

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ



PLANT PROTECTION NEWS

1

Санкт-Петербург - Пушкин
2001

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Научно-теоретический журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Главный редактор В.А.Павлюшин

Зам. гл. редактора К.В.Новожилов

Зам. гл. редактора В.И.Долженко

Отв. секретарь В.И.Танский

Редакционный Совет

А.С.Васютин,
А.Н.Власенко,
В.И.Долженко,
Ю.Т.Дьяков,
Б.Ф.Егоров,
В.Ф.Зайцев,
В.А.Захаренко,

С.Прушински (Польша),
А.А.Макаров,
Н.М.Мыльников,
В.Д.Надыкта,
К.В.Новожилов,
В.А.Павлюшин,
К.Г.Скрябин,

А.И.Сметник,
М.С.Соколов,
С.В.Сорока (Белоруссия),
П.Г.Фоменко,
Д.Шпаар (Германия),
Ю.Б.Шуровенков

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, Н.Н.Семенова,
Г.И.Сухорученко, С.Л.Тютютерев

Редакция

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

ПРОБЛЕМА РЕЗИСТЕНТНОСТИ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ К ПЕСТИЦИДАМ — МИРОВАЯ ПРОБЛЕМА

В.А.Захаренко

Отделение защиты растений РАСХН, Москва

Обзор проблем, связанных с развитием резистентности к пестицидам у вредных организмов в мире. Рассмотрено распространение резистентности у членистоногих, возбудителей болезней растений и сорняков. Показаны механизмы этого явления и намечены пути ограничения распространения и снижения скорости развития резистентности к новым препаратам.

Рост народонаселения в третьем тысячелетии (до 8.5 млрд. человек в 2025 г. и 11 млрд. человек в 2050 г.) и недостаточный уровень обеспечения человечества продуктами питания и сырьем для промышленности требуют изыскания дополнительных источников увеличения производства продукции сельского хозяйства (Global Research, 1995). Снижение потерь урожая от вредных организмов (вредители, возбудители болезней, сорные растения), величина которых в мире оценивается в \$300 млрд. США (40% от общего объема производства продукции растениеводства) (Oerke et al., 1998), а в России потери урожая по нашим расчетам достигают 100-110 млн.т в пересчете на зерно на сумму порядка \$12-15 млрд. (Захаренко, 1997), представляется важнейшим фактором повышения продуктивности и устойчивости растениеводства и земледелия.

В защите растений в течение ближайших 50 лет ведущим будет оставаться химический метод. Общей тенденцией его развития является использование более эффективных пестицидов с меньшими нормами расхода, менее опасных для человека и природы. При этом обычно не сокращаются площади обработок, но при снижении гектарных норм уменьшаются общие расходы пестицидов. Новые препараты обычно дороги, поэтому затраты на приобретение пестицидов не только не сокращаются, а растут. В результате растет рынок пестицидов в стоимостной оценке, который характеризуется следующими данными: в 1960 г. - 1.7, 1970 - 2.4, 1980 - 14.6, 1990 - 26.4, 1995 г. - \$29.6 млрд., прогноз на 2001 г. - \$38.5 млрд.

Максимальный объем потребления пестицидов по массе в 80-90 годы достигал 3.2 млн.т. В результате более совершенного ассортимента к концу XX века он существенно сократился и составляет порядка 2.2 млн.т (табл.1).

Таблица 1. Мировое использование пестицидов в 1996 г. (Calderoni, 1997)

Группы пестицидов	Тыс. т	Млрд. долларов
Гербициды	1040	15.1
Инсектициды	681	8.7
Фунгициды	272	5.9
Регуляторы роста	181	1.6
Всего	2180	31.3

При площади пашни 1350 млн. га на гектар приходится 1.6 кг пестицидов по действующему веществу на сумму 23.2 долларов/га. Распределение пестицидов по регионам мира крайне неравномерно. В 1996 г. оно характеризовалось следующими показателями: в Северной Америке (США и Канада) - \$9.3 млрд., в Латинской Америке - 3.5, в Западной Европе - 8.2, в Восточной Европе (включая Россию) - 1.7, в Африке и на Среднем Востоке - 1.1 и в Дальневосточном регионе - \$7.5 млрд. Еще большие колебания отмечаются по отдельным странам. Интенсивность применения пестицидов отражают следующие данные. В 1996 г. расход их в кг/га по действующему веществу достигал: Япония - 17.7, Бельгия - 12.7, Голландия - 10.1, Великобритания - 5.9, Франция - 4.2, Португалия - 4, Италия - 3.9, Греция - 3.4, Германия - 3.4, Австралия - 2.6, Ирландия - 2.4, Испания - 1.8, Дания - 1.4, Швеция - 0.8,

США - 2.4, Бразилия - 0.8, Финляндия - 0.6; Россия - 0.1 (Klingar et al.,2000).

В мировом земледелии в результате применения пестицидов и подавления вредных организмов предотвращаются значительные потери продукции растениеводства. Данные об эффективности защиты растений по показателю отношения продукции, сохраненной в результате применения пестицидов, в процентах к общим потерям урожая представлены в таблице 2.

Таблица 2. Эффективность* защиты растений (%) в мире (1988-1990) и в России (1995-2000) (Oerke et al.,1998; Соколов,2000)

Регион, страна	Пшеница	Кукуруза	Рис	Соя	Картофель	В среднем
Северная Америка	31.7	45.8	57.3	45.4	58.9	44.6
Европа	53.9	51.2	51.5	55.2	54.1	52.7
СССР	24.9	28.9	39.7	37.4	35.9	32.9
В среднем	34.4	35.5	37.6	44.6	43.9	39.3
Россия	10.3	10.5	12	8	13.9	13.5

*Эффективность(%) = $100(\text{потери}_{\text{потенц}} - \text{потери}_{\text{актуал}}) / \text{потери}_{\text{потенц}}$.

Эффективность защиты растений в России в три раза ниже, чем в среднем в мире. Актуальные (не предотвращаемые) потери урожая (разница потенциальных потерь урожая от вредных организмов и предотвращаемых в результате применения химических и биологических средств защиты растений) составляет в растениеводстве России 86.5%, в то время как в среднем в мире - 55.4% от потенциальных потерь.

Перспективность развития химического метода по экономической значимости в качестве мероприятия по снижению потерь урожая от вредных организмов очевидна. Так, данные таблицы 2 свидетельствуют о существенных резервах роста урожайности во всех странах мира, особенно в России, в связи с возможностями использования химического метода защиты растений.

Однако в последние годы при широком использовании пестицидов, прежде

всего в высокоразвитых странах и в отдельных районах России, отмечено проявление нежелательных побочных эффектов, связанных с химической защитой растений (загрязнение продукции растениеводства, развитие устойчивости к пестицидам у вредных организмов). В этой связи высказываются точки зрения о резком снижении объемов использования пестицидов и даже отказа от их использования. Это касается книги Л.А.Федорова и А.В.Яблокова (1999) с броским названием "Пестициды - токсический удар по биосфере и человеку". В книге на основе данных о нежелательных эффектах запрещенных для применения в сельском хозяйстве морально устаревших пестицидов делается попытка обосновать идею ведения сельского хозяйства России без пестицидов. Одна из глав так и названа - "XXI век без химии, без пестицидов".

Авторы основывают подобные выводы, ссылаясь на устаревшие препараты, без учета новых возможностей химического метода защиты растений, исходя из несовершенства существовавших в прошлом технологий применения пестицидов, в отдельных случаях имеющих место и в настоящее время при нарушении требований работы с химическими средствами защиты растений. Успехи химической науки в части создания новых пестицидов, минимально опасных для окружающей среды, и новые технологии использования пестицидов позволяют снизить опасность побочных эффектов применения пестицидов.

Мировая наука разработала методы совершенствования химического метода защиты растений и технологий его применения в практике сельского хозяйства. Именно с учетом их 14-й Международный конгресс по защите растений (Иерусалим, 1999 г.) определил развитие защиты растений в третьем тысячелетии по пути сочетания химии с экологией. Новые достижения науки позволяют изучить взаимодействие растений и вредных организмов не только на измененном генетическом и химическом (молекулярном), но также на атомном и электронном уровнях. Новые знания позволяют совершенствовать химический

метод и приблизить его к регулированию отмеченных взаимоотношений на уровне естественных экологических процессов.

Эффективная химическая защита растений требует преодоления опасности развития устойчивости вредных организмов к пестицидам. Проблема устойчивости вредных организмов к пестицидам при этом должна оцениваться не как узкая, лишь им присущая, а как общая биологическая закономерность, характерная для любого метода борьбы с живыми организмами. Устойчивость возникает как обратная реакция, связанная с выживанием живого организма при воздействии на него различных факторов. Одним из механизмов выживания организма является процесс проявления устойчивости, в данном случае к пестицидам. При таком подходе к проблеме устойчивости вредных организмов нет оснований ожидать ее полного решения. Она будет оставаться всегда, а поэтому всегда будут требоваться меры по ее преодолению.

Накопленный опыт свидетельствует, что химическая защита растений, ориентированная на полное уничтожение популяции вредных организмов путем системы календарных обработок без учета фитосанитарного состояния агроценозов, была высоко эффективна лишь на начальном этапе ее развития, пока не проявлялся процесс развития устойчивости вредных организмов. По мере приближения к уровню предельного насыщения земледелия пестицидами (прежде всего в высокоразвитых странах) уже через 10-20 лет стало ясно, что полностью уничтожить вредные организмы невозможно. Процесс развития устойчивости опережал процесс создания новых эффективных пестицидов. При массивном применении пестицидов существенно обострялись экономические и экологические проблемы, связанные с побочными их эффектами в природе.

Концепция всеобщего интенсивного использования химического метода защиты растений оказалась несостоятельной ни по агротехническим (низкая эффективность в результате развития устойчивости у вредных организмов к пес-

тицидам), ни по экономическим (рост затрат на разработку, эколого-токсикологическую и медико-гигиеническую оценку и регистрацию пестицидов), ни по экологическим (опасность тотальных обработок для человека и окружающей среды) параметрам. Поэтому потребовалась разработка новой концепции.

В настоящее время большинством стран реализуется концепция интеграции всех известных методов с предпочтительным использованием нехимических и применением химического метода лишь в случае его экономической целесообразности и экологической безопасности. Концепция допускает возможность и необходимость ограниченного применения тотальной химической защиты растений от карантинных объектов (выполнение требования на первом этапе локализации, а затем и полного уничтожения популяций ранее отсутствующих вредных организмов, но завезенных в страну или регион). Ограниченно, прежде всего, на интенсивно защищаемых культурах, допускается применение химической защиты растений по схемам календарных обработок, если предпочтительными являются экономические критерии, но при этом защита растений не должна выходить за рамки допустимых ограничительных экологических критериев, в частности в странах Западной Европы, США и Японии. Концепция интегрированной защиты растений допускает также использование систем защитных мероприятий, принятых в органическом земледелии (без пестицидов или с использованием неорганических и природных средств защиты растений) с ориентацией на полное соблюдение экологических критериев.

Концепция интегрированной защиты растений (Integrated crop protection) в России получила развитие в связи с расширением исследований агроэкологии и агроландшафтов с учетом необходимости решения задач улучшения их фитосанитарного состояния в условиях адаптивного растениеводства (сокращение до минимума влияния абиотических и биотических стрессов), а также развития ландшафтного земледелия (сохранение видового разнообразия ландшафтов,

благоприятствующих обитанию полезных организмов). Отделением защиты растений в 1991-1995 гг. обоснованы основные направления развития системы управления фитосанитарным состоянием сельскохозяйственных угодий, а в 1996-2000 гг. конкретизирована их целевая задача - оптимизация фитосанитарного состояния растениеводства на основе оптимизации методов и их сочетаний в интегрированной защите растений. На период 2001-2005 гг. концепция развития защиты растений уточнена (принимая во внимание новые требования решения глобальных экологических проблем устойчивости развития общества в свете требований Всемирной конференции в Рио-де-Жанейро). Перспективная концепция ориентирована на решение задач устойчивой фитосанитарной оптимизации на основе усовершенствованных методов фитосанитарного мониторинга, предупредительных и активных новых методов защиты растений с использованием трансгенных растений, снижения популяции вредных организмов до экономически безопасного уровня, максимального использования естественных путей повышения активности полезных организмов и снижения вредных в экосистемах, а также предотвращения нежелательных эффектов защиты растений - химического и биологического загрязнения окружающей среды.

В зарубежных странах тенденция широкого производственного освоения концепции интегрированной защиты растений (IPC- Integrated Pest Control) в настоящее время сменилась системой интегрированного управления вредными организмами (Integrated Pest Management- IPM), что принципиально отличается от разрабатываемой Отделением защиты растений концепции воздействия не на вредные организмы, как таковые, а в целом на агроэкосистемы, акцентируя внимание на управление фитосанитарным состоянием, при котором интегрированные методы выступают в качестве средства достижения цели. В зарубежных публикациях также конкретизируются задачи IPM в последние годы в

связи с задачами, вытекающими из требований Всемирной конференции в Рио-де-Жанейро - концепции устойчивого мирового развития.

Упорядоченное применение пестицидов в интегрированной защите растений (на полях с уровнем распространения вредных организмов выше экономического порога вредоносности) позволяет на 20-30% снизить расход пестицидов за счет отмены обработок и представляет важнейшее направление снижения опасности развития устойчивости вредных организмов к пестицидам. Однако, решение задачи сокращения опасности развития устойчивости в случае применения пестицидов остается актуальным и в системе интегрированной защиты растений. Успешное решение ее требует участия всех звеньев химической защиты растений: от этапа разработки и создания средств до этапа их рационального и экологического использования.

В развитии химической промышленности обоснованы мероприятия по ориентации на разработку и производство высоко активных чистых пестицидов (без неактивных изомеров), эффективных при минимальных дозах действующих веществ, обеспечивающих сокращение общих объемов применения пестицидов в тоннаже. Новые направления развития химии пестицидов реализуют это направление за счет разработки, создания и производства нового поколения пестицидов, прежде всего в крупных международных химических концернах. Общие затраты этих концернов на исследования составляют порядка \$3 млрд. в год. Для успешного выполнения программ, как показывает опыт крупных фирм, требуется определенная критическая масса средств на научные исследования. Для фирм, создающих пестициды, эта цифра порядка \$150 млн. в год на каждый разработанный и выпускаемый пестицид. Такие высокие затраты связаны с большими расходами на разработку, регистрационные испытания и регистрацию создаваемых пестицидов. Так, для разработки одного современного пестицида требуется 7-8 лет, изучение 13500 соеди-

нений и \$25-50 млн. По другим данным, в 1992 г. затраты на разработку пестицида составляли \$158 млн. (в 1975 г. - \$32 млн.). Гораздо меньшие затраты требуются на разработку биологических средств. Например, для разработки бактериального биопрепарата требуется меньший срок регистрации (3 года), меньшие затраты (\$5 млн.), чем для пестицида. Однако развитие средств биологической защиты растений не получило сопоставимого развития по объемам с химией пестицидов. В последние годы высокими темпами развивается биотехнология, несмотря на то, что высокие биотехнологии требуют гораздо больших затрат и критических масс капитала для развития исследований и создания и освоения новых технологий. Новые концепции ориентируются на интеграцию методов биотехнологии при создании устойчивых сортов культурных растений и химических средств защиты растений, тем самым создаются новые реальные предпосылки для решения проблемы преодоления опасности развития устойчивости вредных организмов к пестицидам. В США важность преодоления резистентности к пестицидам путем создания новых для замены уже существующих пестицидов оценивается суммой \$1.4 млрд. в сопоставлении с \$4.1 млрд. затрат на применение пестицидов.

Проблема устойчивости вредных организмов к пестицидам имеет глобальный характер и требует, соответственно, глобальных организационных мероприятий. Для оценки и решения проблемы устойчивости созданы соответствующие международные организации. Решением ее в рамках общей защиты растений занимается, прежде всего, глобальная (международная) федерация защиты растений - GCPF (Global Crop Protection Federation), (<http://www.gcpf.org/>), Brussels, Belgium, представляющая интересы мировой индустрии производства пестицидов. Она осуществляет мероприятия по организации экологически безопасного использования средств защиты растений для экономически обоснованного производства безопасной, высококачественной

продукции растениеводства. Федерация включает региональные ассоциации (американская, европейская, японская, латиноамериканская, азиатско-тихоокеанская) и азиатско-средневозточную группу по защите растений. Под эгидой этой организации работают комитеты непосредственно по проблеме устойчивости вредных организмов к основным группам пестицидов: к инсектицидам, фунгицидам и гербицидам, соответственно: FRAC (Fungicide Resistance Action Committee, создан в 1981 г.), включая группы по классам фунгицидов; IRAC (Insecticide Resistance Action Committee, создан в 1984 г.), включая группы по культурам; HRAC (Herbicide Resistance Action Committee, создан в 1989 г.), включая группы по химическим компаниям. Группы организуют мониторинг развития резистентности вредных организмов в различных странах мира, мероприятия по ее преодолению дифференцированно по основным группам пестицидов, обеспечивают информацией промышленные и сельскохозяйственные организации, представляют ее достаточно широко в системе Интернет.

Первое упоминание о развитии устойчивости к пестицидам (инсектицидам) относится к 1914 году. Развитие устойчивости вредных организмов к инсектицидам получило широкое развитие после 1950 г., фунгицидов - после 1960 г., гербицидов - после 1968 г. (первое сообщение об устойчивости *Senecio vulgare* к гербицидам класса триазинов). В конце 80-х годов в мире было зафиксировано более 500 видов вредителей, более 150 видов возбудителей болезней и 100 видов биотипов сорных растений, по состоянию на 1999 год - 222 резистентных биотипа в 45 странах мира. В материалах комитетов по устойчивости отдельных групп пестицидов на их страничках в Интернете отображаются новые сведения о видах, которые приобрели устойчивость к пестицидам.

Анализ данных по вопросам резистентности вредных организмов свидетельствует о развитии ее по отношению ко всем группам пестицидов.

Резистентность к инсектицидам

Современное состояние проблемы устойчивости вредных членистоногих к отдельным классам пестицидов и пути ее преодоления представлены в таблице 3.

Резистентность к инсектицидам выявлена и получила развитие в качестве важного нежелательного фактора в системе защиты растений после 1914 г. По состоянию на 1984 год, в мире было зарегистрировано 1797 случаев развития устойчивости членистоногих. В 1981 г. за-

фиксировано 504 вида, устойчивых, по крайней мере, к одному инсектициду. В 1984 г. 17 видов насекомых были устойчивыми ко всем классам инсектицидов. Наибольшая степень устойчивости к различным классам инсектицидов была установлена у персиковой тли (*Myzus persicae*). Широкое распространение получили устойчивые формы колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*) и капустной моли (*Plutella xylostella*).

Таблица 3. Современное положение с резистентностью вредителей растений к инсектицидам и акарицидам в мире

Класс химических соединений	Важнейшие вредные организмы	Степень опасности развития резистентности	Регион	Антирезистентные технологии
Карбаматы	Рисовые цикады	Средняя	Юго-Восточная Азия	Использование инсектицидов бупрофезина, имидаклоприда
Фосфорорганические	Стеблевой рисовый бурильщик	Низкая	Юго-Восточная Азия	Использование фипронила, трансгенного Bt-риса
	Колорадский жук Хлопковая белокрылка	Средняя Высокая	Польша Основные зоны хлопководства	Мониторинг - IRAC Использование бупрофезина, диафентиурона, пирипроксифена, диафентиурона, пиметрозина
Пиретроиды	Табачная совка	Высокая	США	Чередование фосфорорганических, карбаматных и Bt-препаратов, трансгенный Bt-хлопчатник
	Хлопковая совка	Высокая	США	То же
	Хлопковая совка	Высокая	Австралия	Одна обработка за сезон, трансгенный хлопчатник
	Колорадский жук	Средняя	Польша	Мониторинг - IRAC
	Табачная белокрылка	Высокая	Основные зоны хлопководства	Использование бупрофезина, диафентиурона, лирипроксифена, пиметрозина
Бензил-мочевины	Капустная моль	Средняя	Азиатско-тихоокеан.	Мониторинг, новые инсектициды
Хлор-никотинилы	Сосущие	?		Мониторинг - IRAC
Бензил-гидразиды	Чешуекрылые	?		Мониторинг - IRAC
Препараты на основе Bt	Капустная моль	Высокая	Юго-Восточная Азия, Австралия	Использование паразитоидов в сочетании с Bt
	Хлопковая совка	?	Австралия	Мониторинг - CSIRO
	Табачная совка	?	США	Мониторинг - IRAC
Клофентезин, гекситазокс	Красный плодовой клещ	Средняя	Западная Европа	Смеси с диафентиуроном
Ингибиторы переноса электронов в митохондриях	Обыкновенный паутинный клещ	?	США, Западная Европа, Япония	Рекомендации Ротамстедской станции и IRAC
	Красный плодовой клещ	?	То же	То же

В Западной Европе (в частности в Великобритании) экономическое значение проблема устойчивости приобрела у бахчевой тли (*Aphis gossypii*), табачной белокрылки (*Bemisia tabaci*), западного цветочного трипса (*Frankliniella occidentalis*), персиковой тли (*Myzus persicae*), обыкновенного паутинного клеща (*Tetranychus urticae*), оранжерейной белокрылки (*Trialeurodes vaporariorum*), у которых установлена устойчивость практически ко всем классам известных инсектицидов и акарицидов.

Следует иметь в виду, что трансгенные растения, устойчивые к вредным организмам, например на основе бактериального гена *Bacillus thuringiensis*, подвержены опасности потери устойчивости. В частности, сорта Вt-капусты неэффективны в борьбе с популяциями капустной моли, устойчивыми к Вt-токсину (Табачник, 1994).

На территории СССР резистентность членистоногих к пестицидам впервые была выявлена у паутинного клеща к фосфорорганическим инсектицидам в 1963 г. на хлопчатнике (Иванова, Корнилов, 1964). В течение последующих 10 лет отмечено

развитие резистентности паутинного клеща во всех зонах хлопководства к Би-58, метилмеркаптофосу, нитратиону, антио. В хлопковых агроценозах в 70-е годы выявлено развитие резистентности тлей к Би-58 и фозалону, хлопковой совки к фозалону, тиодану и севину. В 80-х годах отмечено развитие резистентности оранжерейной белокрылки на полях хлопчатника, овощных и кормовых культур к фосфорорганическим и пиретроидным препаратам. В Северо-Кавказском регионе зафиксирована устойчивость хлопковой совки к децису и суми-альфа, колорадского жука - к децису, карате, фастаку, клопа вредной черепашки - к фьюри, арриво, каратэ, в защищенном грунте оранжерейной белокрылки - к актеллику, карбофосу, циперклу, апплауду (Коваленков, 1998).

Обобщение исследований предыдущих лет и материалы IX совещания по резистентности (Санкт-Петербург, 2000 г.) свидетельствуют о том, что за период с 1960 по 2000 г. резистентность к пестицидам была выявлена в популяциях 46 вредителей на важнейших сельскохозяйственных культурах (табл.4).

Таблица 4. Количество вредных объектов, развивших резистентность к пестицидам в странах СНГ в течение 1960-2000 гг. (Сухорученко, 2000)

Объекты	Число видов	Классы пестицидов, преобладающие фитофагами	Членистоногие	Число видов	Классы пестицидов, преобладающие фитофагами
Паутинные клещи	6	Хлорорганические, фосфорорганические, оловоорганические, нитропроизводные	Чешуекрылые	12	Хлорорганические, фосфорорганические, карбаматы, пиретроиды, ингибиторы синтеза хитина
Тли	11	Фосфорорганические, карбаматы, пиретроиды	Листоблошки	1	Пиретроиды
Трипсы	3	Фосфорорганические, пиретроиды	Жесткокрылые	8	Хлорорганические, фосфорорганические, пиретроиды
Белокрылки	3	Фосфорорганические, пиретроиды, ингибиторы синтеза хитина	Полужесткокрылые	2	Фосфорорганические, пиретроиды
Филлоксера		Гексахлорбутадиен			

Разработанная в течение двух последних десятилетий тактика борьбы с резистентностью в странах СНГ базируется на приемах и методах, способствующих снижению токсической нагрузки на сельскохозяйственные культуры: мониторинг токсической нагрузки в популяциях вредных организмов, применение пестицидов с учетом показателей резистентности, сочетание химических пре-

паратов с биологическими и другими нехимическими средствами, координация действий земледельцев и производителей пестицидов.

Хорошим примером комплексного подхода к решению проблемы резистентности служат рекомендации по ее предотвращению у фитофагов к инсектоакарицидам для Северо-Кавказского региона РФ (Коваленков, Тюрина, 1999).

Резистентность к фунгицидам

Развитие устойчивости фитопатогенных грибов к фунгицидам в странах Европы характеризуется данными таблицы 5.

