературы приводят только цитируемые в статье работы в алфавитном порядке (сначала на русском, затем - на иностранных языках) с указанием фамилии автора, его инициалов, названия книги или статьи, названия журнала, тома (арабскими цифрами), № или выпуска, года, страниц (через запятые). Для книг указывается место издания. Например: Иванов И.И. Название статьи. /Название журнала, 47, 5, 1999, с.20-32; Иванов И.И. Название книги. М., 1999, 250 с.

9. Рукописи статей авторам не возвращаются.

10. Первому в списке автору статьи высылаются номер журнала и 10 отисков.