Таблица 5. Развитие устойчивости возбудителей болезней растений к фунгицидам

Год обнаружения*	Класс фунгицидов	Фитопатогены
1964 (40)	Ртутьорганические	<i>Pyrenophora avenae</i>
1970 (2)	Бензимидазолы	<i>Venturia inequalis</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Pseudocercospora</i> <i>Herpotrichoides</i>
1971 (2)	Пиримидины	<i>Sphaeroteca fuliginea</i> <i>Erysipe graminis</i> <i>sp. hordei</i>
1980 (2)	Фениламида	<i>Phythophthora infestans</i> <i>Plasmopara viticola</i>
1982 (5)	Дитиокарбаматы	<i>Botrytis cinerea</i>
1982 (4)	DMI**	<i>Erysipe graminis</i>
1986 (14)	Карбоксанилиды	<i>Ustilago nuda</i>
1994 (34)	Морфолины	<i>Erysipe graminis</i>

*Год обнаружения резистентности и число лет использования препарата до этого момента. **Ингибиторы деметилирования

Устойчивость к фунгицидам у грибов быстрее развивается при преодолении одного возможного места действия препарата в результате одной мутации. Медленнее идет процесс в случае двух и более мест действия, когда резистентность детерминируется несколькими мутациями. Вероятность преодоления 1 места действия (одной мутации) - 10^{-8} , в то время как двух - 10^{-16} . Однако, между временем возникновения устойчивости и механизмом действия не всегда существует прямая зависимость. Ртутьорганические фунгициды не теряли эффективность при широком их использовании в течение 40 лет, оловоорганические - 13 лет.

Уровень устойчивости фитопатогенов

к фунгицидам связан со свойствами вещества и биологическими особенностями вредного организма (таб.6).

Таблица 6. Устойчивость отдельных фитопатогенных грибов к фунгицидам различных классов химических соединений

Класс химических соединений	Степень развития устойчивости	А Б В		
		Низкая Балл 1	Средняя Балл 2	Высокая Балл 3
Бензимидазолы	Высокая Балл 3	3	6	9
Дикарбоксимиды				
Фениламида	-----			
Карбаксимиды	Средняя Балл 2	2	4	6
Ингибиторы деметилирования				
Фосфоротиолаты	Средняя Балл 2	2	4	6
Анилинпиримидины				
Фенилпирролы	Средняя Балл 2	2	4	6
Стробилурины				
Препараты меди	Низкая Балл 1	1	2	3
Дитиокарбаматы				
Ингибиторы меланина	Низкая Балл 1	1	2	3
Фталимида				
Препараты серы	Низкая Балл 1	1	2	3
SAR-индукторы				

А: итпатогены, обитающие на семенах и в почве, глазковая пятнистость зерновых, ржавчина зерновых, пирикулярриоз риса. Б: инхоспориоз ячменя, септориоз пшеницы. В: парша яблона, мучнистая роса зерновых, серая гниль винограда, фитофтороз картофеля, гниль цитрусовых.

Одним из возможных механизмов, сдерживающих развитие устойчивости к металлорганическим фунгицидам, является замедленная проницаемость их к местам действия гриба.

Системные препараты класса морфолинов, действующие на биосинтез стерола в трех системах, сохраняли активность в течение 34 лет при использовании на зерновых и баклажане. Азолы, также действующие на синтез стерола, на гем цитохрома Р 450, а также на 14-адиметилазу, СУР 51, другие Р 450, стерол-22-дисатуразу, СУР61, но проявляя активность по отношению к другим мишеням, обуславливают более быстрое развитие устойчивости. Пробеназол, дей-

ствующий как индуктор системной устойчивости риса (SAR), сохраняет активность при применении в течение 15-20 лет. Аналогичные свойства проявляет индуктор устойчивости SAR - ацибензолар-s-метил. Более 30 лет после введения в производство не теряют устойчивость дикабоксимиды.

Наиболее опасные проблемы устойчивости фитопатогенов связаны с развитием устойчивости возбудителя фитофтороза картофеля в 1980-1990 гг. к фталимидным препаратам, вначале в Ирландии и Голландии, а затем, с 1981 г., и в других странах. Опасность развития резистентности прогнозировалась в отношении возбудителей болезней по отношению к ингибиторам деметилирования (мучнистой росы пшеницы и ячменя по отношению к триадимефону). Мультигенная (множественная генная устойчивость), в отличие от моногенной, к фениламидам и бензимидазолам обуславливает меньшую скорость потери устойчиво-

сти к фунгицидам ингибиторов деметилирования.

Знание свойств фунгицидов, особенностей биологии гриба, а также закономерностей развития устойчивости грибов позволяет обоснованно разрабатывать мероприятия по сдерживанию нежелательного процесса. При решении проблемы предотвращения развития устойчивости в странах Западной Европы предпочтение отдается мероприятиям по применению смесевых препаратов, включая вещества с различным механизмом действия. В России проблема развития устойчивости актуальна для возбудителей болезней зерновых колосовых, технических и плодовых культур в зонах интенсивного применения фунгицидов. Особо обострилась в последние годы проблема устойчивости возбудителя фитофтороза к фталимидным фунгицидам. Состояние с устойчивостью вредных организмов к фунгицидам и варианты антирезистентных технологий представлены в таблице 7.

Таблица 7. Стратегия преодоления резистентности к фунгицидам

Класс фунгицидов	Опасность развития устойчивости	Генетическая природа устойчивости	Стратегия преодоления устойчивости
Бензимидазолы	Высокая	Моногенная	Отказ от использования
Фениламида	Высокая	Моногенная	Ограничение обработок
Ингибиторы деметилирования (DMI)	Средняя	Полигенная	Многолинейные посевы зерновых, обработка яблонь окнами
Морфолины	Средняя	Полигенная	Многолинейные посевы зерновых
Дикабоксимиды	Средняя	Моногенная	Ограничение числа обработок за сезон
Ингибиторы меланина	Низкая	?	Не требуется
Анилинопиримидины	Высокая	Моногенная	Многолинейные сорта, чередование фунгицидов
Пирролы	Средняя	?	Многолинейные сорта, чередование фунгицидов
Стробилурины	Средняя	?	Ограниченное число обработок, чередование фунгицидов

В последние годы с участием химической промышленности под эгидой FRAC для предотвращения развития устойчивости фитопатогенов заблаговременно разрабатываются и рекомендуются мероприятия с учетом классов химических соединений. Как пример, можно привести новую группу фунгицидов - стробилури-

нов, в отношении которых рекомендуются следующие мероприятия: проведение не более 3 обработок; использование стробилуринов для превентивных обработок в нормах, указанных производителем препаратов; применение на площади 30-50% от общей обрабатываемой; проведение не более 2-3 обработок подряд;

разрыв между блоками обработок стробилуринами должен составлять не менее 2 обработок другими препаратами, чере-

дование обработок с учетом выращивания последующих культур (Brent, Hollomon, 1998).

Резистентность к гербицидам

Устойчивость сорных растений к гербицидам физиологически связана со способностью инактивировать их растениями в местах действия гербицида посредством разложения или образования конъюгированных соединений. В последние годы отмечено интенсивное развитие устойчивости сорных растений к гербицидам новых классов высокоизбирательных химических соединений, в частности производных сульфонилмочевин.

Международная группа по изучению сорных растений, устойчивых к гербицидам, в период за 1995-1999 гг. обобщила данные из 60 стран и выявила 222 биотипа сорняков, устойчивых к гербицидам в 45 странах. До 1978 г. отмечена устойчивость сорняков в основном по отношению к гербицидам-производным триазинов. За 1978-1983 гг. отмечено дополнительно 33 новых случая устойчивости биотипов сорных растений к триазинам. В последующие годы интенсивно происходит процесс развития устойчивости сорняков к группе гербицидов ингибиторов фермента ацетолактатсинтазы (ALS) и ацетил кофермент - А - карбоксилазы (ACC). За 1988-1999 гг. было отмечено развитие устойчивости к ингибиторам (ALS) у 52 видов сорных растений, к триазинам - у 14 новых видов.

Количество устойчивых сорняков из 10 наиболее часто встречающихся семейств представлено в таблице 8.

Злаковые сорняки включают 33% устойчивых от общего числа устойчивых видов и 40% устойчивых биотипов, составляя 25% общего количества опасных сорных растений в мире. Данные свидетельствуют о больших возможностях развития устойчивости у этой группы сорняков.

Многие виды сорняков, устойчивые к ингибиторам ацетолактатсинтазы, отмечены в Австралии (*Raphanus raphanistrum*, *Rapistrum rugosum*, *Sisymbrium thellungii*, *Echium plantagineum*), в США

Setaria faberi, *S. lutescens* в севооборотах с кукурузой и соей, *Anthemis cotula* в зернопроизводящих хозяйствах Айдахо, *Sorghum bicolor* в кукурузных севооборотах штата Канзас, *Helianthus annuus* в посевах сои в штате Канзас. Выявлено 6 сорных растений, устойчивых к гербицидам в посевах риса в Японии. Биотипы, устойчивые к гербицидам группы ACC, *Bracharia plantaginea* в Бразилии, *Phalaris paradoxa* в Мексике, *Cardus pinocephalus* в Новой Зеландии и *Galium spurium* в Канаде. Множественную устойчивость к феноксапроп-р-этилу, имазамабензу, триаллату и дифензоквату проявляют биотипы овсяга в Канаде. Отмечено развитие устойчивости *Lolium rigidum* к глифосату в Австралии, *Eleusine indica* - в Малайзии.

Таблица 8. Устойчивость видов сорняков по отдельным семействам растений

Семейства	Устойчивые виды		
	к-во	%	в т.ч. наиболее распространенные в мире, %
Poaceae	48	33	25
Asteraceae	29	20	16
Amaranthaceae	9	6	3
Brassicaceae	9	6	4
Chenopodiaceae	7	5	2
Poligonaceae	6	4	5
Scrophulariaceae	6	4	1
Alismaceae	3	2	1
Cyperaceae	3	2	5
Solanaceae	3	2	2
19 семейств	24	16	16
Всего	147	100	80

Из 147 видов сорных растений 104 имеют устойчивость к одному гербициду, 26 - к двум, 10 - к трем, 2 - к четырем, 4 - к пяти и 1 - к восьми. При этом *Lolium rigidum* развил устойчивость к гербицидам с механизмом действия (согласно классификации FRAK) А, В, С1, С2, F3, G, K1, K3; *Avena fatua* - А, В, K3, N, Z; *Echinochloa crus-galli* - C1, C2, K1, K3, Z;

Eleusine indica - A, B, D, G, K1; *Poa annua* - C1, C2, D, F3; *Alopecurus myosuroides* - A, B, C2, K1; *Conyza canadensis* - B, C1, C2, D. За исключением *Conyza canadensis*, сорняки принадлежат к семейству мятликовых.

Количественные показатели числа сорняков, устойчивых к отдельным классам химических соединений, представле-

ны в таблице 9.

В настоящее время выявлены генетические механизмы устойчивости сорняков к гербицидам. Как следует из таблицы 10, устойчивость большинства сорных растений к гербицидам связана с изменением места действия, генетически - с изменениями ядра (Захаренко, Захаренко, 2000).

Таблица 9. Устойчивость сорных растений к гербицидам

Класс химических соединений	Код FRAC	Пример	Двудольные	Однодольные	Число стран
Триазины	C1	Атразин	42	19	22
Ингибиторы ALS	B	Хлорсульфурон	39	19	14
Бипиридины	D	Паракват	19	7	12
Ингибиторы ACC	A	Диклофоп-метил	0	19	17
Синтетические ауксины	O	2,4-Д	14	3	11
Мочевины/амиды	C2	Хлорогюлурун	6	11	18
Динитроанилины	K1	Трифлуралин	1	6	5
Триазолы	F3	Амитрол	1	3	2
Тиокарбаматы	N	Триаллат	0	3	3
Хлорацетанилиды	K3	Металохлор	0	3	3
Глицины	G	Глифосат	0	2	2
Хлор-карбоновые кислоты	N	Далапон	0	1	1
Органомышьяковые	Z	MSMA	1	0	1
Бензофлураны	N	Этофумезат	0	1	1
Пиразолиумы	Z	Дифензокват	0	1	
Нитрилы	C3	Бромоксинил	1	0	
Итого			124	98	

Таблица 10. Генетические механизмы устойчивости

Класс химических соединений	Вид сорного растения	Механизм устойчивости	Генетическая природа устойчивости
Триазины	Различные	Нарушение места действия	Изменение гена хлоропласта
	Различные	То же	Изменение гена ядра, полудоминантный
Мочевины	<i>Abutilon theophrasti</i>	Изменение метаболизма	Изменение 2-х генов ядра
	<i>Alopecurus myosuroides</i>	То же	Изменение гена ядра, полудоминантный
Арилоксифеноксипропионаты	<i>Avena fatua</i>	Нарушение места действия	То же
Циклогександионы	<i>Lolium rigidum</i>	То же	То же
Сульфонилмочевины	<i>Lactuca seriola</i>	То же	То же
	<i>Kochia scoparia</i>	То же	То же
Имидазолиноны	<i>Xanthium strumarium</i>	То же	То же
Динитроанамины	<i>Setaria viridis</i>	То же	Изменение гена ядра, рецессивный
Бипиридины	<i>Eleusine indica</i>	То же	Изменение нескольких генов ядра
	<i>Cyniza bohariensis</i>	Изменение метаболизма	Изменение гена ядра, доминантный
	<i>Hordeum glaucum</i>	Изменение процесса поглощения (перемещения)	То же
Феноксиксусная кислота	<i>Brassica kaber</i>	Не установлено	Изменение гена ядра, доминантный

Устойчивые биотипы сорняков к гербицидам, ингибиторам ацетолактатсинтазы в последние годы широко распространились в Европе и в США. Европейская группа по изучению устойчивости

сорных растений к гербицидам выделила 6 однодольных и 4 двудольных видов, устойчивые биотипы которых, за исключением *Kochia scoparia*, развиваются на сельхозугодьях (табл.11).

Таблица 11. Состояние развития устойчивости сорных растений к гербицидам

Вид сорного растения	Страна	Число случаев резистенции	Год обнаружения резистенции	Культура	Механизм устойчивости
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Португалия	Более 20	1996	Рис	Нарушение места действия
	Италия	Более 100	1995		
	Испания	2	1997		
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Великобритания	Более 100	1984	Зерновые	Изменение метаболизма
		Более 100	1992		
	Франция	Более 10	1997		
	Бельгия	Более 10	1997		
	Германия	Более 10	1998		
	Голландия	Более 5	1997		
<i>Chrysanthemum segetum</i>	Швеция	1	1997	Зерновые	Нарушение места действия
	Ирландия	1	1997		
<i>Cyperus difformis</i>	Испания	2	1997	Рис	То же
<i>Kochia scoparia</i>	Чехия	2	1998	Обочины железных дорог	?
<i>Lolium rigidum</i>	Испания	1	1997	Зерновые	Изменение метаболизма
	Греция	1	1998		
	Италия	1	1998		
<i>Papaver rhoeas</i>	Испания	Более 20	1993	Зерновые	Нарушение места действия
	Греция	2	1998		
		2	1998		
<i>Scirpus moritimus</i>	Испания	3	1997	Рис	Нарушение места действия
<i>Scirpus macronatus</i>	Италия	Более 100	1995	Рис	То же
<i>Stellaria media</i>	Дания	1	1991	Зерновые	То же
	Швеция	1	1995		
	Ирландия	1	1996		

В последние годы в Европе усилилась устойчивость мака и ряда злаковых сорняков в посевах зерновых колосовых культур и риса. По результатам изучения 53 популяций *A.plantago aquatica* и *S.macronatus* в 1996 и 1997 годах (31 популяция *A.plantago aquatica* и 22 популяции *S.macronatus*) с полей с высокой устойчивостью сорняков к гербицидам ингибиторам ацетолактатсинтазы в лабораторных опытах выявлено три популяции *A.plantago aquatica* и 6 - *S.macronatus*, чувствительные к трехкратным дозам азимсульфурана, бенсульфуран-метила, цинасульфурана, этосксисульфурона и триазолопирами-

динового гербицида - метосулама. В последующем для оценки действия на устойчивые биотипы обоих сорняков проведен опыт с 3 устойчивыми *A.plantago aquatic* и *S.macronatus* 1 чувствительным биотипом *S.macronatus*, которые обрабатывали 2 гербицидами бенсульфуран-метил и метсульфуран в 8 дозах (от 0 до 64-кратной принятой дозы). Выявлен сходный характер устойчивости к гербицидам для обоих сорняков: перекрестная устойчивость для испытуемых препаратов (Захаренко, Захаренко, 2000). Проявляется тенденция повышения устойчивости сорных растений к арилоксифеноксипропионатам и циклогександиенам.

Выявлены из 18 стран почти 20 видов сорных растений, устойчивых к гербицидам. Устойчивость определена в целом для растения, но недостаточно раскрыта на биохимическом уровне. В большинстве случаев ее связывают с модификацией места действия гербицида в устойчивом растении, вызываемого единственным доминантным или полудоминантным ядерным геном. Однако сообщается также об ус-

корении метаболизма молекулы гербицида в результате взаимодействия генов.

Для решения проблемы устойчивости сорных растений предлагается чередование обработок посевов гербицидами с разным механизмом действия. Для этого известные и новые гербициды классифицированы по механизмам действия на чувствительные сорные растения (табл.12).

Таблица 12. Классификация гербицидов по механизму действия согласно HRAC

Группа	Механизм действия	Класс химических соединений и действующее вещество.
A	Ингибиторы ацетил CoA (ACCase)	<i>Арилоксибензоксипропионаты</i> . Клодинофоп-пропаргил, цига-лофоп-бутил, диклофоп-метил, феноксапроп-Р-этил, галоксифоп-Р-метил, пропаквизафоп, гуазилофоп-Р-этил <i>Циклогександиены DIMs</i> . Аллоксидим, бутроксидим, клето-дим, циклокседим, сеток-сидим, тралоксидим
B	Ингибиторы ацетолактатсинтазы	<i>Сульфонил-мочевины</i> . Амидосульфурон, азимсульфурон, бенсульфурон-метил, хлоримурон-этил, хлорсульфурон, метсульфурон-метил, никосульфурон, сульфосульфурон, трифенсульфурон-метил, тиасульфурон, трибенурон-метил, трифлусульфурон-метил <i>Имидазолиноны</i> . Имазамет, имазаметабенз-метил, имазапир, имазетапир <i>Триазолти-римидины</i> . Хлорансулам-метил, диклосулан, флуметсулам, метосулам <i>Пиримидинилтиобензоаты</i> . Биспирибак, пирибензоксим, пиритиобак-Na, пириминобак-метил
C1	Ингибиторы фотосинтеза, системы II	<i>Триазины</i> . Амтерин, атразин, цианазин, десметрин, прометрин, пропазин, симазин, тербуметон, тебутилазин, тербутрин <i>Триазиноны</i> . Гексазион, метамитрон, метрибузин <i>Урацилы</i> . Бромоксинил, ленацил, тербацил <i>Пиридазиноны</i> . Пиразон-хлоридазон <i>Фенилкарбаматы</i> . Десмедифам, фенмедифам
C2	Ингибиторы фотосинтеза, системы II	<i>Мочевины</i> . Хлорбромурон, хлортолурун, хлоркурсорн, димефурон, диурон, флуометурон, изопротурон, линурон, метабензтиазурон, метобромурон, метоксурон, монолинурун, небурон, тебутиурон <i>Амиды</i> . Пропанил
C3	Ингибиторы фотосинтеза, системы II	<i>Нитрилы</i> . Бромоксинил, (также группа M), Иоксинил (также группы M) <i>Бензотиа-диазолы</i> . Бентазон <i>Фенил-пиридазины</i> . Пиридат
D	Разобщители фотосистемы-1	<i>Бипиридилы</i> . Дикват, паракват
E	Ингибиторы протопорфириноген оксидазы (PPO)	<i>Дифениловые эфиры</i> . Ацифлуорфен-Na, аклонифен, бифенокс, флуорогликофен-этил, фомезан, галозан, лактофен, оксифлуорфен
	Ингибиторы протопорфириноген оксидазы (PPO)	<i>Фенилпиразолы</i> . Изопропазол, пирафлуорфен-этил <i>N-фталъимиды</i> . Флумиоксазин, флумиклорак-фенил <i>Тиадиазолы</i> . Флутиацет-метил тиадиазин <i>Оксадиазолы</i> . Оксадиазон, оксадиагрил <i>Тиазолиноны</i> . Карфентразон-этил, сульфентразон <i>Тиазолпиридины</i> . Азафенидин

F1	Ингибиторы биосинтеза каратеноидов на этапе фитон десатуразы	<i>Пирадазины</i> . Норфлуразон <i>Никотин-анилиды</i> . Дифлуфеникан <i>Прочие</i> . Флуридон, флуорохлоридон, флуртамон
F2	Ингибиторы 4-гидроксифенил-пируват-диоксигеназы	<i>Трикетоны</i> . Сулькотрион <i>Изоксазолы</i> . Изоксафлутол <i>Пиразолы</i> . Пиразолинат, пиразоксифен
F3	Ингибиторы биосинтеза каратеноидов с неизвестным местом действия	<i>Триазолы</i> . Амитрол <i>Изоксазоли-дины</i> . Хломазон <i>Мочевинны</i> . Флуметурун (см. С2)
G	Ингибиторы EPST-синтазы	<i>Глицины</i> . Глифосат, сульфосат
H	Ингибиторы глютамин-синтазы	<i>Фософиновая кислота</i> . Глюфозинат-аммония, биалофос-биланафос
I	Ингибиторы дигидроптероатсинтазы	<i>Карбаматы</i> . Асулам
K1	Ингибиторы структуры микротрубочек	<i>Динитро-анилины</i> . Бенефин - бенфлуралин, эталфлуралин, оризалин, пендиметалин, трифлуралин <i>Фосфоро-амидаты</i> . Амипрофос-метил, бутамифос <i>Пиридазины</i> . Дитиопир, тиазопир <i>Бензойная кислота</i> . Хлортальдиметил
K2	Ингибиторы митоза структур микротрубочек	<i>Карбаматы</i> . Хлорофам, профам
K3	Ингибиторы деления клеток	<i>Хлорацет-амиды</i> . Ацетохлор, алахлор, бутлахлор, диметлахлор, диметанамид, метазохлор, метолахлор, прегилахлор, пропахлор, пропизохлор <i>Карбаматы</i> . Карбетамид <i>Ацетамиды</i> . Дифенамид, напропамид <i>Бензамиды</i> . Пропизамид=пронамд, тебутам <i>Оксиацет-амиды</i> . Мефенацет, флутиамид <i>Тетразолины</i> . Фентразамид <i>Прочие</i> . Кафенстол
L	Ингибиторы синтеза клеточных стенок (целлюлозы)	<i>Нитрилы</i> . Дихлобенил, хлортиамид <i>Бензамиды</i> . Изоксабен
M	Разрушители мембран	<i>Динитро-фенолы</i> . Днок, диносеб, диногерб
N	Ингибиторы синтеза липидов (не АССазы)	<i>Тиокарбаматы</i> . Бутилат, циклоат, ЕРТС, эспрокарб, молинат, орбекарб, пебулат, просульфоккарб, тиобенкраб, триаллат, вернолат <i>Фосфоро-дитиоаты</i> . Бенсулид <i>Бензофураны</i> . Этофумезат <i>Хлор-карбоновые кислоты</i> . ТХА, далапон
O	Подобные по действию индолилуксусной кислоте (синтетические ауксины)	<i>Фенокси-карбоновые кислоты</i> . 2,4-Д, 2,4-ДВ, дихлорпроп, МСРВ, мекопроп, СМРР <i>Бензойная кислота</i> . Дикамба <i>Пиридины</i> . Клопиралид <i>Карбоновые кислоты</i> . Флуороксибир, пиклорам, триклопир <i>Хинолин-карбоновые кислоты</i> . Квинлорак, квинмерк <i>Прочие</i> . Беназолин-этил
P	Ингибиторы индолилуксусной кислоты	<i>Фталаматы</i> . Нафгалам <i>Семикарбазоны</i> . Дифензопир-Na
R...		
S...		
Z	Неизвестные	<i>Ариамино-пропионовые кислоты</i> . Флампроп-метил-изопропил <i>Бензиловые эфиры</i> . Дифензокват <i>Ртутьорганические</i> . DSMA, MSMA <i>Прочие</i> . Бромобутил, хлор-флуренол, циметалин, дазомет, диамурун, флупоксам, метам, пеларгониевая кислота

Представленная классификация гербицидов по механизмам действия позволяет целенаправленно формировать планы и заявки на приобретение гербицидов, сокращая до минимума опасность развития устойчивости. Для практической реализации приема чередования обработок разными гербицидами, отличающимися по механизму действия, в Австралии принято в тарных этикетках гербицидов указывать класс химических соединений.

Анализ и обобщение данных свидетельствует о том, что проблема резистентности имеет всеобщий характер,

независимо от используемых пестицидов. Однако характер и уровень ее проявления связаны со свойствами пестицидов и биологическими особенностями растений. Наука предлагает широкий спектр пестицидов, антирезистентные технологии их применения, позволяющие обеспечивать высокую эффективность химического метода. Новые концепции управления вредными организмами и оптимизации фитосанитарного состояния системы позволяют реализовать возможности эффективного и экологически безопасного использования химического метода защиты растений.

Литература

Захаренко В.А. Тенденции изменения потерь урожая сельскохозяйственных культур от вредных организмов в земледелии в условиях реформирования экономики России. /Агрохимия, 3, 1997, с.67-75.

Захаренко А.В., Захаренко В.А. Достижения в области борьбы с сорными растениями (По материалам Брайтонской конференции по сорнякам 1999 г). /Агрохимия, 10, 2000, с.95-106.

Захаренко В.А. Защита растений в третьем тысячелетии (Материалы XIV Международного конгресса по защите растений). /Агрохимия, 4, 2000, с.75-93.

Иванова Н.А., Корнилов В.Г. О привыкании паутинного клеща на хлопчатнике к меркаптофосу. /Труды ВИЗР, 20 (1), 1964, с.12-17.

Коваленков В.Г. Принципы формирования экологизированных систем защиты растений от вредителей, направленных на преодоление резистентности к инсектицидам. Автореф. докт. дисс., М., 1998, 103 с.

Коваленков В.Г., Тюрина Н.М. Рекомендации по предотвращению резистентности фитофагов к инсектоакарицидам (для условий Северо-Кавказского региона). Краснодар, 1999, 16 с.

Соколов М.С. Биологическая защита растений как фактор оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства. /Актуальные вопросы биологизации защиты растений. Пушкино, 2000, с.11-26.

Сухорученко Г.И. Мониторинг, стратегия и

тактика борьбы с резистентностью к пестицидам в странах СНГ (итоги исследований за 90-е годы). /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века, СПб, 2000, с.9-11.

Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды - токсический удар по биосфере и человеку. Наука, М., 1999, 462 с.

Brent K.J., Hollomon D.W. Fungicide resistance: the assessment of risk. FRAC monograph 2, Bristol, 1998 p.48.

Calderoni P. Pesticide industry overview. 1997 by Chemical Economics Handbook-SRI International, 1997, 44 p.

Global Research on the Environmental and Agricultural Nexus for 21-st Century. University of Florida, Okt., 1995, 160 p.

Klingar F., Burth U., Gutsche V. Integrierte Pflanzenschutz. /Workshop Nachhaltige Landwirtschaft 31.05-02.06.1999, Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft, 212, 2000, p.182-234.

Oerke E.C. et al. Crop production and crop protection. Elsevier, 1998, 256 p.

Schmidt R.R. HRAC classification of Herbicides according to mode of action. /The 1997 Brighton Crop Protection Conference - Weeds, p.1133-1139.

Tabachnick B.E. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. /Ann. Rev. Entomol., 39, 1994, p.47-79.

Доклад на IX совещании "Современное состояние проблемы резистентности вредителей, болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века" СПб, 21 декабря 2000 г.

PESTICIDE RESISTANCE IN PESTS AS A MAJOR PROBLEM THROUGHOUT THE WORLD

V.A.Zakharenko

The development and spreading of resistance to pesticides in insects, fungi, weeds and plant disease pathogens are considered. The underlying mechanisms are shown and ways to restrict its spreading and slow down the development of resistance to new pesticides are outlined.

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ К ПЕСТИЦИДАМ - ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX СТОЛЕТИЯ В СТРАНАХ СНГ

Г.И.Сухорученко

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Подведен итог 40-летних исследований по проблеме резистентности в республиках СНГ, где на начало XXI столетия список резистентных к пестицидам видов включает 46 вредных членистоногих (40 насекомых и 6 клещей), 10 фитопатогенов и 6 сорняков на различных сельскохозяйственных культурах. Показано, что наиболее активно процесс развития резистентности протекает в популяциях вредителей. Выявлены многочисленные случаи групповой, перекрестной или множественной резистентности в популяциях большинства экономически значимых вредителей. Рассмотрены стратегия и существующие способы борьбы с резистентностью. Сейчас необходима разработка долгосрочной стратегии ее преодоления, базирующейся на современных представлениях о закономерностях формирования и прогнозирования ее развития с использованием биохимических, молекулярно - генетических и математических методов исследований.

Резистентность вредных организмов к пестицидам - пример микроэволюционных изменений в их популяциях под влиянием токсических веществ. Это была одна из актуальных проблем XX века. Она затрагивает такие жизненно важные сферы деятельности человека, как здравоохранение, сельскохозяйственная практика, производство пестицидов и охрана окружающей среды. Резистентность как проблема, имеющая большое экономическое, экологическое и социальное значение, постоянно находится в поле зрения таких международных организаций, как ВОЗ и ФАО. При этих организациях функционируют специальные комитеты экспертов, которые издают стандартные методы мониторинга резистентности, накапливают базы данных по случаям ее проявления в разных регионах мира, финансируют разработку и применение программ борьбы с нею в популяциях наиболее опасных видов.

В 80 годах при глобальной (всемирной) федерации защиты растений (GCPF) были созданы специальные комитеты по проблеме устойчивости вредных организмов к фунгицидам (FRAC), инсектицидам (IRAC) и гербицидам (HRAC). Эти комитеты организуют мониторинг резистентности и разработку мероприятий по ее преодолению к отдельным группам пестицидов в различных регионах или странах, внедряют их в практику. Полученную информацию по

всем вопросам доводят до производителей пестицидов и сельскохозяйственных работников путем издания специальных журналов, а также через сеть Интернет.

По материалам указанных организаций в мире широко известны факты развития резистентности болезнетворных микроорганизмов, переносчиков трансмиссивных болезней и членистоногих, имеющих ветеринарное и бытовое значение, к средствам борьбы. Однако особенно остро положение с резистентностью складывается на сельскохозяйственных культурах, на которых, по мере внедрения в системы защиты новых пестицидов, постоянно увеличивается число резистентных к ним видов не только вредных членистоногих, но и фитопатогенов, сорняков, грызунов.

Первые случаи проявления резистентности связаны с вредителями сельскохозяйственных культур. Так, в начале XX столетия ее развитие было установлено у калифорнийской щитовки *Aspidiotus perniciosus* Comst. к известково-серному отвару (Melander, 1914), позднее - у красной померанцевой щитовки *Aonidiella aurantii* Mask. к синильной кислоте (Woglum, 1925) и у яблонной плодовой гни *Laspeyresia pomonella* L. к препаратам мышьяка (Hough, 1934). Однако, серьезной проблемой резистентность стала только после появления органических пестицидов в послевоенный период.

В настоящее время по данным мировой статистики она зарегистрирована в популяциях более 500 видов членистоногих (в том числе почти у 300 видов вредителей) к одному или более применяемых в практике токсикантов всех химических классов, включая ингибиторы роста и развития членистоногих (Sparks, Hammock, 1983), микробиологические препараты (ВОЗ, 1988; Tabashnik, 1994) и феромоны (П'Ичев, 1999). При этом в популяциях ряда экономически важных вредителей (колорадский жук *Leptinotarsa decemlineata* Say, хлопковая белокрылка *Bemisia tabaci* Genn, комплекс совок р. *Heliothis*, коричневая рисовая цикадка *Nilaparvata lugens* Stal., листовой египетский червь *Spodoptera littoralis* Boisd. и другие) резистентность достигла "критического уровня", сформировавшись в основных зонах их вредоносности ко всем применяемым средствам борьбы.

В 50 годах появились первые сообщения о развитии резистентности к контактным фунгицидам возбудителей болезней растений (FAO, 1977). Широкое применение системных фунгицидов резко ускорило процесс и сейчас в мире насчитывается около 150 видов фитопатогенов, отдельные формы которых резистентны к 50 современным фунгицидам из классов бензимидазолов, фениламинов, морфолинов, дикарбоксимидов, анилинопиримидинов, пирролов и других (Urech et al., 1997). Развитие резистентности у сорных растений началось в конце 60-х годов (FAO, 1977) и, по материалам брайтонской конференции 1999 г., она отмечается у 147 видов к препаратам из классов триазинов, фенилмочевин, сульфонилмочевин, тиокарбаматов и других (Соколов, 2000). Выявлена также резистентность у 9 видов грызунов к фосфиду цинка и антикоагулянтам (Шилов, 1993).

В нашей стране исследования по данной проблеме координировала комиссия по резистентности при секции химического метода ВАСХНИЛ в соответствии с пятилетними планами Всесоюзной отраслевой программы. Под ее эгидой было проведено 8 совещаний, опубликованы

стандартные методы определения резистентности в популяциях 37 видов членистоногих, разработаны и изданы рекомендации по ее преодолению на различных сельскохозяйственных культурах. Однако после проведения VIII совещания (Уфа, 1992) комиссия по резистентности прекратила свою деятельность, и исследования в этом направлении стали носить фрагментарный характер. Сложная ситуация в сельском хозяйстве последнего десятилетия, обострившая положение с резистентностью ряда опасных объектов на картофеле, зерновых, овощных и плодовых культурах, способствовала восстановлению деятельности комиссии. Была разработана программа исследований по данной проблеме на 1998-2000 гг., в рамках которой в декабре 2000 г. в ВИЗР было проведено IX совещание. Оно подвело итоги исследований за прошедшее десятилетие и наметило приоритетные их направления на последующие годы. Настоящая публикация обобщает материалы изучения и преодоления резистентности вредных организмов к пестицидам на различных сельскохозяйственных культурах в странах СНГ за 1963-2000 гг. с целью разработки новых подходов к управлению этим негативным явлением с учетом накопленного опыта и достижений в области ее изучения последних лет.

Анализ материалов девяти совещаний свидетельствует о том, что развитие резистентности наиболее активно протекало в популяциях вредных членистоногих. За обозреваемый период она была выявлена у 46 вредителей. В динамике это выглядит следующим образом: два вида в 60-х годах, 18 видов - в 70-х, 36 видов - в 80-х, 40 видов - в 90-х годах и 46 видов - в конце столетия (рис.1). Следует отметить, что резистентностью охвачено большинство ключевых вредителей независимо от их систематической принадлежности на 16 сельскохозяйственных культурах и в хранящемся зерне. Это 6 видов клещей, 11 видов тлей, 12 видов чешуекрылых, 8 видов жесткокрылых, 3 вида трипсов, 3 вида белокрылок, 2 вида клопов и 1 вид медяниц.

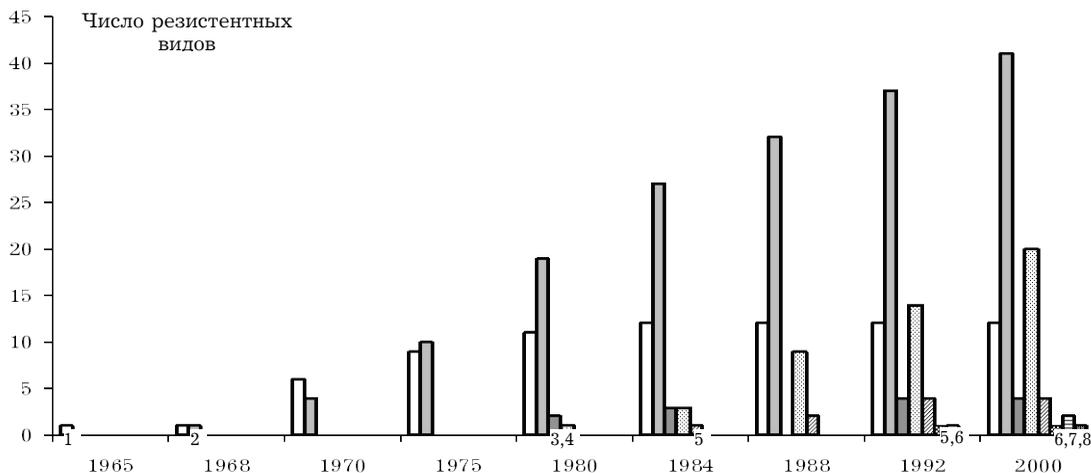


Рис.1. Развитие резистентности к препаратам отдельных химических классов в популяциях вредных членистоногих

Хлорорганические соединения (1), фосфорорганические соединения (2), карбаматы (3), пиретроиды (4), динитропроизводные (5), оловоорганические соединения (6), ингибиторы синтеза хитина (7), ювеноиды (8)

Рассматривая отдельные группы препаратов, к которым развивалась резистентность, необходимо отметить, что ее формирование в популяциях различных видов вредителей протекало сначала к препаратам одного химического класса, потом другого и так далее, по мере возрастания их токсического воздействия на агроценозы. Впервые она была зарегистрирована в 1963 г. у обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch. на хлопчатнике в Узбекистане к меркаптофосу спустя 3 года после его интенсивного использования на этой культуре против комплекса фитофагов (Иванова, Корнилов, 1964). Высокая кратность обработок хлопчатника фосфорорганическими инсектоакарицидами (8-11 за сезон) в 60-х годах привела к формированию групповой резистентности к ним в популяциях обыкновенного паутинного клеща в основных зонах хлопководства Узбекистана и Таджикистана (Смирнова и др., 1972) и ее развитию у хлопковых тлей (Иванова, 1975).

Аналогичная ситуация складывалась в популяциях сосущих вредителей культур закрытого грунта в Северо-Западном регионе (Корнилов, Зыкина, 1979). В 70-х

годах резистентность к фосфорорганическим соединениям отмечалась в популяциях 11 видов вредных членистоногих (рис.2).

В середине 60-х годов в результате интенсивного применения ДДТ в плодовом саду зарегистрирован первый случай формирования резистентности к нему в крымской популяции яблонной плодовой жоржки (Толстова, 1968). В 70-х годах наблюдалось ее развитие не только к ДДТ, но и к другим хлорорганическим препаратам в популяциях 12 видов вредителей на хлопчатнике, люцерне, картофеле, сахарной свекле, капусте, в плодовом саду и на виноградной лозе (рис.2). Однако в 80-х годах проблема резистентности к хлорорганическим соединениям утрачивает свою актуальность в связи с запрещением использования ДДТ, ГХЦГ, кельтана, хлорированных пиненов и камфенов, а также большинства препаратов диенового синтеза.

Последующие два десятилетия характеризуются быстрым ростом числа резистентных видов к фосфорорганическим препаратам, карбаматам, пиретроидам, отдельным специфическим акарицидам, а также ингибиторам роста и развития

членистоногих. В итоге за 37-летний период формирование резистентности было зафиксировано: к хлороорганическим соединениям - в популяциях 12 видов, к фосфорорганическим - 41 вида, к пиретроидам - 20 видов, к карбаматам - 4 видов, к динитрофенольным акарицидам - 4 видов, к оловоорганическому акарициду пликтрану - 1 вида, к ингибиторам синтеза хитина - 3 видов, к ювеноиду инсегару - 1 вида (рис.1).

Наиболее остро положение с резистентностью складывалось на хлопчатнике, яблоне и культурах закрытого

грунта (огурец, томат), на которых экономически значимыми вредителями являются различные виды клещей, тлей, трипсов, белокрылок, обладающих высоким биотическим потенциалом размножения, дающих большое число генераций за год и образующих обширные популяции, в связи с чем кратность обработок пестицидами этих агроценозов высока. В итоге за рассматриваемый период резистентность к применяемым пестицидам на указанных культурах сформировалась в популяциях 8, 11 и 9 видов вредных членистоногих соответственно (табл.1).

Таблица 1. Случаи резистентности к пестицидам в популяциях вредителей сельскохозяйственных культур в республиках СНГ (результаты мониторинга 1963-2000 гг.)

Вид	Культура	Регион	Пестицид
Паутинные клещи (Acariformes: Tetranychidae)			
Обыкновенный клещ паутинный <i>Tetranychus urticae</i> Koch.	Хлопчатник	Таджикистан	ФОС, изофен, кельтан, пликтран
	Яблоня	Узбекистан, Азербайджан Краснодарский край, Украина	ФОС ФОС, кельтан, изофен
	Культуры закрытого грунта	Россия, Украина, Латвия, Армения	ФОС, кельтан
	Арбуз	Армения	ФОС
Красный плодовой клещ <i>Panonychus ulmi</i> Koch.	Яблоня	Краснодарский край Грузия Украина (Крым) Украина (Запорожская обл.)	ФОС, кельтан ФОС, кельтан, изофен ФОС, кельтан, изофен ФОС, кельтан
Боярышниковый клещ <i>Tetranychus viennensis</i> Zacher.	Яблоня	Краснодарский край Грузия Азербайджан Украина (Крым, Запорожье)	ФОС ФОС, кельтан ФОС ФОС, кельтан
Туркестанский клещ <i>Tetranychus turkestanicus</i> Ug.&Nik.	Хлопчатник	Южный Таджикистан	ФОС
Цитрусовый клещ <i>Panonychus citri</i> Meg.	Апельсин, лимон, мандарин	Грузия (Картли, Абхазия, Гурия)	ФОС
Садовый клещ <i>Schizotetranychus pruni</i> Oudms.	Яблоня	Украина	ФОС, кельтан
Настоящие тли (Homoptera: Aphidoidea)			
Бахчевая тля <i>Aphis gossypii</i> Glov.	Хлопчатник	Таджикистан Узбекистан	ФОС, пиретроиды ФОС, пиримор
	Арбуз	Грузия, Армения	ФОС
	Огурец закрытого грунта	Дагестан, Ставропольский край, Ленинградская, Московская обл.,	ФОС, пиретроиды
Большая хлопковая тля <i>Asyrthosiphon gossypii</i> Mordv.	Хлопчатник	Таджикистан	ФОС

Персиковая тля <i>Myzus persicae</i> Sulz.	Овощные и декоративные культуры закрытого грунта	Ставропольский край, Ленинградская, Московская обл.	ФОС, пиретроиды
Хмелевая тля <i>Phorodon humuli</i> Schrank.	Хмель	Украина	ФОС
Капустная тля <i>Brevicoryne brassicae</i> L.	Капуста	Ставропольский край	ФОС
Черемуховая тля <i>Rhopalosiphum padi</i> L.	Пшеница	Краснодарский край, Украина (Запорожская, Херсонская обл.)	ФОС, пиретроиды
Обыкновенная злаковая тля <i>Schizaphis graminum</i> Rond.	Пшеница	Украина (Херсонская и Запорожская обл.)	ФОС, пиретроиды
Большая злаковая тля <i>Sitobion avenae</i> F.	Пшеница	Украина (Херсонская и Запорожская обл.)	ФОС, пиретроиды
Обыкновенная картофельная тля <i>Aulacorthum solani</i> Kaalt.	Овощные культуры закрытого грунта	Ставропольский край, Украина (Крым), Латвия	ФОС
Большая картофельная тля <i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thom.	Овощные культуры закрытого грунта	Ставропольский край, Украина (Крым), Латвия	ФОС

Филлоксеры (Homoptera: Phylloxeridae)

Виноградная филлоксера <i>Vitens vitifolii</i> Fitch.	Виноград	Украина (Крым)	Гексахлорбутадиен
--	----------	----------------	-------------------

Листоблошки (Homoptera: Psyllidae)

Грушевая медяница <i>Psylla pyri</i> L.	Груша	Краснодарский край, Ростовская обл.	ФОС, пиретроиды
--	-------	-------------------------------------	-----------------

Белокрылки (Homoptera: Aleyrodidae)

Оранжевая белокрылка <i>Trialeurodes vaporariorum</i> Wstw.	Овощные культуры закрытого грунта	Россия, Узбекистан, Украина, Грузия, Армения	ФОС, пиретроиды, тиодан, апплауд
Табачная белокрылка <i>Trialeurodes tabaci</i> Genn.	Хлопчатник	Узбекистан, Таджикистан	ФОС, пиретроиды
Цитрусовая белокрылка <i>Dialeurodes citri</i> Riley&How.	Хлопчатник	Туркмения	ФОС, пиретроиды, апплауд
	Лимон, мандарин	Западная Грузия	ФОС

Трипсы (Thysanoptera: Thripidae)

Табачный трипс <i>Thrips tabaci</i> L.	Люцерна	Узбекистан	ФОС
	Овощные культуры закрытого грунта	Северо-Западный регион, Украина (Крым), Латвия	ФОС, пиретроиды
Оранжевый трипс <i>Hemiothrips haemorrhoidalis</i> Bouche.	Овощные культуры закрытого грунта	Северо-Западный регион, Украина (Крым), Латвия	ФОС, пиретроиды
Западный цветочный трипс <i>Frankliniella occidentalis</i> Perg.	Овощные культуры	Северо-Западный регион	ФОС, пиретроиды

Полужесткокрылые (Hemiptera)

Вредная черепашка <i>Eurygaster integriseptus</i> Put.	Пшеница	Северный Кавказ	ФОС, пиретроиды
Полевой клоп <i>Lygus pratensis</i> L.	Люцерна	Узбекистан	ФОС
	Хлопчатник	Узбекистан	ФОС
		Таджикистан	ФОС, пиретроиды

Чешуекрылые (Lepidoptera)

Хлопковая совка <i>Heliothis armigera</i> Hbn.	Хлопчатник	Таджикистан, Азербайджан	ФОС, пиретроиды, ДДТ, севин
Яблонная плодожорка <i>Laspeyresia pomonella</i> L.	Томат Яблоня	Ставропольский край Краснодарский край	ФОС, пиретроиды ДДТ, ФОС, пиретроиды, инсегар
		Ставропольский край Ростовская обл. Воронежская обл. Украина (Крым), Молдавия (Закарпатье)	ФОС, пиретроиды ФОС, пиретроиды ФОС ДДТ, ФОС
Розанная листовертка <i>Archips rosana</i> L.	Яблоня	Краснодарский край, Украина (Крым)	ФОС, пиретроиды
Всеядная листовертка <i>Archips podana</i> Sch.	Яблоня	Закарпатье	ФОС, пиретроиды
Пестрозолотистая листовертка <i>Archips xyloteana</i> L.	Яблоня	Краснодарский край	ФОС, пиретроиды
Кривоусая ивовая листовертка <i>Pandemis heparana</i> Den.& Schiff	Яблоня	Краснодарский край	ФОС
Сетчатая листовертка <i>Adoxophyes reticulana</i> Hbn.	Яблоня	Закарпатье	ФОС, пиретроиды
Гроздевая листовертка <i>Lo- besia botrana</i> Den.&Schiff.	Виноград	Армения	ДДТ
Капустная белянка <i>Pieris brassicae</i> L.	Семенники крестоцветных	Ленинградская обл.	ДДТ, ГХЦГ, ФОС
Репная белянка <i>Pieris rapae</i> L.	Семенники крестоцветных	Ленинградская обл.	ДДТ, ГХЦГ, ФОС
Капустная моль <i>Plutella maculipennis</i> Curt.	Семенники крестоцветных	Ленинградская обл.	ДДТ, ГХЦГ, ФОС
Люцерновая совка <i>Heliothis virescens</i> Hufn.	Соя	Краснодарский край	ФОС, пиретроиды

Жесткокрылые (Coleoptera)

Колорадский жук <i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say.	Картофель	Зоны картофелеводства России, Таджикистана, Узбекистана Белоруссия, Украина	ФОС, пиретроиды ДДТ, полихлорпи- нен, ФОС, пиретрои- ды
Свекловичный долгоносик <i>Bothynoderes punctiventris</i> Germ.	Сахарная свекла	Краснодарский край, Украина,	Хлороорганические
Фитономус <i>Phytonomus variabilis</i> Hrbst.	Люцерна	Туркмения Армения	ГХЦГ ГХЦГ, ФОС
Светлоногая блошка <i>Phyllotreta nemorum</i> L.	Семенники крестоцветных	Ленинградская обл.	ФОС
Волнистая блошка <i>Phyllotreta undulata</i> Kutsch.	Семенники крестоцветных	Ленинградская обл.	ФОС
Амбарный долгоносик <i>Sitophilus granaries</i> L.	Запасы зерна	Украина	ФОС
Амбарный рисовый долго- носик <i>Sitophilus oryzae</i> L.	Запасы зерна	Украина	ФОС
Булавоусый мучной хрущак <i>Tribolium castaneum</i> Hbst.	Запасы зерна	Украина	ФОС

Как следует из материалов таблицы 1, интенсивное применение пестицидов различных химических классов на отдельных культурах привело к индукции еще одного типа резистентности - множественной. Она развивается в популяциях вредных членистоногих, если токсиканты разного механизма действия параллельно селекционируют мутации, ответственные за ее формирование к каждому из них. В итоге для практики теряются сразу несколько групп препаратов. Множественная резистентность к хлор-, фосфорорганическим, карбаматным и пиретроидным инсектицидам была выявлена в популяции хлопковой совки из Южного Таджикистана (Сухорученко, 1996) или к фосфорорганическим инсектицидам, пиретроидам и ингибиторам роста и развития насекомых в популяциях яблонной плодовой мушки в Краснодарском крае (Сазонов и др., 1997), тепличной белокрылки и персиковой тли в Ставропольском крае (Коваленков, 2000) и Узбекистане (Ходжаев, Хакимов, см. наст. сборник), персиковой тли и западного цветочного трипса в Северо-Западном регионе РФ (Иванова и др., 2000).

В последнее десятилетие наблюдается значительное расширение ареала резистентных популяций у ряда видов вредных членистоногих. Это положение может быть проиллюстрировано на примере колорадского жука, который благодаря высоким адаптивным свойствам быстро развивает резистентность к инсектицидам. Начало ее формирования к хлорорганическим соединениям датируется концом 60-х годов в закарпатской популяции вредителя (Борсук, Когосова, 1970). В конце 70 годов резистентностью жука к препаратам этой группы (ДДТ, полихлорпину, дилору) были охвачены основные зоны картофелеводства Украины и Белоруссии (Быховец, 1978; Санин, Борсук, 1979). В этот же период в ряде областей Белоруссии и Украины, а также в отдельных хозяйствах Краснодарского края началось формирование его резистентности к хлорофосу, интенсивно используемому в качестве заменителя ДДТ (Санин и др., 1980; Быхо-

вец, 1982). В 80-х годах ареал резистентных к фосфорорганическим препаратам популяций колорадского жука расширился за счет Молдавии (Сазонова и др., 1988) и Московской области (Перегуда и др., 1988).

В середине 80 годов был отмечен единственный случай развития резистентности колорадского жука к перметрину в Крымском районе Краснодарского края (Неделькина и др., 1987), а через десять лет групповой резистентностью к пиретроидам были охвачены его популяции в основных зонах картофелеводства РФ (Васильева, 2000; Вошедский и др., 2000; Коваленков, Тюрина, 2000; Леонтьева и др., 2000; Сухорученко и др., 2000; Яковлева и др., 2000), Белоруссии (Быховец, 2000), Северного Таджикистана (Кахаров, Сухорученко, 2000) и Узбекистана (устное сообщение Ш.Ходжаева, УзНИИЗР). Столь быстрое распространение резистентности к пиретроидам в популяциях вредителя можно объяснить накоплением в них мутаций с механизмом Kdr в результате интенсивного применения сначала хлорорганических, потом пиретроидных соединений, который определяет ее формирование к препаратам обоих классов.

Необходимо отметить большое варьирование показателей этой резистентности (табл.2), что объясняет существенные различия в биологической эффективности пиретроидов как в отдельных регионах, так и в пределах одного региона или области. Низкая эффективность инсектицидов в южных районах ведет к увеличению кратности обработок и дальнейшему росту показателей резистентности. Чувствительность вредителя к применяемым инсектицидам пока сохраняется в Северо-Западном регионе и Поволжье, но и там отмечается начальный этап формирования резистентности на посадках картофеля в индивидуальных хозяйствах (Иванов, 2000). На фоне групповой резистентности к пиретроидам наблюдается ее развитие к фосфорорганическим инсектицидам в отдельных популяциях вредителя в Ростовской области и Ставропольском крае (Коваленков и

др.,2000; Сухорученко,Долженко,2000).

Таблица 2. Ареал резистентных популяций колорадского жука к пиретроидам в РФ,2000 г.

Резистентность	Республика, край, область,	Денис	Карате	Суми-альфа	Фастак	Фьюри
Высокая (51-500×ПР)	Башкортостан	+	+		+	
	Краснодарский	+				
	Ставропольский	+	+	+	+	+
	Белгородская			+		+
	Владимирская	+				
	Московская	+				
Средняя (11-50×ПР)	Пензенская	+				
	Ростовская	+	+	+	+	+
	Краснодарский	+				
	Ставропольский	+	+		+	+
	Белгородская			+		+
	Брянская	+	+			
	Владимирская	+	+			
	Воронежская	+				
	Московская	+				
	Рязанская	+	+	+	+	
Толерантность (3-10×ПР)	Пензенская	+	+			
	Ростовская	+				
	Белгородская	+			+	+
	Московская		+			
	Нижегородская	+		+		
Отсутствует (до 2×ПР)	Ленинградская	+	+	+		+
	Московская	+	+			
	Пензенская	+	+			
	Нижегородская	+	+	+	+	+
	Саратовская	+	+	+	+	+

Значительное расширение ареала резистентных к различным инсектицидам популяций наблюдается и у яблонной плодожорки. Если в 70-х годах ее толерантность к ДДТ была выявлена в Крыму, Закарпатье и Молдавии (Толстова,1979), то в последнее десятилетие резистентные уже к ФОС и пиретроидам популяции вредителя появились в Краснодарском крае, Ростовской и Воронежской областях (Буркова и др.,2000; Колесова,Чмырь,2000). Подобная ситуация складывается и с плодовыми клещами, резистентность которых к применяемым акарицидам ранее фиксировалась в

Крыму и Азербайджане, а в настоящее время - в Краснодарском крае и Ростовской области (Буркова и др.,2000; Черкезова,2000). Отмечены также случаи формирования резистентности к пиретроидам в популяциях отдельных вредителей на других культурах, например хлопковой совки на томате в Ставропольском крае (Коваленков,2000) или персиковой тли на картофеле в Белоруссии (Жукова,2000).

Отдельно необходимо остановиться на вредной черепашке, в популяциях которой в настоящее время на Северном Кавказе наблюдается формирование групповой резистентности к пиретроидам. Резистентные к децису, карате, суми-альфа, арриво, фьюри, циткору и кинмиксу популяции выявлены в 14 районах, расположенных во всех почвенно-климатических зонах возделывания озимой пшеницы Ростовской области, 3 районах Ставропольского края и 9 районах Краснодарского края (Вошедский и др., 2000а; Долженко,Сухорученко,2000; Чекалова,2000). Показатели этой резистентности к отдельным препаратам колеблются от низких (1.5-10х) до средних (11-50х) или высоких (более 50х), что связано с разной интенсивностью использования отдельных препаратов в том или ином районе. В результате наблюдаются существенные различия в показателях эффективности используемых средств борьбы.

Так, по данным ВИЗР, в 3 южных районах Ростовской области (Сальский, Целинский, Песчанокоспский) наблюдается развитие резистентности вредителя к децису (табл.3).

Установлены средние ее показатели (29-60х), при которых имеет место некоторое снижение эффективности инсектицида, но она еще достаточна, так как полученные величины СК₉₅ меньше величины его производственной концентрации. На этом фоне развились высокие уровни резистентности к кинмиксу и суми-альфа (72-220х), в связи с чем их эффективность в борьбе с вредителем утрачена. Эти же популяции резистентны к аналогу Би-58 данадиму. Однако сочетание циткора или суми-альфа с да-

надимом обеспечивало высокий защитный эффект в течение 14 суток после обработки. Вместе с тем все три популяции вредителя чувствительны к фьюри, который последнее время не применяли

в борьбе с данным объектом, и его эффективность при шиком производственном использовании в хозяйствах южной зоны находится на высоком уровне (табл.4).

Таблица 3. Токсичность современных инсектицидов для вредной черепашки
Ростовская область, июнь 2000

Инсектицид	Норма расхода препарата, л,кг/га	Производственная концентрация по д.в. (из расчета 300 л/га)	Показатели токсичности для личинок, % д.в.		ПР	Степень различий СК ₉₅ с производственной концентрацией
			СК ₅₀	СК ₉₅		
<u>Сальский район</u>						
Децис 25 КЭ	0.25	0.00208	0.0000255	0.0000923	50.0	0.044
Данадим 400 КЭ	1.5	0.2	0.0102	0.09	10.2	0.45
Кинмикс 50 СК	0.3	0.005	0.0047	0.05	-	>10
Суми-альфа 50 КЭ	0.25	0.00417	0.00022	0.000516	220	0.124
Фьюри 100 КЭ	0.1	0.0033	0.000005	0.00006	9.8	0.017
<u>Целинский район</u>						
Децис 25 КЭ	0.25	0.00208	0.0000146	0.0000448	29.2	0.022
Данадим 400 КЭ	1.5	0.2	0.0125	0.0344	12.8	0.172
Кинмикс 50 СК	0.3	0.005	0.005	0.05	-	>10
Суми-альфа 50 КЭ	0.25	0.00417	0.0000717	0.000401	71.7	0.096
Фьюри 100 КЭ	0.1	0.0033	0.0000032	0.00043	7.3	0.124
<u>Песчанокопский район</u>						
Децис 25 КЭ	0.25	0.00208	0.0000301	0.0000865	60.2	0.042
Данадим 400 КЭ	1.5	0.2	0.0468	0.207	46.8	1.04
Кинмикс 50 СК	0.3	0.005	0.005	0.05	-	>10
Суми-альфа 50 КЭ	0.25	0.00417	0.000172	0.000510	172	0.122
Фьюри 100 КЭ	0.1	0.0033	0.0000041	0.000085	5.1	0.026

Следует подчеркнуть, что вредная черепашка в силу своих биологических особенностей (моновольтинность, связь с дикорастущими злаками и развитие на зерновых колосовых, не подвергающихся ежегодным обработкам, дальность миграций, перемешивание популяций) относится к видам с медленным развитием резистентности. Это объясняет факт начала формирования резистентности к инсектицидам в ее популяциях только во второй половине 90-х годов несмотря на то, что пшеница на протяжении ряда десятилетий подвергалась широкомасштабным обработкам пестицидами разных химических классов. По-видимому, замена длительно применявшихся хлорорганических инсектицидов на хлорофос, метафос, метатион и другие фосфорорганические токсиканты предотвратила развитие резистентности к препара-

там ДДТ, но не уничтожила полностью мутации, ответственные за ее формирование как к этому инсектициду, так и к пиретроидам.

В то же время под влиянием фосфорорганических инсектицидов стали отбираться мутации, определяющие развитие резистентности к ним самим. Постепенное накопление отобранных мутаций в популяциях вредителя в результате интенсивного использования в последнее десятилетие как пиретроидов, так и ФОС создало базу для быстрого формирования резистентности к ним на Северном Кавказе. Это свидетельствует о необходимости разработки специальной тактики использования инсектицидов, которая должна препятствовать дальнейшему распространению резистентных к применяемым препаратам генотипов в другие области и регионы.

Таблица 4. Биологическая эффективность фьюри 100 ВЭ и арриво 250 КЭ в борьбе с вредной черепашкой в Ростовской области (2000 г.)

Варианты опыта (инсектицид)	Норма расхода, л/га	Численность, экз/м ²				Снижение численности по суткам после обработки, %		
		до обра-ботки	по суткам после обработки			3	7	14
Целинский район, ОАО "Михайловское" (10.06)								
Фьюри 100 ВЭ	0.1	26.0	0.5	0.5	0.25	98.1	98.1	99.1
Арриво 250 КЭ	0.2	28.5	0.5	1.0	0	98.2	96.4	100
Суми-альфа 50 КЭ + Данадим 400 КЭ	0.12+0.6 5	33.5	0	3.5	1.0	100	89.5	97.0
Сальский район, ОАО "Сеятель" (10.06)								
Фьюри 100 ВЭ	0.1	19.0	0	0.25	0.25	100	98.7	98.7
Арриво 250 КЭ	0.2	22.0	0	0	0	100	100	100
Суми-альфа 50 КЭ + Данадим 400 КЭ	0.18+0.2 4	19.5	0	0	0	100	100	100
Сальский район, СПК им. Ангельева (11.06)								
Фьюри 100 ВЭ	0.1	11.0	0	0.5	0.5	100	99.3	95.5
Арриво 250 КЭ	0.2	12.0	0.5	0	0	84.4	100	100
Контроль	-	15.0	4.0	6.5	14.0	-	-	-

Вместе с тем отмечены случаи реверсии или торможения развития резистентности в популяциях вредителей хлопчатника и персиковой тли на табаке в Таджикистане, плодовых клещей и тлей на Украине, вредителей табака в Краснодарском крае и возбудителя фитофтороза в Белоруссии в результате резкого сокращения объемов использования пестицидов по экономическим причинам (Иванюк, Авдей, 2000; Манько, Бласова, 2000; Секун, 2000; Сухорученко, Кахаров, 2000; Сухорученко и др., 2000а; Филипчук, 2000).

Первые случаи развития резистентности фитопатогенов к фунгицидам были выявлены у нас в начале 70-х годов у двух возбудителей мучнистой росы огурца *Spherotheca fuliginea* Poll. и *Erysiphe cichoracearum* DC. и у возбудителя мучнистой росы пшеницы *Erysiphe graminis* DC. к беномилу и топсину М в оранжевых условиях, у возбудителей пирикулярноз риса *Pyricularia oryzae* Br.&Cav. к ридициду-П и серой гнили земляники *Botrytis cinerea* Fr. к беномилу (Кобахидзе и др., 1980; Гольшин и др., 1980). В конце 80-х годов во всех зонах товарного производства картофеля РФ и Белоруссии отмечено развитие резистентности возбудителя фитофтороза картофеля *Phytophthora infestans* de Bary к ридомилу и другим фениламидам

(Воробьева, Шемякина, 1988; Барыбкина, 1992; Мелоян, 1992), а также возбудителей фузариоза колоса пшеницы *Fusarium* sp. в Краснодарском крае и фузариозного увядания гвоздики *Fusarium oxysporum* (Schlech) Snyd. et Hans. в теплицах Московской области к бензимидазолам (Быстрицкая, 1984; Жалиева, 2000) (рис.2).

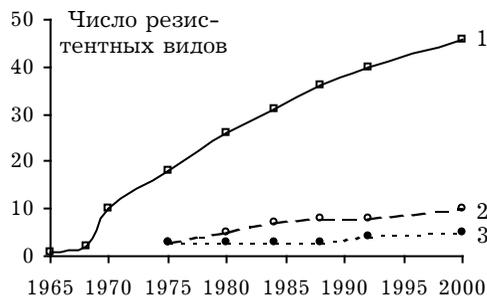


Рис.2. Динамика резистентности к пестицидам в популяциях вредных организмов на основных сельскохозяйственных культурах 1-инсектициды, 2-фунгициды, 3-гербициды

В 2000 г. этот список пополнился резистентными формами возбудителя снежной плесени озимой ржи *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. к фундазолу в Белоруссии и мучнистой росы роз *Sphaerotheca pannosa* Wallr. к триазолам в Ленинградской области (Буга и др., 2000; Гришечкина, 2000). Таким образом, за 25-летний

период резистентные формы были выявлены у 10 видов фитопатогенов (рис.2) к фунгицидам 4 химических классов на 8 культурах в тепличных и полевых условиях.

Наиболее слабо формирование резистентности протекает в сообществах сорных растений. За период с 1975 по 2000 г. она была выявлена в популяциях 6 видов сорняков к гербицидам двух химических классов. Это щирица колосистая *Amaranthus retroflexus* L., марь белая *Chenopodium album* L., ежовник обыкновенный *Echinochloa crus galli* (L.) Beauv. и мятлик однолетний *Poa annua* L. на отдельных посевах кукурузы в монокультуре в Ростовской области (Кодратенко, 1992) и росичка кроваво-красная *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. на сое в Амурской области (устное сообщение Ю.Я.Спиридонова, ВНИИФ), развившие резистентность к триазинам, а также резистентные к пивоту биотипы чистеца обыкновенного *Stachys annua* L. на посевах гороха в Воронежской области (Хрюкина и др., 2000) и на сое в Амурской области (устное сообщение Ю.Я.Спиридонова). В остальных случаях наблюдается смена видового состава и рост плотности сорняков, обладающих природной устойчивостью к препаратам тех или иных химических групп.

Преобразование чувствительных популяций вредных организмов в резистентные происходит в результате их генотипических изменений под селективным действием пестицидов, поэтому современная стратегия борьбы с резистентностью базируется на подходах, максимально способствующих снижению токсической нагрузки на агроценозы при сохранении эффективности защитных мероприятий на удовлетворяющем нас уровне. Это достигается такими способами использования пестицидов в существующих системах защиты сельскохозяйственных культур, как замена теряющего эффективность препарата на более токсичный, применение смесей, ротация (чередование) токсикантов разного механизма действия, переход на альтерна-

тивный метод борьбы (устойчивые сорта, биологический, генетический, дезориентация с помощью феромонов и т.д.) или интегрированный. Использование того или иного приема или метода диктуется, в первую очередь, возможностями производителей сельскохозяйственной продукции. В республиках бывшего СССР наиболее широко применяли первые три приема. На их выбор влияет также этап развития резистентности. Так, при низких ее показателях наиболее эффективна замена препарата или применение смесей, при средних - ротация препаратов, при высоких, особенно при наличии групповой или множественной резистентности - переход на другой метод борьбы.

Однако независимо от выбранного способа борьбы обязательным является соблюдение следующих условий, способствующих упорядочению химических обработок. Прежде всего, их проведение по экономическим порогам вредоносности на отдельных полях или локально (по краям полей, отдельных очагов или полос). В итоге сокращаются размеры обрабатываемых площадей и, соответственно, размеры популяций, попадающих под обработки, и сохраняется естественная полезная энтомофауна, регулирующая численность вредных членистоногих, что замедляет скорость отбора резистентных особей в их популяциях. Этому способствует также применение пестицидов с учетом показателей чувствительности (или резистентности) к ним вредных объектов для своевременного исключения теряющего эффективность препарата из системы борьбы на данной культуре.

Наиболее широко применяемым в мировой практике приемом борьбы с резистентностью является замена теряющего эффективность препарата, к которому развилась резистентность, на более токсичный, желателно другого механизма действия. Так, фосфорорганические препараты, к которым у нас в 60-70-х годах сформировались высокорезистентные популяции паутиных клещей, тлей, трипсов, чешуекрылых и других вреди-

телей на различных культурах, были заменены специфическими акарицидами, карбатами и пиретроидами. В настоящее время в борьбе с резистентными уже к пиретроидам популяциями колорадского жука, вредной черепашки, вредителей овощных и плодовых культур эффективными неоникотиноидами, фенилпиразолами, авермектины, ингибиторы роста и развития (Буркова и др.,2000; Быховец,2000; Долженко,2000; Колесова,Чмырь,2000; Мешков и др.,2000). Однако при выборе препарата-заменителя необходимо руководствоваться знанием возможности развития к нему кросс-резистентности, подготовленной всей историей применения пестицидов на данной культуре.

Использование смесей токсикантов разного механизма или способа действия предполагает, что механизмы резистентности к каждому компоненту отличаются и встречаются с такой частотой в популяции, что не могут сочетаться в одном индивидууме. В результате этого организмы, выжившие после одного токсиканта, будут убиваться другим. Например, в борьбе с резистентностью возбудителя фитофтороза картофеля к ридомилу эффективны смеси системных и контактных фунгицидов (Супрун,Козловский,1988; Воробьева и др.,1992). Против резистентных к ФОС популяций вредителей рекомендованы смеси фосфорорганических и пиретроидных или двух пиретроидных инсектицидов (Коваленков,Тюрина,2000; Секун,2000). Однако этот прием дает лишь временное решение проблемы и может привести к формированию резистентности к обоим компонентам смеси. Дело в том, что большинство агроценозов длительное время подвергалось воздействию пестицидов разных химических классов и фитосанитарного назначения, в связи с чем частота мутаций с несколькими механизмами резистентности к ним довольно высока в популяциях отдельных видов вредителей. Более оправдано в данном случае использование смесевых препаратов на основе различных инсектицидов с ингибиторами ферментатив-

ных систем вредных организмов. Так, показана высокая эффективность смесевых препаратов на основе перметрина, циперметрина и фенвалерата с фосфорорганическими ингибиторами эстераз и оксида насекомых III-294 и АО-6 (синтез ИНЭОС) в борьбе с популяцией колорадского жука, обладающей групповой резистентностью к пиретроидам (Васильева и др.,2000).

Эффективной тактикой борьбы с резистентностью является ротация препаратов разного механизма действия. Концепция ротации пестицидов как антирезистентной меры предполагает, что особи, устойчивые к одному соединению, будут уничтожаться в интервале применения других, чередуемых с ним препаратов. Как и в случае со смесями, концепция ротации требует, чтобы используемые в ней препараты имели разные механизмы наследования резистентности. При этом наилучшие результаты достигаются, когда чередуют токсиканты не только разного способа, но и спектра активности, например политоксические инсектициды (ХОС, ФОС, пиретроиды) с селективными (акарицидами, ингибиторами роста и развития членистоногих или микробиологическими препаратами). Ротации препаратов широко применяли в нашей стране на различных культурах в 80-90-е годы. В настоящее время неплохие результаты получены при чередовании токсикантов новых химических классов (неоникотиноидов, фенилпиразолов, нереистоксинов и биопрепаратов) в борьбе с резистентными к пиретроидам и ФОС популяциями колорадского жука в различных регионах (Быховец, 2000; Коваленков,Тюрина,2000; Сухорученко и др.,2000в).

Одним из наиболее экологических и эффективных приемов преодоления резистентности является сочетание пестицидных обработок с выпуском полезных членистоногих. Это направление перспективно в закрытом грунте, где вопросы экологизации защитных мероприятий наиболее продвинуты, и полезные членистоногие используются против большого числа вредных объектов. Например,

применение производного тиомочевины пегаса против комплекса клещей и тлей с последующим выпуском энкарзии против оранжерейной белокрылки способствовало реверсии резистентности к ФОС и пиретроидам в популяциях этих видов в тепличных хозяйствах Ленинградской области (Иванова и др., 2000). Применение адмирала с энкарзией привело к реверсии резистентности к этим инсектицидам у белокрылки в тепличных хозяйствах Дагестана (Сухорученко и др., 1998).

Особенно перспективно использование резистентных линий полезных членистоногих, которые могут подавлять численность своих жертв на фоне применения токсикантов против других видов вредителей. В 80-х годах резистентные к ФОС линий хищных клещей эффективно применяли в тепличных хозяйствах Ленинградской области (Головкина, Зверева, 1989) или в плодовых садах Крыма (Петрушов, 1992). В настоящее время работы по выведению и использованию резистентных к инсектицидам линий разных видов энтомофагов проводятся во ВНИИБЗР (Коваленков, Тюрина, 2000а).

Новое направление в борьбе с резистентностью - использование трансгенных сортов растений, модифицированных геном *Vt*. В частности, трансгенные сорта хлопчатника эффективно используются в системах борьбы с резистентными популяциями хлопковой совки на хлопчатнике в США и Израиле (Rouch, 1997; Fitt, 1999; Horowitz et al., 1999). В наших опытах установлено, что на трансгенном картофеле наблюдается высокая смертность резистентных к пиретроидам личинок колорадского жука (Сухорученко, Васильева, 2000). Однако отдельные имаго вредителя резистентных популяций выживали и давали незначительное, но жизнеспособное потомство. Более того, рядом специалистов показано, что у чувствительных популяций при питании трансгенными растениями выживают фенотипы, обладающие повышенной жизнеспособностью как к неблагоприятным воздействиям, так и к отдельным инсектицидам (Беньковская и др., 2000; Король и др., 2000; Фасула-

ти, 2000). Это свидетельствует о возможности развития резистентности к В-токсину трансгенных растений при их широком внедрении в практику. Поэтому уже сейчас необходимо разрабатывать тактику использования трансгенных растений, позволяющую избежать развития этого негативного процесса.

Оптимальным способом преодоления резистентности являются интегрированные программы защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов, в которых рассмотренные выше приемы сочетают с другими методами в единой системе. Примером такого подхода к преодолению резистентности служит разработанная в 80-х годах система борьбы с нею у комплекса вредителей хлопчатника в Южном Таджикистане (Сухорученко и др., 1985). Она базировалась на ротации специфических и политоксических соединений, их разбещении микробиологическими препаратами, применении токсикантов по порогам вредности и оптимальном размещении в сезонных схемах борьбы с учетом их действия на жизнеспособность вредителей и степени опасности для энтомофагов. Это позволяло сочетать химические мероприятия с деятельностью естественной энтомофауны. При этом осуществлялся постоянный мониторинг чувствительности основных видов вредителей к применяемым препаратам. Внедрение системы в хозяйствах Южного Таджикистана привело к реверсии или торможению развития резистентности в популяциях паутиных клещей, хлопковых тлей, полевого клопа и хлопковой совки, стабилизации численности и видового разнообразия членистоногих хлопкового агроценоза, что позволяло получать высокий экономический эффект при снижении в два раза кратности обработок (Сухорученко, 1991).

Другой вариант такой системы был разработан для хозяйств Центрального Таджикистана, в котором, помимо ротации препаратов, основное внимание уделяли максимальному использованию активности естественной полезной энтомофауны (за счет создания микрозаповед-

ников, увеличения посевов нектароносов и маточных овощных культур, обеспечивающих непрерывное цветение растений с ранней весны до глубокой осени) и сезонной колонизации трихограммы, бракона и златоглазки обыкновенной (Ваньянц и др., 1986). Учитывая собственный опыт, а также изданные ранее методические рекомендации борьбы с резистентностью других исследователей, авторы этой системы разработали аналогичную для преодоления резистентности в популяциях колорадского жука, вредной черепашки и ряда других вредителей в Северо-Кавказском регионе (Коваленков и др., 2000а). Однако внедрение и использование этой системы в практике весьма проблематично, так как у производителей в настоящее время отсутствует экономическая база, необходимая для ее освоения. Скорее они пойдут по более простому и доступному пути, заменяя теряющие эффективность препараты на новые или используя их смеси.

В мировой литературе накоплено большое количество сведений, свидетельствующих о том, что развитие резистентности определяется сочетанием генетических, биологических и оперативных факторов. Первые две группы факторов включают характер наследования резистентности (число резистентных генов, их частота в популяции и фенотипическое выражение, связь с полом) и особенности биологии вредных видов (репродуктивное поведение, способность к миграции, число стадий развития и генераций, находящихся на обрабатываемых растениях, наличие убежищ). Оперативные факторы характеризуют интенсивность воздействия пестицидов на объекты борьбы (способ действия, препаративная форма, метод применения, норма расхода и кратность обработок, размеры площадей и, соответственно, популяций, попадающих под обработки, предыдущая экспозиция с другими токсикантами, скорость индуцирования к ним резистентности и т.д.).

Как следует из вышеизложенного, при разработке приемов борьбы с резистентностью в 80-90-х годах исследова-

тели руководствовались модификацией именно оперативных факторов. Однако при переходе защиты растений на стратегию управления популяциями вредных видов в агроэкосистемах (Новожилов, 1997) разработка долгосрочных антирезистентных систем борьбы должна вести также с учетом биологических и генетических факторов, детерминирующих развитие резистентности. Исследования по этим направлениям широко проводятся сейчас за рубежом с помощью физиолого-биохимических, молекулярно-генетических и математических методов.

В нашей стране эти исследования выполняются в небольшом объеме ограниченным числом специалистов. Так, в ВИЗР и НИИД МЗ проводят изучение биохимических механизмов резистентности вредных членистоногих к пестицидам (Баринов, 2000; Еремина и др., 2000; Сундуков, Тулаева, 2000). Установлено, что множественные молекулярные формы эстераз ответственны за ее развитие к рогору (ФОС) и демитану (полициклический углеводород) у обыкновенного паутиного клеща. Выявлен доминантный характер наследования признака этой резистентности, которая детерминирована амплифицированным геном (или группой сцепленных генов), локализованном (ной) в одной и той же хромосоме в географически удаленных популяциях вредителя (Анисимов, Тулаева, 2000; Анисимов, Баринов, 2000). Этот вывод важен для тактики применения акарицидов в борьбе с резистентностью данного вредителя. Известно, что локализация мутаций резистентности в разных хромосомах членистоногих не задерживает ее развитие к каждому используемому препарату, в связи с чем их следует применять последовательно до потери эффективности (Зильберминц, 1991). Локализация же мутаций в одной группе сцепления задерживает развитие резистентности на 20-30 поколений, и в данном случае эффективным приемом является чередование препаратов. Поэтому для борьбы с резистентностью клеща более оправдано чередование рогора и демитана, чем раздельное их применение.

Важным элементом современных систем борьбы с резистентностью остается ее мониторинг. При этом необходимо разграничивать два его аспекта. Первый связан с мониторингом резистентности вредных видов для принятия оперативных решений по эффективному использованию имеющегося арсенала средств борьбы. Для этой цели разработаны стандартные токсикологические методы ее определения в популяциях 37 видов членистоногих (ВАСХНИЛ, 1990). В настоящий момент их следует доработать с учетом новых видов. Назрела также необходимость адаптации этих методик для целей регионального ее мониторинга специалистами службы защиты растений. Примером этому служит разработанная ВИЗР методика регионального мониторинга резистентности вредной черепашки к применяемым акарицидам, апробированная совместно со специалистами Ростовской СТАЗР в хозяйствах Ростовской области (Махоткин и др., 2000). Требуется также разработка методик определения резистентности в популяциях фитопатогенов и сорняков.

Второй аспект проблемы связан с

прогнозированием развития резистентности как к применяемым, так и препаратам новых химических классов. В связи с этим необходимо иметь современные методы, позволяющие определять биохимическую природу мутаций резистентности, их частоту и характер ее наследования в отдельных популяциях. Важно также установление видимых маркеров резистентности для создания экспресс-методов ее выявления. Поэтому следует развернуть исследования по фенетике резистентных популяций вредных видов. В настоящее время они проводятся применительно к колорадскому жуку в ряде научных центров стран СНГ (Беньковская и др., 2000; Король, 2000; Фасулати, 2000).

Все изложенное выше свидетельствует о большой сложности рассматриваемой проблемы и необходимости концентрации усилий исследователей для создания систем управления резистентностью, позволяющих предотвращать ее развитие к пестицидам нового поколения и этим значительно продлевать их использование на основных сельскохозяйственных культурах в борьбе с ключевыми объектами.

Литература

Анисимов А.И., Баринов М.К. Генетическая гетерогенность обыкновенного паутинового клеща *Tetranychus Koch.* (Acarina, Prostigmata) в процессе селекции на резистентность к демитану. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.94-95.

Анисимов А.И., Тулаева И.А. Характер наследования признака резистентности к диметоату при скрещивании двух устойчивых линий обыкновенного паутинового клеща *Tetranychus urticae Koch.* (Acarina, Prostigmata) разного происхождения. /Там же, с.93-94.

Баринов М.К. Характер наследования резистентности к демитану у обыкновенного паутинового клеща. /Там же, с.91.

Барыбкина Л.В. Резистентность популяции *Phytophthora infestans* к фунгицидам в условиях Белоруссии. /Современное положение с резистентностью вредителей, возбудителей болезней растений и сорняков к пестицидам. Уфа, 1992, с.82-83.

Беньковская Г.В., Новицкая О.П., Леонтьева Т.Л., Николенко А.Г. Селектируемые воланом фены колорадского жука. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.84.

Борсук О.П., Когосова Э.Я. Результаты наблюдений за развитием устойчивости колорадского жука к инсектицидам в условиях Украины. /Тезисы докладов второго совещания по резистентности вредителей к химическим средствам. Л., 1970, с.113-116.

Буга С.Ф., Радына А.А., Боярчук В.Е. Резистентность популяции гриба *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. к фундазолу. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.66.

Буркова Л.А., Боровикова Н.А., Зверев А.А., Махоткин А.Г. Фитосанитарная обстановка с вредителями плодовых культур. /Там же, с.45-47.

Быстрицкая В.Н. Развитие резистентности

у возбудителей фузариоза гвоздики ремантантной к фунгицидам. /Генетические последствия использования химических средств защиты растений и пути преодоления резистентности вредных организмов с учетом задач охраны окружающей среды. Рига, 1984, с.109-110.

Быховец С.Л. Сравнительная токсичность инсектицидов для колорадского жука. /Химия в сельском хозяйстве, 5, 1978, с.42-45.

Быховец С.Л. Оценка токсического действия некоторых современных инсектицидов и возможности их использования в борьбе с резистентной популяцией колорадского жука в условиях Белоруссии. /Автореф. канд. дисс., Л.-Пушкин, 1982, 16 с.

Быховец С.Л. Положение с резистентностью колорадского жука к пиретроидным инсектицидам в Белоруссии и пути ее преодоления. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.27-28.

Ваньянц Г.М., Коваленков В.Г., Тюрина Н.М., Козлова Н.В., Мещерякова Т.В., Зильберминц И.В. Рекомендации по интегрированной борьбе с резистентными популяциями вредителей хлопчатника в Таджикистане. Душанбе, 1986, 20 с.

Васильева Т.И. Групповая резистентность к пиретроидам колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) в Белгородской области /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.32-33.

Васильева Т.И., Мاستрюкова Т.А., Шипов А.Э. Применение синергистов для повышения эффективности пиретроидов в борьбе с резистентными к ним популяциями колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.35.

ВАСХНИИ. Определение резистентности вредителей сельскохозяйственных культур и зоофагов к пестицидам. М., 1990, 79 с.

ВОЗ. Резистентность переносчиков и резервуаров инфекции к пестицидам. /Серия технических докладов. Женева, 1998, 86 с.

Воробьева Ю.В., Шемякина В.П. О встречаемости резистентных к ридомилу изолятов *Phytophthora infestans* в Европейской части СССР. /Состояние проблемы резистентности вредителей и возбудителей болезней расте-

ний к химическим средствам защиты растений и ее преодоление. Рига, 1988, с.87-88.

Воробьева Ю.В., Кваснюк Н.Я., Шемякина В.П., Гриднев В.В. Мониторинг чувствительности *Phytophthora infestans* к диметофору (акробату). /Современное положение с резистентностью вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам. Уфа, 1992, с.80-81.

Вошедский Н.Н., Махоткин А.Г., Зверев А.А., Махоткина Л.Я. Резистентность колорадского жука к пиретроидам в Ростовской области. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.34.

Вошедский Н.Н., Махоткин А.Г., Зверев А.А., Махоткина Л.Я. Формирование резистентности в популяциях вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. /Там же, 2000(a), с.21-22.

Галетенко С.М. Массовое размножение тетраниховых клещей в садах и пути ее преодоления. /Устойчивость вредителей к химическим средствам защиты растений. М., 1979, с.32-44.

Гришечкина Л.Д. О резистентности мучнисторосяных и ложномучнисторосяных фитопатогенов к фунгицидам. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.70-71.

Головкина Л.С., Зверева Ю.Ф. Применение форм фитосейулюса, устойчивых к пестицидам и повышенным температурам, в теплицах. /Информационный листок. Л., 1989, 4 с.

Гольшин Н.М., Абеленцев В.И., Двухшерстов М.Г. Свойства штаммов некоторых фитопатогенных грибов, резистентных к системным фунгицидам. /Состояние и перспективы развития научных исследований по предотвращению резистентности у вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам и разработка эффективных мер борьбы с бактериальными болезнями растений. Ереван, 1980, с.148-150.

Долженко В.И. Современные методы и средства защиты картофеля от колорадского жука. /Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. М., 2000, с.63-70.

Евдокарлова Т.Г. Реакция на современные инсектициды табачной белокрылки *Bemisia tabaci* Genn. в Туркмении. /Современное положение с резистентностью вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам. Уфа, 1992, с.18-19.

Еремина О.Д., Хрунин А.В., Баканова Е.И. Биохимические механизмы резистентности и перспективы использования синергистов. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.90-91.

Жалиева Л.Д. Повышение чувствительности возбудителей болезней зерновых культур к фунгицидам при использовании биопрепаратов и БАВ. /Там же, с.65.

Жукова М.Н. Проявление устойчивости *Myzus persicae* Sulz. (Homoptera: Aphididae) к пиретроиду. /Там же, с.39-40.

Зильберминц И.В. Генетика резистентности членистоногих к пестицидам и методы ее анализа. /Резистентность вредителей сельскохозяйственных культур к пестицидам и ее преодоление. М., 1991, с.7-59.

Иванов С.Г. Токсичность инсектицидов для нижегородской популяции колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.31-32.

Иванова Г.П. Устойчивость хлопковых тлей к фосфорорганическим инсектицидам и предупреждение ее развития. /Химия в сельском хозяйстве, 13, 7, 1975, с.47-50.

Иванова Г.П., Корнилов В.Г., Великань В.С. Реверсия резистентности у обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch. к акарицидам в тепличных хозяйствах Ленинградской области. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.54.

Иванова Н.А., Корнилов В.Г. О привыкании паутинного клеща на хлопчатнике к меркаптофосу. /Труды ВИЗР, 20 (1), 1964, с.12-17.

Иванюк В.Г., Авдей О.В. Резистентность *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary к фениламидам в Белоруссии. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.59-60.

Кахаров К.Х., Сухорученко Г.И. Резистентность колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. к инсектицидам в Зеравшанской долине Таджикистана. /Там же, с.35.

Кобахидзе Д.М., Баталова Т.С., Алексеева С.И., Серова К.Г., Шевченко Т.В., Павлова А.М. Устойчивость некоторых патогенов к системным фунгицидам и пути ее преодоле-

ния. /Состояние и перспективы развития научных исследований по предотвращению резистентности у вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам и разработка эффективных мер борьбы с бактериальными болезнями растений. Л., 1980, с.144-147.

Коваленков В.Г. Особенности изменения фитосанитарной обстановки в Северо-Кавказском регионе. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.12-13.

Коваленков В.Г., Тюрина Н.М. Мониторинг резистентности колорадского жука к пиретроидным инсектицидам и тактика ее преодоления. /Состояние проблемы резистентности к пестицидам вредных организмов и пути перехода к биоэкологическому контролю ее развития в условиях Северо-Кавказского региона. Краснодар, 2000, с.34-36.

Коваленков В.Г., Тюрина Н.М. Получение и практическое применение резистентных популяций энтомофагов. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000а, с.18.

Коваленков В.Г., Тюрина Н.М., Брыкалов А.В., Андрианова Н.А. Исследования резистентности популяций вредителей и возбудителей болезней растений к пестицидам в Ставропольском крае. /Состояние проблемы резистентности к пестицидам вредных организмов и пути перехода к биоэкологическому контролю ее развития в условиях Северо-Кавказского региона. Краснодар, 2000, с.26-28.

Коваленков В.Г., Тюрина Н.М., Исмаилов В.Я. Биоэкологические основы антирезистентной стратегии защиты растений. /Там же, 2000а, с.7-10.

Козловский Б.Е., Супрун В.И. Явление резистентности *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary возбудителя фитофтороза картофеля к ридомилу и эффективность химической защиты. /Состояние проблемы резистентности вредителей и возбудителей болезней растений к химическим средствам защиты растений и ее преодоление. Рига, 1988, с.90-91.

Колесова Д.А., Чмырь П.Г. Фитоверм и биол как надежные заменители пиретроидов в садах. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.48-49.

Кондратенко В.И. О резистентности сорных растений к гербицидам в России. /Современное положение с резистентностью

вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам. Уфа, 1992, с.88-89.

Корнилов В.Г., Зыкина А.В. Развитие устойчивости к применяемым пестицидам у вредителей защищенного грунта. /Устойчивость вредителей к химическим средствам защиты растений. М., 1979, с.44-47.

Корнилов В.Г., Иванова Г.П. Практика современной защиты культур защищенного грунта от резистентных популяций вредителей. /Резистентность вредителей сельскохозяйственных культур к пестицидам и ее преодоление. М., 1991, с.177-178.

Король Т.С. Чувствительность фенормфа имаго колорадского жука к инсектицидам в Киевской области. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.85.

Король Т.С., Трибель С.А., Новосельская Т.Г. Пути формирования резистентных популяций колорадского жука к трансгенным сортам картофеля серии "новый лист" с геном *Vt*. /Там же, с.86-87.

Леонтьева Т.Л., Беньковская Г.В., Николаенко А.Г. Потеря эффективности пиретроидов против колорадского жука *Leptinotarsa dacemlineata* Say. в Башкортостане. /Там же, с.33-34.

Маммаева Н.Л. Резистентность вредителей закрытого грунта к применяемым пестицидам в Дагестане. /Современное положение с резистентностью вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам. Уфа, 1992, с.19-20.

Манько А.В., Власова О.Г. Резистентность паутиных клещей к акарицидам в плодовых насаждениях Украины. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.44-45.

Махоткин А.Г., Зверев А.А., Махоткин М.А. Методика регионального мониторинга резистентности вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. /Там же, с.25.

Мелоян В.В. Результаты изучения чувствительности фитоготры *Phytophthora infestans* к фунгицидам фениламидного ряда. /Современное положение с резистентностью вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам. Уфа, 1992, с.78-79.

Мешков Ю.Н., Горшкова Е.В., Березина Н.В. Чувствительность паутиных клещей закрытого грунта к фитоверму. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI

века. СПб., 2000, с.53-54.

Неделькина С.В., Соломенникова И.В., Волкотруб Э.Н., Леонова И.Н., Рославцева С.А., Салганик Р.И. Механизм резистентности колорадского жука к перметрину. /Агрохимия, 4, 1987, с.103-106.

Новожиллов К.В. Защита растений - фитосанитарная оптимизация растениеводства. /Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства. СПб., 1997, с.35-45.

Пархоменко А.А. Устойчивость боярышничкового клеща к фосфорорганическим акарицидам в яблоневых садах Азербайджана. /Устойчивость вредителей к химическим средствам защиты растений. М., 1979, с.27-32.

Перегуда Т.А. Мониторинг чувствительности к инсектицидам колорадского жука в Московской области. /Состояние проблемы резистентности вредителей и возбудителей болезней растений к химическим средствам защиты растений и ее преодоление. Рига, 1988, с.66-67.

Петрушов А.З. Методические указания по массовому разведению, применению резистентной к пестицидам популяции хищного клеща метасейулюса на виноградниках и испытанию эффективности в плодовых садах и на других культурах в борьбе с паутиными клещами. М., 1992, 34 с.

Сазонов А.П., Бузов В.Н., Попова Т.Г. Биоценологические последствия многолетнего применения регуляторов роста насекомых в интегрированной защите (на примере плодового сада). /Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства. СПб., 1997, с.57-69.

Сазонова И.Н., Моралев С.Н., Швеи Е.К., Коваль А.Г., Никонорова Е.В. Токсичность инсектицидов для колорадского жука и его энтомофагов. /Бюлл. ВИЗР, 7, 1988, с.69-73.

Санин В.А., Борсук О.П. Формирование устойчивости колорадского жука к некоторым инсектицидам. /Устойчивость вредителей к химическим средствам защиты растений. М., 1979, с.65-69.

Санин В.А., Борсук О.П., Аль-Итр Юсамах. Сравнительная чувствительность к инсектицидам популяций колорадского жука из разных зон СССР. /Состояние и перспективы развития научных исследований по предотвращению резистентности у вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам и разработка эффективных мер борьбы с бактериальными болезнями растений. Л., 1980, с.60-62.

Секун Н.П. Полевая и экспериментальная резистентность злаковых тлей к инсектицидам. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей к пестицидам. Уфа, 1992, с.88-89.

стенности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.20-21.

Смирнова А.А., Корнилов В.Г., Сухорученко Г.И. Развитие устойчивости к фосфорорганическим акарицидам у обыкновенного паутинного клеща на хлопчатнике и химические мероприятия по борьбе с устойчивыми популяциями вредителя. /Труды ВИЗР, 35, 1972, с.189-208.

Соколов М.С. Устойчивость сорняков к гербицидам и ее преодоление. /Агро XXI, 9, 2000, с.2-4.

Сундуков О.В., Тулаева И.А. Биохимический механизм резистентности к диметоату у обыкновенного паутинного клеща. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.88-89.

Сухорученко Г.И. Система преодоления резистентности в популяциях вредителей хлопчатника. /Резистентность вредителей сельскохозяйственных культур к пестицидам. М., 1991, с.140-165.

Сухорученко Г.И. Состояние проблемы резистентности вредителей хлопчатника к пестицидам в Средней Азии и Азербайджане в середине 90-х годов. /Энтомологическое обозрение, 75,1, 1996, с.3-15.

Сухорученко Г.И., Васильева Т.И. Трансгенный *Vt* картофель в ограничении резистентности колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. к инсектицидам. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.38-39.

Сухорученко Г.И., Долженко В.И. Формирование перекрестной резистентности к инсектицидам в ростовской популяции колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae). /Там же, с.30.

Сухорученко Г.И., Кахаров К.Х. Реверсия резистентности к инсектицидам персиковой тли *Muzus persicae* Sulz. на табаке в Зеравшанской долине Таджикистана. /Там же, с.42-43.

Сухорученко Г.И., Смирнова А.А., Митрофанов В.Б., Каширский О.П., Зильберминц И.В., Зверев А.А. Рекомендации по рациональному чередованию инсектицидов, акарицидов и биопрепаратов в борьбе с резистентными популяциями вредителей хлопчатника. Л., 1985, 34 с.

Сухорученко Г.И., Иванова Г.П., Маммаева

Н.Л. Защита овощных культур от вредных организмов в тепличных хозяйствах Прикаспийской низменности. /Агро XXI, 7, 1998, с.6-7.

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., 2000, с.93-99.

Сухорученко Г.И., Ташпулатов М., Мадаминов В.С. Положение с резистентностью вредителей хлопчатника к инсектицидам в Южном Таджикистане. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000а, с.43-44.

Сухорученко Г.И., Долженко В.И., Коваль А.Г. Эффективность чередования инсектицидов разного механизма действия в борьбе с резистентными популяциями колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. /Там же, 2000в, с.37.

Толстова Ю.С. Об устойчивости яблонной плодовой тли к инсектицидам. /Совещание по резистентности клещей к акарицидам. Л., 1968, с.35-37.

Толстова Ю.С. Реакция яблонной плодовой тли (*Laspyresia pomonella* L.) на современные инсектициды. /Устойчивость вредителей к химическим средствам защиты растений. 1979, с.72-76.

Фасулати С.Р. Полиморфизм популяций колорадского жука как основа развития резистентности к инсектицидам. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.82-83.

Филипчук О.Д. Изменение фитосанитарной ситуации и состояние резистентности к пестицидам вредных организмов табачного агроценоза. /Там же, с.41-42.

Ходжаев Ш.Т., Рославцева С.А., Собчак М.Н., Абдуллаев Э. Чувствительность хлопковой тли к инсектицидам. /Химия в сельском хозяйстве, 23, 3, 1985, с.33-35.

Хрюкина Е.И., Нарезная Е.Д., Милованова З.Г. Преодоление резистентности сорных растений к гербицидам. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.75-76.

Чекалова Л.В. Мониторинг резистентности вредной черепашки к инсектицидам в центральной и северо-восточной зонах Красно-

дарского края. /Состояние проблемы резистентности к пестицидам вредных организмов и пути перехода к биоценоотическому контролю ее развития в условиях Северо-Кавказского региона. Краснодар, 2000, с.32-34.

Черкезова С.Р. Способы преодоления резистентности клещей-фитофагов в агроценозах многолетних насаждений. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.48.

Шилова С.А. Популяционная экология как основа контроля численности мелких млекопитающих. М., 1993, 200 с.

Яковлева И.Н., Мешков Ю.Н., Сучалкин Ф.А. Характер изменения чувствительности к пиретроидам колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. на территории европейской части РФ. /Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков в России и сопредельных странах на рубеже XXI века. СПб., 2000, с.28-30.

Croft V.A., Stricler K. Natural enemy resistance to pesticides. /Pest Resistance to Pesticides. N.Y., 1983, p.671-702.

FAO. Pest resistance to pesticides and crop assessment-1. /Rome, 1977, 42 p.

Fitt G.P. Systems for cotton: integrating new technologies to minimize pesticide dependence. /Abst. XIV Intern. Plant Protect. Congr., Jerusalem, 1999, p.53.

Horowitz A.R., Navon A., Levski S., Yab-

lonski S., Ishaaya I. Evaluation of Bt-transgenic cotton against main israeli lepidopteran cotton pest. /Abst. XIV Intern. Plant Protect. Congr., Jerusalem, 1999, p.77.

Houg H.W.S. Colorado and Virginia strains of codling moth in relation to their ability to enter sprayed and unsprayed apples. /J. Agr. Res., 48, 6, 1934, p.538-553.

McGaunghy W.H. Insect resistance to the biological insecticide *Bacillus thuringiensis*. /Science, 229, 4709, 1985, p.193-195.

Il'ichev A.L. Behavioral adaptation of oriental fruit moth (*Grapholita malesta* Busck., Tortricidae, Lepidoptera) under long term mating disruption. /Abst. XIV Intern. Plant Protect. Congr., Jerusalem, 1999, p.6.

Melander A.L. Can insect become resistant to spray. /J. Econ. Entomol., 7, 1, 1914, p.167.

Roush R.T. Bt-transgenic crops: just another pretty insecticide or chance for a new start in resistance management? /J. Pestic. Sci., 51, 3, 1997, p.328-334.

Sparks T.S., Hammock B.D. Insect growth regulators: resistance and the future. /Pest Resistance to Pesticides. N.Y., 1983, p.615-668.

Tabachnick B.E. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. /Ann. Rev. Entomol. 39, 1994, p.47-79.

Urech P.A., Staub T., Voss B. Resistance as concomitant of modern crop protection /Pestic. Sci., 51, 3, 1997, p.227-234.

Woglum R.S.J. Observations in insect developing immunity to insecticides. /J. Econ. Entomol., 18, 4, 1925, p.593-597.

Доклад на IX совещании "Современное состояние проблемы резистентности вредителей, болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века" СПб, 21 декабря 2000 г.

PESTICIDE RESISTANCE IN PESTS AS A MAJOR PROBLEM OF PLANT PROTECTION IN THE LATTER HALF OF THE 20TH CENTURY IN CIS COUNTRIES

G.I.Sukhorutshenko

The results of 40 years' studies on the problem of resistance in CIS countries are summed up. At the beginning of the 21st century, the list of organisms resistant to pesticides numbers 46 noxious arthropods (40 insects and 6 mites), 10 phytopathogen species and 6 weeds on different crops. It has been shown that the resistance is developed more effectively in pests than in beneficial organisms. Numerous cases of the group, cross or multiple resistance are revealed in the populations of the most of major pests. The strategy and existing methods for overcoming the resistance are considered. Nowadays, we need such a long-term strategy based on the modern concepts of its formation and prediction using biochemical, molecular-genetic and mathematical research methods.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ФИТОПАТОГЕНОВ К НОВЫМ ФУНГИЦИДАМ

С.Л.Тютюрев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Статья посвящена проблемам устойчивости фитопатогенов к фунгицидам, особенно новым и перспективным, которые используются и будут применяться в России в ближайшие годы.

Рассмотрено состояние дел с устойчивостью фитопатогенов к основным химическим группам фунгицидов. Обобщены результаты оценок полевой устойчивости возбудителей болезней к фунгицидам. Приведены сведения о фунгицидах, к которым у грибов может возникать перекрестная устойчивость. С позиций антирезистентной стратегии рассмотрены свойства и даны рекомендации по применению новых фунгицидов. Обсуждены факторы, влияющие на устойчивость грибов к фунгицидам, показаны роль и место химических активаторов болезнеустойчивости в антирезистентных технологиях. Даны предложения по антирезистентному использованию эффективного и нового ассортимента на зерновых, картофеле и плодовых.

В настоящее время зарегистрировано более 140 видов фитопатогенов, резистентных более чем к 50 различным фунгицидам. Однако надежной количественной статистики данных о резистентных формах патогенов к фунгицидам различных химических групп ни у нас, ни за рубежом нет.

Общие положения, понятия и показатели резистентности фитопатогена к фунгициду можно свести к следующим постулатам:

- резистентность патогенов к фунгицидам - это устойчивость, возникающая у них в ограниченном пространстве или в изолированной популяции при многократном применении одних и тех же препаратов, приводящая к снижению их эффективности;

- биотипы устойчивых (резистентных) к фунгицидам грибов могут естественно (то есть без воздействия селективирующего фактора) присутствовать и случайно распределяться в популяции. Устойчивость формируется в процессе выживания и распространения первоначально редких мутантов при селективирующем воздействии фунгицида;

- очень быстро развивают устойчивость (за 1-2 года) патогены, дающие много поколений в сезон и имеющие короткий промежуток времени для развития одной генерации. Биотипы, чувствительные к определенным фунгицидам, называются S-биотипами, устойчивые - R-биотипами;

- устойчивость грибов возникает в результате изменения чувствительности мишени к действию фунгицида, изменения проницаемости клеток гриба к нему, повышения активности детоксицирующих ферментов или других механизмов, например, появления белков, выводящих фунгицид из мицелия грибов;

- количественной мерой устойчивости патогенов к фунгицидам является степень или фактор резистентности, который находят как отношение величин $СК_{50}$ резистентного штамма к чувствительному;

- устойчивость у грибов к двум или более фунгицидам может быть перекрестной и множественной. При перекрестной она обусловлена одними и теми же генетическими факторами, при множественной - различными. Известна положительная и отрицательная перекрестная устойчивость;

- если полевая устойчивость гриба известна для одного члена химической группы, то очень вероятно, но не обязательно, будет обнаружена перекрестная устойчивость к другим членам этой же химической группы. Степень перекрестной устойчивости может быть различной между членами группы (Зинченко,1999; Монастырский,2000; Waard,1997).

Идентификация риска устойчивости и антирезистентная стратегия применения должны стать обязательным требованием при регистрации новых действующих веществ пестицидов. Стратегия управле-

ния резистентностью должна быть разработана до выхода нового фунгицида на рынок. Последнее требование уже реализуется в странах ЕС и в США.

Состояние дел с устойчивостью фитопатогенных грибов к основным группам фунгицидов отражают данные, представленные в таблицах 1-3.

Таблица 1. Характеристика устойчивости фитопатогенных грибов к основным группам фунгицидов

Химическая группа и действующие вещества	Биохимический механизм действия на грибы	Фитопатоген* (родовое название)	R-фактор (фактор резистентности)	Жизнеспособность R-генотипов	Число R-генов у гриба
Бензимидазолы и тиофанаты (беномил, тиабендазол, карбендазим)	Специфически связываются с тубулином, нарушая расхождение хромосом	<i>Fusarium, Venturia, Botrytis, Cercospora, Pseudocercospora, Septoria, Monilina, Colletotrichum, Erysiphe, Pyrenophora</i>	>1000	Высокая	1
Дикарбоксимиды (ипродион, процимидон, винклозолин)	Несколько мишеней (нарушение функций ядра, клеточной стенки)	<i>Botrytis, Sclerotinia</i>	10 - 20	Снижена	1-3
Карбоксамиды (карбоксин)	Ингибитор митохондриального дыхания	<i>Ustilago nuda</i>	?	?	?
Ацилаланины (металаксил, фураляксил)	Ингибируют РНК-полимеразу и синтез РНК	<i>Phytophthora, Plasmopara, Peronospora, Bremia, Pythium</i>	10 - 10000	Снижена или такая же как у S-генотипов	1
Ингибиторы деметилирования предшественников стероидов у грибов (триазолы, пиримидины, пиридин, имидазолы)	Блокируют образование эргостероидов, ингибируя деметилацию предшественников стероидов	<i>Uncinula, Sclerotinia, Sphaerotheca, Venturia</i>	2 - 50	Снижена	1-3 > 3 ?
Стробилурины (азоксистробин, крезоксим-метил, трифлуксистробин)	Ингибиторы цитохрома b ₁ в митохондриях	<i>Erysiphe, Sphaerotheca, Venturia</i>	1000	Высокая	1

*Большинство указанных фитопатогенов имеют несколько конидиальных генераций за сезон. Это значительно ускоряет отбор и размножение устойчивых биотипов, отселектированных после первой в сезоне обработки фунгицидами. Грибы имеют половую стадию в жизненном цикле, что способствует рекомбинации генетического материала, увеличивает генетическую изменчивость и создает базу для селекции устойчивых биотипов.

Наибольшее число фитопатогенов устойчиво к бензимидазолам и ацилаланинам. Устойчивые к этим фунгицидам формы грибов имеют высокий фактор резистентности. Резистентные к бензимидазолам и стробилуринам виды грибов характеризуются высокой жизнеспособностью - к ингибиторам синтеза стероидов и к дикарбоксимидам - низкой; к ацилаланинам - различной, от низкой до такой же, как у S-биотипов (табл.1).

Обобщенные результаты оценки поле-

вой устойчивости возбудителей болезней к фунгицидам из различных химических классов представлены в таблице 2. Из них следует, что всего к настоящему времени в России зарегистрировано около 10 видов фитопатогенов, у которых в различной степени отмечено проявление резистентности, в том числе: у фитофторы - к металаксилу; ложной мучнистой росы - к металаксилу и бордоской жидкости; видов *Fusarium* - к бензимидазолам, частично - триазолам; псевдоцер-

костпореллы - к бензимидазолам; мучнистой росы - к триазолам; септории - к триазолам; возбудителя серой гнили - к бензимидазолам и дикарбоксимидам; милдью - к медьсодержащим препаратам, даже к бордоской жидкости; возбудителя парши яблони - к бензимидазо-

лам и триазолам (Тютереv и др.,1984; Егураздова,1988; Гольшин,1993).

В 2000 г. появилось сообщение о выявлении в Германии изолята пыльной головки ячменя (*Ustilago nuda*), устойчивого к карбоксину (Newcombe,Thomas, 2000).

Таблица 2. Зарегистрированная полевая устойчивость возбудителей болезней к фунгицидам из различных химических классов

Фитопатоген	Растение-хозяин	Болезнь
<u>Бензимидазолы</u>		
<i>Botrytis cinerea</i>	Земляника	* Серая гниль
<i>Cercospora beticola</i>	Свекла	* Церкоспороз
<i>Colletotrichum lagenarium</i>	Огурец	* Антракноз
<i>Erysiphe spp.</i>	Злаковые	Мучнистая роса
<i>Fusarium nivale</i>	Пшеница	* Снежная плесень
<i>Fusarium spp.</i>	Пшеница	* Фузариоз колоса
<i>Monilinia frictigena</i>	Яблоня	Черная гниль
<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	Пшеница	? Гниль основания стебля
<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	Ячмень	Сетчатая пятнистость
<i>Septoria spp.</i>	Злаковые	Септориоз
<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Огурец	* Мучнистая роса
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Злаковые травы	Белая гниль
<i>Venturia inaequalis</i>	Яблоня	* Парша
<u>Карбоксамиды (карбоксин)</u>		
<i>Ustilago nuda</i>	Ячмень	? Пыльная головня
<u>Фениламиды (ацилаланины)</u>		
<i>Phytophthora infestans</i>	Картофель, томат	* Фитофтороз
<i>Bremia lactucae</i>	Салат	Ложная мучнистая роса
<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Огурец, дыня, тыква, кабачок	Ложная мучнистая роса
<i>Peronospora tabacina</i>	Табак	Голубая плесень
<i>Pythium ultimum</i>	Злаковые травы	Корневая гниль
<u>Дикарбоксимидазы</u>		
<i>Alternaria spp.</i>	Пшеница	Черный зародыш
<i>Botrytis cinerea</i>	Земляника, овощные	* Серая гниль
<i>Fusarium nivale</i>	Рожь, пшеница	Снежная плесень
<i>Monilinia frictigena</i>	Яблоня	Черная гниль
<u>Ингибиторы биосинтеза стероидов (триазолы)</u>		
<i>Oidium tuckeri (Uncinula necator)</i>	Виноград	Мучнистая роса
<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Огурец	* Мучнистая роса
<i>Venturia inaequalis</i>	Яблоня	? Парша
<i>Erysiphe graminis</i>	Пшеница, ячмень	? Мучнистая роса
<i>Septoria tritici</i>	Пшеница	? Септориоз
<u>Стробилурины</u>		
<i>Erysiphe graminis</i>	Пшеница	Мучнистая роса
<i>Magnaporthe grisea</i>	Рис	Пирикулярриоз
<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Банан	Пятнистость листьев
<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Огурец	Мучнистая роса
<i>Uncinula necator</i>	Виноград	Мучнистая роса
<i>Venturia inaequalis</i>	Яблоня	Парша

* Отмечена устойчивость грибов в РФ;

? В РФ под вопросом.

В России время от времени появляются сведения о снижении эффективности витаваксов, в частности, витавакса 200 ФФ против пыльной головки зерновых, однако широких исследований, объективно доказывающих наличие резистентности к карбоксину в России, нет. Снижение эффективности протравителя может быть связано с другими причинами: снижением нормы расхода, высокой засоренностью семян, длительностью хранения препарата и т.д.

В последние годы значительно расширился ассортимент фунгицидов в пределах уже известных химических групп (табл.3). Особенно это касается ингибиторов биосинтеза стероидов в грибах. В этой группе уже известно несколько десятков препаратов, многие из которых зарегистрированы в России. Исходя из возможности возникновения перекрестной устойчивости у грибов, Международной комиссией по резистентности к фунгицидам, Fungicide Resistance Action Committee (ФРАК) была составлена таблица препаратов, к которым у грибов может возникать перекрестная устойчивость. С некоторыми нашими изменениями и дополнениями она приведена в таблице 3.

Практическая ценность этой таблицы состоит в том, что в ней дана характеристика перекрестной устойчивости, которая возможна при интенсивном применении одного фунгицида по отношению к другому, ранее не применявшемуся или новому в данном регионе. Она позволяет предсказать возможность проявления перекрестной устойчивости к фунгицидам различного торгового наименования, но относящихся по механизму действия к одной и той же группе веществ.

В последнее время появилось много новых молекул системного и контактного действия с ярко выраженными антипатогенными свойствами. Многие из них явились основой новых высокоэффективных фунгицидов. Новыми перспективными группами фунгицидов являются фамоксадоны (оксазолидиндион, фамоксадон),

анилинопиримидины (андоприм), феноксихинолины (квиноксифен), спирокеталь-амины (спироксамин). Перспективной группой веществ с антигрибной активностью являются также фенилпиррольные антибиотики (пирролнитрилы - вторичные метаболиты *Pseudomonas pyrrolicina*). Синтетические аналоги пирронитрилов - фенпиклонил и флудиоксонил - новые протравители семян фенилпиррольной группы (максим, берет).

Синтезируются все новые фунгицидные соединения, в основе которых лежит структура природного соединения сорафена - ингибитора ацетил-КоА-карбоксилазы грибов. Этот список новых фунгицидов постоянно расширяется, но тенденция просматривается четко: преимущество получают аналоги природных экологически безопасных веществ, среди которых стробилуринам в силу их уникальных свойств принадлежит особое место. Все они характеризуются различными и новыми механизмами биоцидного действия на патогены (Leroux et al.,1999; Gullino et al.,2000).

Весьма перспективной группой новых фунгицидов являются ингибиторы транспорта электронов в митохондриях грибов. Это, прежде всего, стробилурины, оксазолидиндионы, феноксихинолины, спироксамин. На основе этих веществ выпускается ряд коммерчески значимых новых фунгицидов - строби, квадрис, зато, совран, хорус, фалькон, серенада, мелодия и т.д.

Стробилурины найдены в грибах базидиомицетах - *Strobilurus tenacellus* и *Oudemansiella mucida*. Они являются вторичными метаболитами грибов и обладают антибиотическими свойствами. Природные стробилурины включают в себя три группы веществ: собственно стробилурины, оудеманзины и микотиазолы. Синтетическими аналогами стробилуринов, нашедших коммерческое применение из уже 400 запатентованных фунгицидных веществ, являются стробилурин А, азоксистробин и крезоксим-метил.

Таблица 3. Фунгициды, к которым у грибов может возникать перекрестная устойчивость

Группы химических соединений, объединенных по механизму действия	Тривиальные названия действующих веществ (согласно ИСО) и торговые названия препаратов*	Характеристика устойчивости
Бензимидазолы и тиофанаты	Беномил (фундазол, беномил) Карбендазим (колфуго-супер, дерозал) Тиабендазол (текто, титусим) Тиофанат-метил (топсин-М)	Устойчивость зарегистрирована у многих видов грибов. Перекрестная устойчивость возможна ко всем членам этой группы фунгицидов
Дикарбоксимиды	Ипродион (ровраль, ровраль фло) Процимидон (сумилекс) Винклозолин (ронилан) **	Устойчивость зарегистрирована у <i>Botrytis cinerea</i> (см. табл. 2). Перекрестная устойчивость возможна ко всем членам этой группы фунгицидов
Ингибиторы деметилирования стерина у грибов	<p>Триазолы, включая коназолы:</p> Бромуконазол (вектра, гранит) Гексаконазол (анвил) ** Диниконазол (суми-8) Дифеноканозол (скор, дивиденд, богард) Миклобутанил (систан) ** Метконазол (карамба) ** Паклобутразол (клиппер) ** Пенконазол (топаз) Пропиконазол (тилт, тилт премиум, бампер) Тебуконазол (раксил, фоликур) Тетраконазол (иминент) ** Триадиенол (в составе байтана У) Триадимефон (байлетон) Тритиконазол (премис) Фенбуконазол (индар) ** Флузиазол (пунш) ** Флуквинконазол (гастелян) ** Флутриафол (импакт, входит также в состав винцита) Ципроконазол (альто, входит в состав атеми С и дивиденда стар) Эпоксиконазол (рекс) <p><u>Пиперазаны:</u> Трифурин (сапроль)</p> <p><u>Пиридины:</u> Пирифенокс (дорадо, подигроль) **</p> <p><u>Пиримидины:</u> Фенаримол (рубиган) Нуаримол (тримидал) **</p> <p><u>Имидазолы:</u> Имазалил (в составе байтана универсала) Прохлораз (спортрак)</p>	Спектр фунгицидной активности различен у разных представителей группы ингибиторов биосинтеза стерина. Устойчивость к ним зарегистрирована у многих видов грибов (табл.2). Перекрестная устойчивость у грибов возможна не только к членам одной химической группы, но и к членам всех групп (триазиолам, пиперазинам, пиридинам, пиримидинам, имидазолам), при этом наиболее вероятно возникновение перекрестной устойчивости внутри группы фунгицидов, действующих на один и тот же вид гриба.
Фениламидамы (ацилаланины)	<p><u>Ацилаланины:</u> Металаксил и металаксил М (апрон, апрон голд, входит также в состав ридомила МЦ, ридомила голд, максима АП, максима голд, арцериды) Фуралаксил (фонгарид) **</p> <p><u>Оксазолидиноны:</u> Оксадиксил (входит в состав сандофана М8, оксихома, авиксила)</p> <p><u>Бутирлактоны:</u> Офурак (офурак)</p>	Перекрестная устойчивость зарегистрирована у различных видов грибов-оомицетов

Морфолины	<u>Морфолины:</u> Фенпропиморф (корбел, входит также в состав арчера) Тридеморф (каликсин) **	Перекрестная устойчивость зарегистрирована у мучнисторосяных грибов
	<u>Пиперидины</u> Фенпропидин (входит в состав райдера)	
	<u>Спирокетальмины</u> Спироксамин (входит в состав фалькона)	
Оксатиины (карбоксамиды)	Карбоксин (кемикар, входит также в состав витавакса 200, витавакса 200 ФФ, фенорама, фенорам-супер и др.) Флутоланил (монкут) ** Мепронил (баситак) ** Оксикарбоксин (плантвакс) **	Достоверных данных по полевой резистентности, в том числе и перекрестной, нет. Отдельные сведения на этот счет нуждаются в проверке.
Органофосфаты (фосфотиолы)	Эдифенфос (хинозан) ** Ипробенфос (китозан Р) ** Пиразофос (афуган) **	Известна устойчивость некоторых видов грибов к представителям этой группы фунгицидов. Перекрестная устойчивость не возникает к членам этой группы
Оксипиримидины	Бупиримат (нимрод) ** Этиримол (мильго) **	Устойчивость и перекрестная устойчивость известна для мучнисторосяных грибов
Анилинопиримидины	Пипродинил (хорус) Пириметанил (скала) **	Устойчивость и перекрестная устойчивость известна для некоторых видов грибов
Стробилурины и соединения с аналогичным механизмом действия на грибы	<u>Метоксиакрилаты:</u> Азоксистробин (квадрис, амистар) ** <u>Оксиминоацетаты:</u> Крезоксим-метил (стриби), (совран) ** Трифлуксистробин (зато) <u>Оксазолидиндионы и имидазолиноны (не стробилурины):</u> (Фамоксадон) ** (Фемидон) **	Перекрестная устойчивость установлена между стробилуринами - метоксиакрилатами, оксиминоацетатами и не стробилуринами со сходным механизмом действия - оксазолидиндионами. Устойчивость к этой группе легко может возникнуть у большинства видов грибов
Фенилпирролы	Фенпиклонил (берет) ** Флудиоксонил (максим, входит также в состав максима АП, максима голд)	Устойчивость и перекрестная устойчивость зарегистрирована у некоторых видов грибов
Коричные кислоты	Диметоморф (входит в состав акробата МЦ)	Устойчивость зарегистрирована
Индукторы защитных механизмов растений	Ацибензолар-S-метил (бион)	Устойчивость не известна
Фунгициды с несколькими мишенями действия в грибах	<u>Фосфонаты</u> - алюминия фосэтил (альетг, алюфит, эфаль, входит также в состав микала) <u>Неорганические</u> - сера (кумулус ДФ, сера коллоидная, тиовит, входит также в состав атеми), медь и соли меди <u>Дитиокарбаматы</u> - (манкоцеб, тирам), (фербам, манеб, цинеб)** <u>Гуанидины</u> - (додин)**, (гуазатин) <u>Сульфамиды</u> - (дихлофлуанид, толифлуанид)** <u>Фталимиды</u> -(каптан, фолпет), (каптофол)** <u>Фенилпиримидинамины</u> - (флуазинам)** <u>Хиноны</u> - дитианон (делан) <u>Хлоронитрилы</u> - хлорталонил (браво)	Эта группа обычно рассматривается как группа низкого риска возникновения устойчивости. Перекрестная устойчивость не зарегистрирована

*Торговые названия препаратов, зарегистрированных в РФ, приведены в скобках без звездочек; препараты, не зарегистрированные в РФ, приведены в скобках с двумя звездочками.

Стробилурины - новый класс фунгицидов, появившихся в продаже в 1996 году. С их появлением фактически было найдено новое мощное экологически малоопасное оружие против мучнисторосяных, ржавчинных грибов, фитофтороза, парши и многих других возбудителей болезней на широком круге сельскохозяйственных культур - яблоне, груше, винограде, зерновых, картофеле, овощных, цветочных культурах (табл.4). Они мало токсичны для птиц, дождевых червей, полезных насекомых, хищных клещей, млекопитающих (включая человека). Из-

за широкого спектра действия и практической безопасности для окружающей среды их считают наиболее существенной группой фунгицидов, появившихся после фунгицидов триазольного ряда. Несомненно, что стробилурины и триазолы будут базой химического метода защиты от фитопатогенов в ближайшие годы. Фунгициды на основе стробилуринов можно отнести к биофунгицидам, ибо они имеют природное происхождение. Фунгициды стробилуринового ряда обладают защитным, лечебным и искореняющим действием.

Таблица 4. Действующие вещества фунгицидов из класса стробилуринов и препараты на их основе

Действующее вещество	Химическая формула	Торговое название препарата
Азоксистробин * ф. Зенека		Амистар (1996)** Абаунд Квадрис Херитаж Банкит
Крезоксим-метил ф. БАСФ АГ		Совран Цигнус Строби (РФ)***
Трифлостробин ф. Новартис Кроп Протекшн		Флинт Зато (РФ)

*Химическая структура азоксистробина аналогична природным фунгицидам стробилуринам. Азоксистробин - первое за последние 25 лет принципиально новое действующее вещество фунгицидов. Стробилурины присутствуют в различных видах съедобных дереворазрушающих грибов - базидиомицетов порядка агариковых (пластинчатых), в том числе *Strobilurus tenacellus* из семейства болетовых и удемансиелла слизистая (*Oudemansiella mucida*) из семейства трихоломовых. Азоксистробин был выбран из 1400 соединений, аналогов природных стробилуринов, синтезированных в фирме Зенека, потому что он сочетает высокую фунгицидную активность, низкую токсичность для млекопитающих, безопасность для защищаемых растений и экологическую безопасность.

**Амистар зарегистрирован в 49 странах на 55 культурах (в том числе для обработки зерновых культур). Он - лидер и самый продаваемый продукт фирмы Зенека. Используют в чистом виде, в смесях и чередовании. Стробилурин + триазол (эпоксиконазол) на зерновых - решение многих проблем защиты. Первая обработка обеспечивает чистую от болезни культуру, обработка в период колошения азоксистробинном обеспечивает большую прибавку урожая, так как кроме защитного действия этот препарат, обладая ростстимулирующим действием, повышает продуктивность растений.

***Строби - один из первых стробилуринов. Был создан фирмой БАСФ, нашел широкое применение во многих странах мира.

В связи с механизмом действия стробилурины ингибируют одну единственную биохимическую реакцию в грибах - перенос электронов в митохондриях на участке цитохрома b) эти препараты могут быстро потерять эффективность из-за возникновения к ним резистентности у грибов. В митохондриях при ингибировании стробилуринами активности цитохрома b) могут легко активироваться альтернативные пути переноса электронов. В последнее время появились данные, что высокая степень устойчивости к стробилуринам (например, в 200 раз меньшая чувствительность к ним у полевого изолята возбудителя мучнистой росы пшеницы) обусловлена одной точковой мутацией в той части молекулы цитохрома b, которая определяет связывание этого фермента с фунгицидами. При этом активный центр фермента не изменяется и устойчивые (мутантные) формы грибов не теряют жизнеспособности в результате мутации и приобретения устойчивости к стробилуринам (рис.).

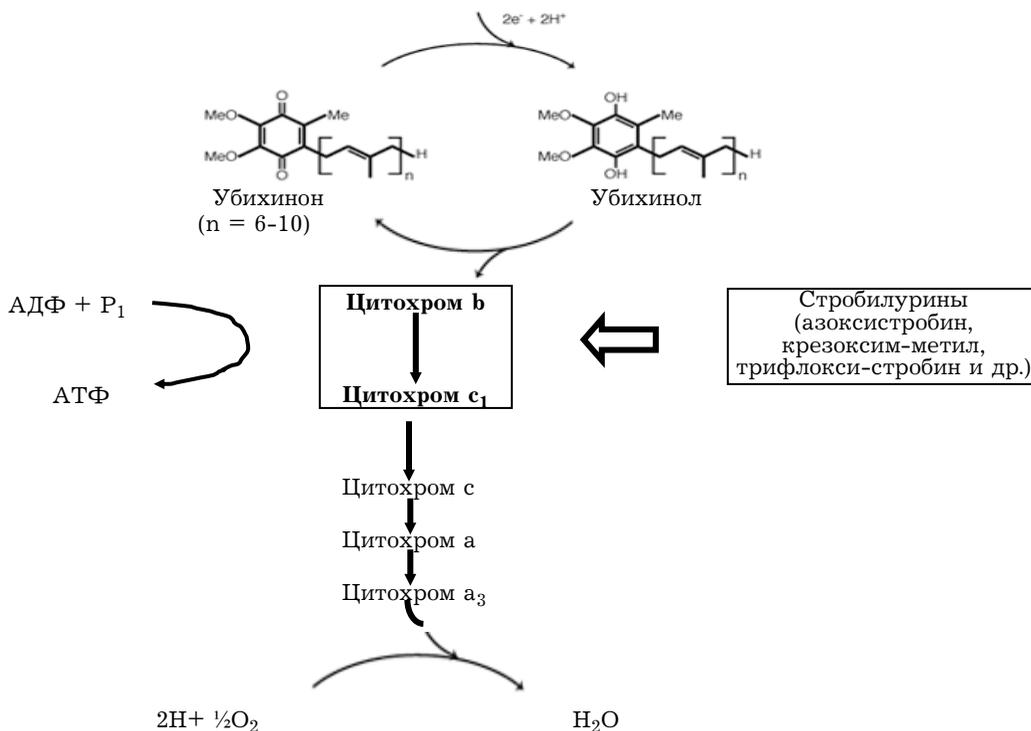
Без антирезистентной стратегии при-

менения стробилурины быстро теряют эффективность. Полевая резистентность к стробилуринам зарегистрирована у мучнистой росы огурца, мучнистой росы зерновых культур и у возбудителя серой гнили на овощных в теплицах (отчет ФРАК, 2000) (табл.5).

Как считает Международная комиссия по резистентности к фунгицидам, одним из ключевых моментов плана управления устойчивостью у грибов к стробилуринам является чередование фунгицидов с различным механизмом действия. Для овощных и плодовых - это триазолы, этиленбисдитиокарбаматы, препараты на основе меди и серы.

Стробилурины рекомендуется применять первыми в вегетационном сезоне, ибо они резко снижают способность устойчивых к триаколам форм грибов к развитию на листьях. Кроме того, таким образом снижается селекционное давление, так как уровень инокулюма самый низкий в начале вегетации. Сроки ожидания у стробилуринов различны - от 14 до 30 дней (строби - 14, совран - 30 дней).

Цикл лимонной кислоты (цикл Кребса)



Аминокислотная последовательность фрагмента цитохрома b различных видов и изолятов грибов, определяющего их чувствительность к стробилуринам (по данным Sierotzki et al., 2000)

Вид гриба	Аминокислотная последовательность фрагмента цитохрома b и замена, приводящая к устойчивости
Мучнистая роса (<i>E.graminis</i>), чувствительная форма	FILMIVTAFGLG YVLPYGHMSHWGATVTNLM SAI PWIGQDIVE
Мучнистая роса (<i>E.graminis</i>), устойчивая форма	FILMIVTAFGLG YVLPYGHMSHWAATVTNLM SAI PWIGQDIVE
Парша яблони (<i>V.inaequalis</i>)	FILMIVTAFGLG YVLPYGM S L W G A T V T N L M S A I P W I G Q D I V E
Пирикулярриоз (<i>M.grisea</i>)	LILMMAIGFLG YVLPYGM S L V G A T V T N L M S A I P W I G Q D I V E
Дрожжи (<i>S.cerevisiae</i>)	F T L T I A T A F L G I C C V I G Q M S Y V G A T V T N L F S A I P F V G N D I V S V
Мицена (<i>M.viridimarginata</i>)	L V I M M A I G F L G I V L P F G Q M S L V G A T V T N L L S A I P I F G Q D I V E L I
Стробилур (<i>S.tenacellus</i>)	L V I M M A I G F L G I V L P F G Q M S L V G A T V T N L L S A I P V F G Q D I V E L
Мицена (<i>M.galopoda</i>)	L V I M M A I G F L G I V L P F G Q M S L V A A T V T N L L S S I P V F G Q D L V E

Устойчивая форма возбудителя мучнистой росы в 200 раз менее чувствительна к стробилуриновым фунгицидам из-за одной аминокислотной замены глицина на аланин в положении 143. Такая же замена присутствует у природно-устойчивого к стробилуринам гриба мицена галопода. Грибы различных классов - аскомицеты (мучнистая роса, парша, дрожжи, пирикуляррия) и базидиомицеты (мицена и стробилур) - имеют очень сходную структуру цитохрома b.

Рис. Схема, отражающая механизм фунгицидного действия стробилуринов и механизм возникновения устойчивости к ним у грибов

Таблица 5. Частота встречаемости устойчивых к стробилуринам изолятов возбудителя мучнистой росы пшеницы (*Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*) в Европе, 1999 г.

Страна	Устойчивость:			
	Очень низкая (<1%)	Низкая (<10%)	Средняя (11-40%)	Высокая (>40%)
Германия		+	+	+
Польша	+			
Великобритания	+	+		
Франция	+	+		
Бельгия	+	+		
Нидерланды	+	+		
Швеция		+	+	
Дания			+	

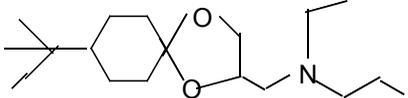
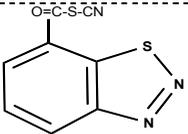
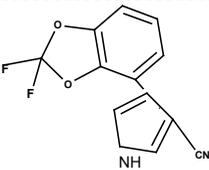
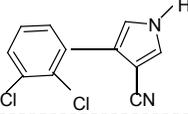
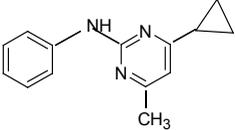
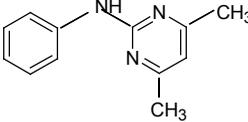
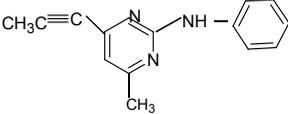
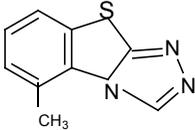
В отличие от ингибиторов стероидов, стробилурины - превосходные ингибиторы прорастания спор, поэтому они хорошие защитные фунгициды. Стробилурины остаются в основном в восковом слое кутикулы листьев и плодов и поэтому более устойчивы к дождям, чем обычные контактные фунгициды. Эти соединения также хорошо проникают в восковой слой листьев и плодов. Небольшая часть нанесенного на растения препарата проникает с одной стороны листа на другую, обеспечивая защиту необработанной его стороны (трансламинарная активность). В дополнение к отличному профилактическому действию стробилурины - силь-

ные антиспорулянты, то есть при обработке после заражения растений патогенами они не препятствуют появлению инфекционных пятен, но вторичные споры в этом пятне практически не образуются. Это особенно важно для таких болезней как парша яблони, когда экономически значимые потери обычно связаны с вторичными спорами, развивающимися на инфицированных листьях, то есть с вторичным перезаражением и распространением болезни. Стробилурины в большей степени, чем другие лечебные фунгициды, снижают количество именно спорулирующих инфекционных пятен при раннем опрыскивании.

Весьма перспективной группой новых фунгицидов, наряду со стробилуринами, являются и другие соединения, ингибирующие транспорт электронов в митохондриях грибов, а также имеющие другие мишени действия: спироksamины, феноксихинолины, оксазолидиндионы.

Спироksamин - действующее вещество системных фунгицидов фалькон (зарегистрирован в РФ), импульс, проспер фирмы Байер (табл. 6). Механизм фунгицидного действия спирокетальминов - ингибирование синтеза стероидов в грибах.

Таблица 6. Некоторые новые фунгициды и индукторы болезнестойчивости

Химический класс и действующее вещество	Химическая формула	Торговое название препарата
Морфолины (спирокетальмин)		Импульс Проспер Входит в состав Фалькона*
Бензотиазол (S-метилэтер бензо(1,2,3)тиадиазол-7-карботионовой кислоты)		Бион*
Фенилпирролы (флудиоксонил) 4-(2,2-Дифтор-1,3-бензодиоксол-4-ил) пиррол-3-карбоновой кислоты нитрил		Максим* Максим голд* Входит также в состав смесевых препаратов - Максим АП*, Максим голд АП*
(фенпиклонил)		Берет
Анилинопиримидины (ципродинил) 4-циклопропил-6-метил-n-фенил-2-пиримидин-амин		Хорус* Вангард
(пириметанил)		Скала
(мепаниприм)		
Трициклазол** 5-метил-1,2,4-триазоло[3,4-b]бензотиазол		Бим, Трициклазол

*Зарегистрированы в РФ. **Не только фунгицид, но и новый индуктор болезнестойчивости.

Кроме ципродинила к классу анилинопиримидинов относятся такие дейст-

вующие вещества фунгицидов, как пириметанил и мепанипирим. Механизм их

действия также связан с ингибированием биосинтеза метионина и секреции грибами гидролитических ферментов, определяющих их патогенность. Преимуществом этой группы фунгицидов является оригинальный механизм действия на грибы и поэтому - отсутствие перекрестной устойчивости с другими группами фунгицидов. По данным подкомиссии ФРАК по анилопиримидинам, устойчивость к ним у парши яблони и серой гнили многих культур еще не проявилась в полевых условиях, хотя она вполне возможна.

Ципродинил - действующее вещество системного фунгицида хоруса - эффективен против ряда болезней, включая паршу на яблонях и другие болезни. Считается, что ципродинил - фунгицид сниженного риска в отношении токсичности для человека и окружающей среды в сравнении с традиционными фунгицидами. Фирма Новартис продолжает исследование токсичности этих фунгицидов для компонентов агроценоза плодового сада. Однако ряд фитотоксикологов считают, что хорус - фунгицид, не превосходящий по эффективности обычные защитные фунгициды. Препарат имеет менее эффективное профилактическое действие, чем каптан и манкоцеб, и более слабое искореняющее, чем ингибиторы стероинов в отношении парши яблони. Зарегистрирован на яблоне против парши, монилиоза, альтернариоза и мучнистой росы (частичное действие).

К химическому классу фенилпирролов относится флудиоксонил 4-(2,2-дифтор-1,3-бензодиоксол-4-ил) пиррол-3-карбоновой кислоты нитрил - действующее вещество фунгицида максим, входит также в состав смесевых препаратов максим АП и максим голд АП. Максим - несистемный фунгицид широкого спектра и длительного действия для защиты от снежной плесени, твердой головни, гельминто-фузариозной корневой гнили, плесневения семян (пшеница, рожь); картофеля - от фузариоза, фомоза, альтернариоза, антракноза, мокрой гнили, парши серебристой, ризоктониоза, черной ножки в периоды хранения и ве-

гетации. Перекрестной устойчивости у грибов, резистентных к фунгицидам из других классов, к этому соединению не обнаружено.

Среди фунгицидов природного происхождения все более заметную роль в недалеком будущем будут играть химические активаторы системной приобретенной устойчивости - systemic acquired resistance (SAR) или по-русски аббревиатура СПУ. На основе веществ-активаторов системной приобретенной устойчивости создается третье поколение фунгицидов (первое - контактные, второе - системные).

Бион - один из первых активаторов болезнеустойчивости, зарегистрированный в России. Препарат (водорастворимые гранулы с содержанием действующего вещества 500 г на кг) применяются с расходом 0.3-0.6 кг/га действующего вещества на широком круге культур. Действующее вещество биона - бензотиадиазол - аналог салициловой кислоты - является активатором природных защитных механизмов растений, повышает устойчивость пшеницы к бурой ржавчине, мучнистой росе, септориозу (табл.6).

Бион - препарат фирмы "Новартис Кроп Протекшн". Выпускается в виде 50% водорастворимых гранул. Относится к группе разнообразных по химической структуре соединений, объединяемых по механизму защитного действия в класс химических индукторов болезнеустойчивости. Биофунгицид. В очень низких нормах расхода он повышает устойчивость многих сельскохозяйственных культур (однодольных и двудольных) к широкому кругу патогенов, включая грибы, бактерии и вирусы. Высокоэффективен против мучнистой росы на ячмене. В связи с небольшим ассортиментом антивирусных препаратов интерес представляет антивирусная активность биона. Препарат проходил испытания в течение нескольких лет во многих странах. Показано, что он не только высоко эффективен в защите от болезней, но повышает урожай и его качество. Препарат экологически безопасен и экономически выгоден. У однодольных культур устойчи-

вость к мучнистой росе и многим другим болезням, индуцированная биомом, очень длительна. Устойчивости патогенов к биону не зарегистрировано.

Еще одно действующее вещество, относящееся к группе активаторов болезнеустойчивости, - трициклазол (табл.6) обладает высокой эффективностью против пирикулярйоза на рисе, эффективен против комплекса болезней на многих других культурах. Он обладает двояким действием: коротким - фунгицидным и длительным - индуцирующим болезнеустойчивость.

Так как молекулы - активаторы СПУ - вещества с непрямым механизмом действия, влияющие на патоген через измененный обмен веществ растения-хозяина, препараты на их основе могут быть полезны в антирезистентных стратегиях использования фунгицидов.

Факторы, влияющие на развитие устойчивости к фунгицидам: динамика популяции патогена в условиях действия фунгицида, механизм действия препарата на патоген, степень биологической эффективности или уровень защиты фунгицидом, частота использования фунгицида, его персистентность, биологические особенности размножения патогенов, нормы расхода и т.д.

Динамика популяций. Спонтанные мутации различных типов постоянно происходят у всех живых организмов. В типичном случае устойчивый мутант может существовать с начальной частотой порядка 1 мутант на 1 миллион спор патогена в необработанной фунгицидом популяции. Устойчивые споры, пережившие фунгицидную обработку, будут чаще встречаться в популяции, и тем чаще, чем больше кратность обработок. И, наконец, возникает ситуация, когда частота встречаемости устойчивых форм патогенов достигает один на 100 или даже один на 10. В этом случае присутствие устойчивых штаммов становится визуально наблюдаемым: по визуальным признакам болезни и неэффективности рекомендуемых доз фунгицида.

Механизм действия может быть таким простым, как связывание и инакти-

вация ключевого фермента, или таким сложным, как нарушение многих жизненно важных процессов. Этот диапазон действия может быть проиллюстрирован на двух обычных моделях: фунгициды с одной и многими мишенями действия. Многие годы, когда использовали только профилактические фунгициды, такие как тирам, манкоцеб или каптан, не наблюдали и не наблюдают сейчас устойчивых биотипов. Это, вероятно, происходит потому, что эти фунгициды действуют на несколько жизненно важных процессов (много мишеней) в патогене и должно произойти слишком много генных мутаций, чтобы возник устойчивый штамм. Такой многоступенчатый процесс - более постепенный и значительно легче поддается управлению с помощью антирезистентных стратегий. Если антирезистентную стратегию применили достаточно рано, устойчивость может не стать проблемой даже в течение длительного времени (15 и более лет).

У фунгицидов с одной мишенью действия устойчивые популяции возникают быстро в результате одной мутации. Этот одноступенчатый процесс может быть очень быстрым и трудным для управления (примеры - беномил, металаксил, стробилурины).

Уровень контроля. Отбор и становление устойчивых биотипов фитопатогенов усиливаются при использовании более эффективных препаратов, доз и способов их применения. Если обработка фунгицидом очень эффективна, селекция будет очень быстрой. Если фунгицид эффективен, к примеру, только на 80%, то и приобретение популяцией устойчивости будет идти медленнее.

Частота использования фунгицида. Отбор и накопление устойчивых биотипов усиливаются при более высокой частоте обработок фунгицидами.

Персистентность. Более длительная остаточная активность фунгицидов позволяет меньшему количеству S-биотипов выживать, что вызывает более быстрый рост в популяции R-биотипов, то есть устойчивых.

Тип размножения (репродукции). Половое размножение грибов способствует рекомбинации генетического материала и приводит к природной изменчивости. Бесполое размножение не создает такой возможности для генетической изменчивости, поэтому больше вероятность развития устойчивости у грибов, в цикле развития которых есть половая стадия.

Тактика предотвращения возникновения устойчивости у фитопатогенов и рекомендации. Нет модели или эксперта, которые бы точно предсказывали время и место появления устойчивости к фунгицидам. Однако некоторые показатели являются индикатором того, что на конкретном поле могут возникнуть проблемы с устойчивостью, то есть защита от болезни станет неэффективна. Риск возникновения устойчивости высок, если один и тот же фунгицид или фунгициды с одинаковым механизмом действия используются несколько раз друг за другом последовательно, особенно, если это фунгициды с высоким риском устойчивости (односайтовый механизм действия и одноступенчатое возникновение устойчивости, то есть в результате одной мутации).

Повышается вероятность возникновения устойчивых биотипов, если применяется самая высокая доза фунгицида, а полной защиты не достигается, если не применяются чередование, а также баковые смеси фунгицидов с различным механизмом действия. Можно дать следующие рекомендации, которые помогут снизить риск возникновения устойчивости:

1) Следует обеспечить химическое разнообразие при использовании препаратов. Оно подавляет рост и размножение устойчивых биотипов;

2) Необходимо ограничивать количество обработок в сезон и обрабатывать только тогда, когда в этом есть необходимость. Это снизит селекционное давление на популяцию патогена;

3) Необходимо следовать рекомендациям и нормам расхода, установленным фирмами-производителями. Снижение норм до сублетальных доз может уси-

лить развитие устойчивости;

4) Необходимо применять и разрабатывать интегрированные программы защиты, которые включают биологические методы, устойчивые сорта и использование фунгицидов;

5) Предпочтительно использование профилактических обработок фунгицидами, а не лечебных;

6) При первых признаках снижения эффективности следует: а) применять чередование или б) смеси фунгицидов с различным механизмом действия.

При разработке конкретной стратегии предупреждения резистентности фитопатогенов к фунгицидам необходимо руководствоваться некоторыми общими положениями теоретического плана:

- резистентность у грибов может возникнуть на всех этапах взаимодействия фунгицида с грибом: на этапе его проникновения в грибную клетку, в результате изменения чувствительности мишени, повышения активности детоксицирующих ферментов. Как правило, при изменении чувствительности мишени устойчивость формируется только к определенному классу фунгицидов. При этом не возникает перекрестной устойчивости к фунгицидам с другим механизмом действия. Наиболее опасно возникновение устойчивости, основанной на усилении активности ферментов, разрушающих фунгицид, которые имеют широкую субстратную специфичность (оксидазы, трансферазы, гидролазы и т.д.). В этом случае возникает устойчивость к фунгицидам из многих химических групп с различным механизмом действия (множественная устойчивость);

- важным моментом антирезистентной стратегии является необходимость правильного выбора между применением чередования или смеси фунгицидов с различным механизмом действия. При применении смеси фунгицидов с разным механизмом действия, но одинаково эффективных против чувствительной субпопуляции гриба, снижаются различия в скорости роста и размножения между чувствительной и устойчивой субпопуляциями. Чередование фунгицидов с

разным механизмом действия - это растянутое во времени очень длительное подавление устойчивых популяций. Существуют аргументы как в пользу чередования, так и в пользу смесей. Однако, выбор можно сделать только применительно к конкретному патогену, фунгициду, культуре. Если резистентность к фунгициду возникает быстро (то есть она бензимидазольного или стробилуринового типа), то правильнее использовать чередование фунгицидов с различным механизмом действия. Если же резистентность развивается медленно (триазольного типа), то, наряду с чередованием, возможно и применение смесей;

- существенным моментом в создании антирезистентной стратегии использования фунгицидов является знание биологических особенностей устойчивых и чувствительных субпопуляций гриба и, прежде всего, их конкурентоспособности. Устойчивые биотипы могут быть более жизнеспособны, что определяет их выживание в отсутствие селекционного давления фунгицида, к которому возникла резистентность. У таких биотипов может быть повышена споруляция, термоустойчивость и, в целом, стрессоустойчивость. По этой причине они могут стать доминирующими в популяции;

- чрезвычайно важно знать генетические особенности резистентных форм, особенно у фитопатогенов с половым процессом размножения, ибо в этом случае устойчивые и чувствительные формы будут скрещиваться. И если резистентность контролируется доминантно, то этот признак будет передаваться и чувствительным формам;

- не менее важно знать расовый состав устойчивых и чувствительных субпопуляций гриба; знание расового состава устойчивых субпопуляций гриба, вероятно, позволит путем правильного подбора сортов снизить интенсивность развития резистентных форм гриба;

- в популяции, как правило, может существовать несколько механизмов устойчивости. Известен случай (Израиль), когда устойчивая к металаксилу форма *Phytophthora infestans* была устойчива и

к фосэтилалюминию, и даже к манкоцебу.

Стратегия предупреждения резистентности возбудителей болезней зерновых культур к фунгицидам бензимидазольного и триазольного рядов. После почти 20-летнего применения фунгицидов этих химических классов во многих странах (Германия, Франция, Англия, Бельгия, Россия) происходит снижение их эффективности, связанное с проявлением полевой резистентности, например, у возбудителя гнили корневой шейки к бензимидазолам, у грибов рода *Fusarium* - к бензимидазолам, у мучнисторосяных грибов - к триазолам. Особенно интенсивно идет снижение эффективности триазолов против мучнистой росы в Западной Европе на ячмене. Что можно сделать для замедления процесса потери эффективности?

Основная стратегия - чередование и применение смесей веществ с различным механизмом действия. Один из возможных вариантов антирезистентной стратегии - ротация (замена) беномила (фундазола) на спортак, триазолов - на морфолины (например, корбел) или на применение смесей типа арчера (фенпропиморф + пропиконазол) или райдера (фенпиридин + пропиконазол). При этом надо учитывать, что смеси хороши до появления первых признаков резистентности - чередование можно использовать и позже.

Нельзя использовать для обработки семян и вегетирующих растений фунгициды с одинаковым действующим веществом, то есть нельзя использовать пары байтан - байлетон, раксил - фоликур, беномил - фундазол и т.д.

Антирезистентная стратегия использования фунгицидов на картофеле против фитофтороза уже сложилась. Она базируется в основном на использовании смесевых препаратов типа ридомил МЦ, акробат МЦ, авиксил, сандофан М 8; татту, оксихом, цитоксим, пилон, арцерид. Нами разработана и проверена на практике антирезистентная технология применения фунгицидов. Рекомендуется применять различные системы чередования при раннем, обычном и позднем про-

явлении фитофтороза. Рекомендуются три блока: первый - при раннем проявлении фитофторы - две первые обработки - полихом - дитан, даконил или хлорокись меди; две других - смесевыми препаратами, последняя - контактным. Второй блок - для обычного в смысле срока и не эпифитотийного проявления болезней. Первые две обработки в этом случае рекомендуем проводить смесевыми препаратами, последующие - контактными. Третий блок - при позднем и эпифитотийном развитии фитофторы рекомендуется применение трехкомпонентной смеси типа цитоксима, последняя обработка - контактным фунгицидом. Такие схемы использования фунгицидов предотвращают нарастание численности резистентных к металаксилу форм фитофторы.

Стратегия антрирезистентного использования стробилуринов на яблоне против парши и мучнистой росы. Стробилурины (строби, зато) есть в списке разрешенных к применению фунгицидов на многих культурах, но в основном на плодовых (яблоня, груша) против парши и мучнистой росы. Строби, кроме того, рекомендован против фитофтороза на томате, ложной мучнистой росы и мучнистой росы на огурце, смородине, винограде.

Для того чтобы стробилурины не теряли эффективность, их необходимо применять только в чередовании - не более двух раз в блоке и не более 3-х опрыскиваний в сезон. Типичная антрирезистентная программа обработок на яблоне включает первую обработку защитным фунгицидом (их может быть две во влажные годы), две последующие обработки 0.014% рабочим раствором стробилуринов (зато или строби) - дважды с интервалом в 10-12 дней. Последующая обработка - манкоцебом (или триазолом). Она может быть необходима, чтобы соз-

дать мостик для последующих обработок стробилуринами. При необходимости последняя обработка может быть проведена на стробилуринами, чтобы удлинить период контроля парши и мучнистой росы.

Хорус, зато, скор, топаз - препараты фирмы "Новартис" могут быть объединены в одной программе защиты плодовых культур от болезней. Хорус эффективен при низких температурах, предназначен для ранневесенней обработки, скор - для обработки в середине сезона, ибо он обладает сильным лечебным действием, зато - в середине и в конце сезона, возможно в чередовании со скором. Против первичной инфекции мучнистой росы на чувствительных сортах рекомендуется применять топаз.

В изучении устойчивости фитопатогенов к фунгицидам много нерешенных проблем. В частности, за небольшим исключением не созданы антрирезистентные стратегии использования фунгицидов на конкретных культурах против конкретных патогенов; нет постоянного мониторинга за резистентными формами наиболее опасных возбудителей болезней - головневых, фитофторы, ржавчинных, мучнисторосяных грибов, ложной мучнистой росы и др.; не исследуется генетическая и биохимическая природа резистентности; не изучен адаптивный потенциал устойчивых форм фитопатогенов в агроценозах. Не изучено влияние косвенных факторов (сорт, другие агрохимикаты, регуляторы роста, гербициды, инсектициды и т.д.) на возникновение устойчивости. Например, известно, что многие фосфорорганические инсектициды усиливают патогенность и токсикообразование видов фузариумов, поражающих зерновые культуры; возможно, это обстоятельство сказывается и на резистентности грибов к фунгицидам.

Заключение

В настоящее время в связи с появлением новых высокоселективных фунгицидов проблема устойчивости к ним у грибов стала весьма актуальной. Наличие полевой устойчивости у грибов к используемым системным фунгицидам из раз-

личных химических групп и возможность ее возникновения к новым препаратам, в частности к фунгицидам стробилуринового ряда, создает необходимость разработки антрирезистентных стратегий применения определенного ас-

сортимента препаратов практически на каждой культуре, в каждом регионе против каждого вида патогенов.

Появления устойчивых форм фитопатогенов к фунгицидам нельзя допускать. С этой целью надо проводить постоянный контроль (мониторинг) за степенью чувствительности патогенов к фунгицидам с момента появления их на рынке. Эту работу в России надо финансировать производителям препаратов, а осуществлять силами специалистов ВИЗР и других научных учреждений под эгидой Отделения защиты растений РАСХН. Схемы ротации фунгицидов должны утверждаться региональными станциями защиты растений. При освоении нового ассортимента весьма эффективных фунгицидов не следует повторять ошибок прошлого, примером которых является

широкое распространение устойчивости форм возбудителя фитофтороза к высокоэффективному в прошлом фунгициду металаксилу.

Мы должны защищать наиболее эффективный и безопасный с точки зрения экологии ассортимент фунгицидов от резистентности к ним фитопатогенов. Особенно это относится к фунгицидам стробилуринового ряда.

Теоретически обоснованные модели антирезистентной стратегии должны проверяться на практике. Однако экспериментальных данных, подтверждающих правильность той или иной теоретической модели, чрезвычайно мало, а в России практически нет. Предлагаемые нами антирезистентные стратегия защиты зерновых, плодовых культур и картофеля нуждаются еще в производственной проверке.

Литература

- Гольшин Н.М. Фунгициды. М, 1993, 307 с.
- Егураздова А.С. Резистентность фитопатогенов к фунгицидам и пути ее преодоления. /Обзорная информация: Агропромышленное производство: опыт, проблемы и тенденции развития, 1988, с.50-60.
- Зинченко В.А. Приобретенная устойчивость возбудителей болезней к фунгицидам. /Агро XXI, 12, 1999, с.5-7.
- Монастырский О.А. О резистентности возбудителей болезней к фунгицидам. /Агро XXI, 9, 2000, с.12-13.
- Тютерев С.Л., Алексеева С.П. Устойчивость *Botrytis cinerea* к новым фунгицидам - ронилану, ровралю и сумилексу. /Генетические последствия использования химических средств защиты растений и пути преодоления резистентности вредных организмов с учетом задач охраны окружающей среды. Тезисы докладов VI совещания, Рига, 1984, с. 107-108.
- Gullino M.L., Leroux P., Smith C.M. Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. /Crop Protection, 19, 2000, p.1-11.
- Leroux P., Chapeland F., Desbrosses D., Gredt M. Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckriana* (*Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards. /Crop Protection, 18, 1999, p.687-697.
- Newcombe G., Thomas P.L. Inheritance of carboxin resistance in a European field isolate of *Ustilago nuda*. /Phytopathology, 90, 2, 2000, p.179-182.
- Sierotzki H., Wullschlegler J., Gisi U. Point mutation in cytochrome b gene conferring resistance to strobilurine fungicides in *Erysiphe graminis* f. sp. tritici field isolates. /Pesticide Biochemistry and Physiology, 68, 2000, p.107-112.
- Waard de M.A. Significance of ABC transporters in fungicide sensitivity and resistance. /Pestic Sci, 51, 3, 1997, p.271-275.

Доклад на IX совещании "Современное состояние проблемы резистентности вредителей, болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века" СПб, 21 декабря 2000 г.

PROBLEMS OF PHYTOPATHOGEN RESISTANCE TO NEW FUNGICIDES

S.L.Tiuterev

The current status of the problem of phytopathogen resistance to major chemical groups of fungicides is considered. The results of field tests on the subject are summarized. Information on fungicides that may induce the cross-resistance in fungi is given. New fungicides are characterized and recommendations on their application are delivered in the context of antiresistant strategy. Factors influencing the fungus resistance to fungicides are considered and the role of chemical activators of disease resistance in antiresistant technologies is shown. A new effective choice of fungicides is proposed for use on cereals, potato and fruit crops within the ambit of the above strategy.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ СОРНЯКОВ К ГЕРБИЦИДАМ

Ю.Я.Спиридонов

Всероссийский НИИ фитопатологии, Московская область

Обобщены результаты многолетних опытов по возникновению резистентных к гербицидам биотипов сорняков в монокультурах кукурузы, мандарина, яровой пшеницы и риса, проведенные в условиях влажных субтропиков Западной Грузии, Подмосковья и Приморья, к препаратам из производных симм-триазина, фенилмочевины, аминопиколиновой кислоты и сульфонилмочевины. Указаны основные причины возникновения резистентности сорняков к различным классам соединений и пути борьбы с этим явлением.

Проблема резистентности сорняков к гербицидам стала особенно активно обсуждаться в последнее десятилетие (Соколов, 1999). По имеющимся у нас литературным источникам, сейчас насчитывается около 240 видов сорняков, которые приобрели четко выраженную резистентность к определенным классам гербицидов. Термин "приобретенная устойчивость" применяется в тех случаях, когда в чувствительной к тому или иному гербициду части ценоза сорняков или у отдельных ее видов появляются нечувствительные (резистентные) к нему формы. Эта резистентность может иметь генетическую природу и тогда она, как правило, бывает стабильной, или же она может быть обусловлена физиологической адаптацией и быстро исчезает, когда данный вид сорной растительности не подвергается повторным воздействиям конкретного гербицида (фитотоксиканта). Некоторые авторы называют этот последний тип уменьшенной чувствительностью или толерантностью, а первый – резистентностью (устойчивостью) (Dekker, Georgopoulos, 1982).

К проблеме приобретенной резистентности сорняков к гербицидам при их традиционном (в существующих севооборотах) применении нужно подходить крайне внимательно.

Во-первых, в некоторых работах ошибочно включены в разряд сорняков с приобретенной резистентностью те из них, что обладали относительной устойчивостью к тому или иному фитотоксиканту, и которые в связи со снижением конкуренции со стороны уничтоженных

гербицидом чувствительных видов сильно размножились в посевах сельскохозяйственных культур. В действительности в данном случае мы имеем чисто природную устойчивость того или иного вида сорняков к изучаемому гербициду. Примером может служить устойчивость проса волосовидного (*Panicum capillare*) к эрадиану или атразину, которая при многолетнем применении названных гербицидов в посевах кукурузы в условиях Приуралья и Сибири превратилось в злостного засорителя этой культуры. Аналогичная ситуация возникла с гумаем (*Sorghum halepense*) при многолетнем применении атразина в посевах монокультуры кукурузы в условиях Северного Кавказа.

Во-вторых, в случае, когда гербициды применяются в севооборотах, если и возникают резистентные биотипы сорняков, то они погибают при последующей обработке посевов культур севооборота гербицидами других классов, обладающими другими механизмами действия.

В-третьих, появление резистентных биотипов сорняков обычно связано с монокультурой, где очень часто применяются одни и те же гербициды в течение нескольких лет. Так возникли устойчивые биотипы крестовника (*Senecio vulgaris*), лебеды (*Atriplex* spp.), щирицы (*Amaranthus* spp.), паслена черного (*Solanum nigrum*) к симм-триазинам в многолетних насаждениях (сады, виноградники), клубнекамышша (*Bolboschoenus* (*Aschers*) *Palla*) и стрелолиста (*Sagittaria*) к лондаксу в рисовых плантациях, а

также кохии веничной (*Kochia scoparia*), плевела жесткого и многолетнего (*Lolium rigidum* и *L. perenne*), латука дикого (*Lactuca serriola*), звездчатки средней (*Stellaria media*), солянки иберийской (*Salsola iberica*) - к сульфонилмочевинам.

В отечественной литературе практически отсутствуют данные по влиянию гербицидов на появление резистентных биотипов сорняков. В настоящей статье сделана попытка обобщения результатов собственных многолетних исследований по данному вопросу.

Материалы и методы

С целью выяснения ситуации с ценозом сорняков, возникающей при многолетнем применении гербицидов на посевах или посадках различных сельскохозяйственных культур, нами в 1960-1990 гг. была проведена серия опытов в нескольких почвенно-климатических зонах бывшего СССР на фоне различных агрофитоценозов с использованием гербицидов разных классов химических соединений.

Полевые эксперименты по выявлению резистентных к гербицидам биотипов сорняков требуют особого подхода. Прежде всего, они должны быть вынесены на специально отведенные участки, типичные для изучаемой зоны по свойствам почв и ценозу сорной растительности, а возделывание сельскохозяйственных культур должно соответствовать агроправилам, принятым для данного региона. Основным требованием в постановке таких экспериментов является принцип сравнимости полученных данных в течение всего многолетнего эксперимента.

Опыт 1 был заложен в 1966-1970 гг. на экспериментальном поле бывшего Грузинского филиала ВНИИФ в Западной Грузии (Кобулетский р-н, Аджария) на бессменных посевах кукурузы сорта Аджаметская белая. Опыт проведен с различными гербицидами из производных симм-триазина (атразин, симазин, пропазин и прометрин). В соответствии со схемой опыта (рис.1) названные гербициды в дозах 5, 10 и 20 кг/га (здесь и

далее по тексту дозы гербицидов приведены по препарату) наносились на одни и те же делянки в течение пяти лет, полностью копируя схему предшествующего года. Контролем служили делянки, на которых изучаемые гербициды ежегодно вносили на новые площади, где гербициды ранее не применялись, а борьба с сорняками проводилась только агротехническим способом.

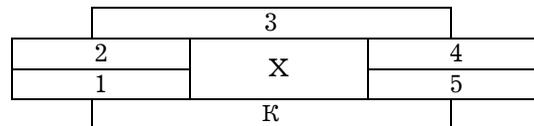


Рис.1. Схема первого опыта

1, 2, 3, 4, 5 - варианты с однократным применением гербицидов в 1996, 1967, 1968, 1969 и 1979 годах соответственно; X - вариант с 5-кратным ежегодным применением гербицидов; K - контроль без гербицидов

Гербициды в виде водной суспензии с объемом жидкости 500 л/га вносили ранцевым опрыскивателем без последующей заделки в почву за 2-3 дня до появления всходов кукурузы. Площадь опытных делянок 50 м², повторность пятикратная, расположение вариантов последовательное с элементами рендомизации.

Схема первого опыта (также как и все последующие опыты) была расположена так, что в течение 5 лет эксперимента делянки с ежегодным многократным применением гербицидов одной из сторон граничили с одноименными делянками с однократным использованием этих препаратов. Это позволило исключить влияние естественной пестроты плодородия опытного поля, ценоза засоренности и погодных условий вегетационных сезонов на объективность результатов эксперимента.

С целью изучения реакции кукурузы на систематическое внесение гербицидов симм-триазинов в почву семенной материал, собранный с делянок первого года, в течение последующих четырех лет ежегодно высевали на одних и тех же делянках.

Почва опытного участка лугово-болотная, среднесуглинистая, средне-

окультуренная с содержанием гумуса 2.7%, $pH_{\text{сол}}$ 4.9, подвижных форм азота, фосфора и калия 10, 9 и 14 мг/100 г почвы соответственно. Грунтовые воды залегают на глубине 60-90 см. Выращивание кукурузы производили в строгом соответствии с агроправилами, принятыми для данной зоны.

Посевы кукурузы засорены типичными для региона сорняками: щетинником сизым (*Setaria glauca*), куриным просом (*Echinochloa crusgalli*), росичкой кровавой (*Digitaria sanguinalis*), гречкой пальчатой (*Paspalum digitaria*). Единичными экземплярами в агрофитоценозе представлены: хвощ полевой (*Equisetum arvense*), гречишка развесистая (*Polygonum hydro-piper*), амарант колосистый (*Amaranthus maritimum*), чернопобельник обыкновенный (*Artemisia vulgaris*), дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium*). Общее количество сорняков от 270 до 450 шт/м².

Действие гербицидов на агрофитоценоз определяли в момент уборки урожая кукурузы. При этом учитывали количество надземной фитомассы со всей опытной делянки с последующим разделением на кукурузную и сорняковую. В кукурузной - определяли массу початков, стеблей и зерна, а в сорняковой - массу отдельных видов сорняков.

Опыт 2 был заложен также в Западной Грузии (Чаквинский р-н, Абхазия) в 1968-1970 гг. в 10-летней плантации мандарина с использованием гербицидов из производных фенилмочевины. В данном опыте гербициды диурон и монурон в дозах 12, 16 и 20 кг/га ежегодно в течение трех лет наносили на поверхность почвы весной после перекопки пристволевой зоны деревьев.

Почва опытного участка краснозем обыкновенный среднесуглинистый с содержанием гумуса 3.1%, $pH_{\text{сол}}$ 4.9, подвижных форм азота, фосфора и калия 10, 17 и 27 мг/100 г почвы соответственно. Грунтовые воды залегают на глубине более 10 м.

Плантация мандарина засорена типичными для зоны сорняками: эректитом (*Erechtites valerinaefolia*), чернопобель-

ником (*Artemisia vulgaris*), росичкой кровавой, папоротником (*Pteridium tauricum*), чаквинской травой или полянкой безродной (*Pollinia imberbis*), куриным просом, щетинниками зеленым и сизым (*Setaria varidis* и *S.glauca*), вьюнком (*Convolvus arvensis*). Общее количество сорняков от 380 до 550 шт/м².

Опыт 3 был заложен в 1992-1996 гг. в монокультуре яровой пшеницы в Московской области. В данном опыте изучалось влияние 4-летнего ежегодного применения тордона 22К (д.в. пиклорам) в дозах 0.5, 0.75 и 1 кг/га и глина (д.в. хлорсульфурон) в дозах 0.01, 0.015 и 0.025 кг/га на ценоз сорняков в посевах яровой пшеницы.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, среднеокультуренная с содержанием гумуса 2.3%, $pH_{\text{сол}}$ 5.2; подвижных форм азота, фосфора и калия, соответственно, 12, 18 и 17 мг/100 г почвы.

Опытный участок был засорен типичными для зоны сорняками ромашкой непахучей (*Matricaria inodora*), редькой дикой (*Raphanus raphanistrum*), марью белой (*Chenopodium album*), пикульником обыкновенным (*Galeopsis tetrahit*), дымянкой лекарственной (*Fumaria officinalis*), осотом розовым (*Cirsium setosum*), звездчаткой средней (*Stellaria media*) и метлицей обыкновенной (*Apera spica-venti*). Единичными экземплярами были представлены: куриное просо, осот полевой (*Sonchus arvensis*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*). Всего насчитывалось сорняков от 230 до 440 шт/м².

В качестве посевного материала использовали семена яровой пшеницы сорта Московская 35. В варианте первого года применения гербицидов использовали элитные семена пшеницы, а в вариантах с повторным внесением использовали зерно, полученное с этих же делянок после предыдущего года проводимого эксперимента.

Опыт 4 был проведен в 1992-1996 гг. в монокультуре риса в Приморском крае

(Ханкайский р-н, опытное поле ДВНИИЗР) с 4-летним применением лондакса (д.в. бенсульфурон-метил) в дозах 0.7 и 1.4 кг/га. Ввиду того, что лондакс уничтожает в основном виды двудольных сорняков, весь опытный участок для борьбы со злаковыми (ежовники) сорняками ежегодно обрабатывался ордрамом в дозе 6 кг/га.

Почва опытного участка лугово-глеявая, тяжелосуглинистая, средне-окультуренная с содержанием гумуса 2.1%, рН_{сол.} 5.0, подвижных форм азота,

фосфора и калия 9, 12 и 13 мг/100 г почвы соответственно.

Посевы риса были засорены просянской рисовой (ежовником рисовым) (*Echinochloa oryzoides*), клубнекамышом морским (*Bolboschoenus maritimus*), болотницей сосочковой (*Eleocharis mamillata*), стрелолистом трилистным (*Sagittaria trifolia*), частухой восточной (*Alisma orientale*), монохорией Корсакова (*Monochoria Korsakovii*) и др. Всего насчитывалось сорняков от 240 до 320 шт/м².

Результаты и обсуждение опытов

Как показали результаты опытов, многократное применение гербицидов различных классов химических соединений приводит к существенному изменению ценоза сорной растительности и может способствовать появлению рези-

стентных к ним биотипов сорняков. Так, систематическое пятилетнее применение симм-триазинов в монокультуре кукурузы приводит к изменению структуры агрофитоценоза в сторону увеличения доли сорняков в фитомассе (табл.1).

Таблица 1. Влияние симм-триазинов на урожай фитомассы в посевах монокультуры кукурузы, ц/га (Западная Грузия, 1969-1970)

Вариант	Однократное применение			Пятикратное применение		
	урожай фитомассы	в том числе		урожай фитомассы	в том числе	
		кукурузы	сорняков		кукурузы	сорняков
Контроль	407	98	309	506	64	442
- без прополки и гербицидов						
Контроль - трехразовая ручная прополка без гербицидов	234	234	-	243	243	-
Атразин, 5 кг/га*	306	182	124	404	106	293
10	257	227	30	330	135	194
20	225	225	-	324	193	130
Симазан, 5 кг/га	284	201	70	429	104	325
10	293	249	49	457	153	304
20	264	249	15	338	229	109
Пропазин, 5 кг/га	355	199	156	516	94	422
10	362	216	46	518	103	409
20	270	248	22	380	177	202
Прометрин, 5 кг/га	332	147	185	489	90	392
10	257	208	49	394	103	291
20	185	142	43	412	135	277

*Здесь и далее в таблицах дозы гербицидов даны по препарату.

Особенно это отмечается на делянках с многократным применением прометрина и пропазина, где даже в дозе 20 кг/га не достигалось снижения засоренности посевов кукурузы более чем на 53-67%, а делянки с дозами 5 и 10 кг/га представляли сплошной сомкнутый ковер сорняков. При этом после 5-летнего ежегодно-

го применения наблюдалось практически полное уничтожение видов двудольных сорняков (чернобыльник, дурнишник, вьюнок, горцы и др.) и многих злаковых видов (куриное просо, щетинники). Однако вместо этих сорняков появились и заняли освободившуюся нишу виды, которые на контрольном участке были пред-

ставлены в количестве 1-3 шт/м². При этом отмечено четкое различие в действии изучаемых гербицидов на эти виды сорняков. Так, на делянках с многолетним применением атразина, симазина и пропазина преобладала (от 75 до 90% от общего ценоза сорняков) росичка кровавая (*Digitaria sanguinalis*), а с прометрином (от 88 до 95% от ценоза) гречка пальчатая (*Paspalum digitaria*). Названные сорняки настолько сильно размножились, что представляли сплошной травостой, достигающий 400-600 шт/м². Наблюдения показали, что в первые 2 года эксперимента ни росичка кровавая, ни гречка пальчатая не отличались природной повышенной устойчивостью к симметриазинам. Признаки приобретенной резистентности эти виды проявили только на третий год эксперимента, и в дальнейшем их устойчивость к гербицидам увеличивалась нарастающими темпами. Эта закономерность особенно четко проявилась на делянках изучаемых герби-

цидов в дозах 20 кг/га, где в первые 2 года эксперимента наблюдалась практически полная гибель всех видов сорняков, а через 5 лет на этих делянках присутствовали только резистентные биотипы - росичка кровавая (атразин, симазин и пропазан) и гречка пальчатая (прометрин). Накопление резистентных биотипов росички кровавой на вариантах с пропазином шло более высокими темпами, чем с атразином и симaziном. Более подробные сведения о результатах данного эксперимента представлены в наших предыдущих публикациях (Спиридонов и др., 1973).

В промышленной плантации мандарина при трехлетнем ежегодном применении диурина и монурона в дозах 12, 16 и 20 кг/га структура агрофитоценоза изменялась в другом темпе (рис.2): не было отмечено заметного снижения общей биологической (технической) эффективности изучаемых гербицидов от кратности их применения.

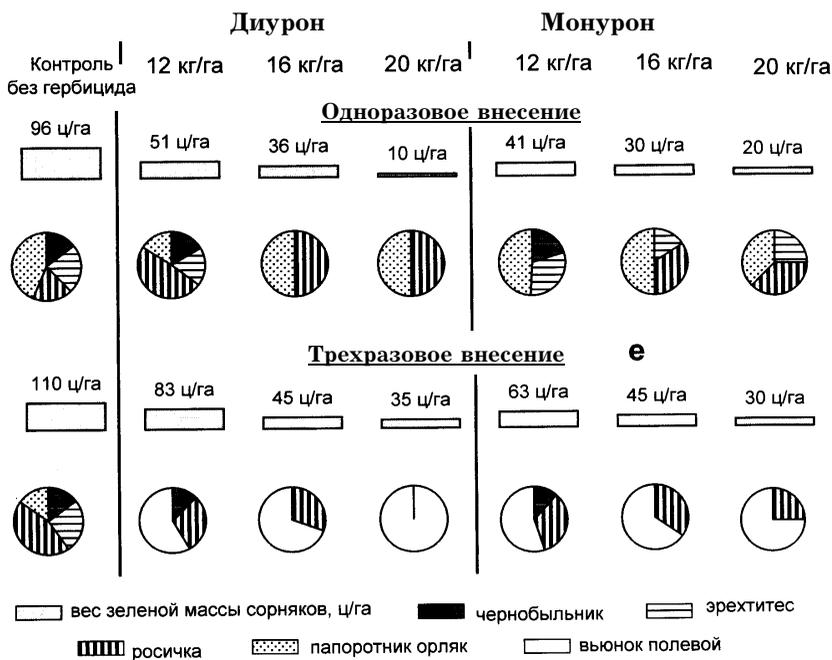


Рис.2. Влияние диурина и монурона на видовой состав сорняков в посадках мандариновых деревьев (влажные субтропики, Западная Грузия)

Более того, наблюдалась некоторая тенденция увеличения их эффективности. Очевидно, это связано с кратковременностью (всего 3 года) периода эксперимента. Тем не менее, и в данном опыте отмечена четкая картина появления резистентных биотипов сорняков к диурону и монурону. В нашем случае это касается вьюнка полевого, который в исходном ценозе сорняков был представлен в количествах 2-4 шт/м² и в первый год применения диурона и монурона погиб от изучаемых доз гербицидов. Однако после 3-кратного применения этих гербицидов наблюдалось абсолютное преобладание вьюнка полевого в ценозе сорняков. При этом количество его в ценозе увеличивалось с повышением дозы гербицидов, а на делянках с трехлетним применением диурона в дозе 20 кг/га только этот вид присутствовал в ценозе сорняков. Из данных рисунка 2 видно, что накопление

резистентных биотипов вьюнка от применения диурона шло более высокими темпами, чем от монурона.

В посевах монокультуры яровой пшеницы исследования проведены с тордоном 22К (д.в. пиклорам) и глином (д.в. хлорсульфурон), которые отличаются по механизму действия на растения. Пиклорам действует на растения как регулятор роста, а хлорсульфурон подавляет активность ацетосинтазлактазы. Как показали результаты эксперимента (табл.2), в год химобработки наибольшее снижение засоренности отмечалось от применения глины в дозах 0.01-0.025 кг/га, где даже от дозы 0.01 кг/га наблюдалось практически полное уничтожение видов двудольных сорняков. В то же время эффективность тордона 22К в дозах 0.5 и 0.75 кг/га против этой же группы сорняков была на уровне 47-60% и только в дозе 1 кг/га она достигла 80%

Таблица 2. Влияние глины и тордона 22К на урожай фитомассы в посевах монокультуры яровой пшеницы, ц/га (Московская обл., ВНИИФ, 1992-1996)

Вариант	Однократное применение			Четырехкратное применение		
	урожай фитомассы	в том числе		урожай фитомассы	в том числе	
		пшеницы	сорняков		пшеницы	сорняков
Контроль - без прополки и гербицидов	81.0	34.5	46.5	86.6	35.6	51.0
Глина, 0.01 кг/га	66.2	41.4	24.8	75.0	35.8	39.2
0.015	55.2	45.6	11.6	66.5	40.0	26.5
0.025	47.9	45.2	2.7	51.0	43.9	7.1
Тордон 22К, 0.5 кг/га	69.7	43.2	26.5	71.6	45.6	26.0
0.75	66.8	35.9	20.9	70.7	48.3	22.4
1.0	57.5	51.0	6.5	59.1	54.0	5.1

После четырехлетнего применения глины в дозах 0.01 и 0.015 кг/га биологическая эффективность его снизилась практически в 2 раза и составила 43 и 61% соответственно; только в дозе 0.025 кг/га она была на уровне 80%. Наблюдения показали, что снижение биологической эффективности глины при многократном применении в монокультуре яровой пшеницы произошло за счет резкого увеличения в ценозе сорняков численности мари белой, количество которой в начале эксперимента было от 9 до 13

шт/м², а через 4 года - от 87 до 143 шт/м². В год применения глины в дозе 0.01 кг/га гибель этого сорняка составила 85%, тогда как через 4 года такой эффект был получен от применения гербицида только в дозе 0.025 кг/га. Из других широколистных сорняков не было отмечено существенного изменения в уровне устойчивости при многократном применении глины в дозах до 0.025 кг/га.

Исследования не выявили существенного изменения чувствительности различных видов широколистных сорняков

при 4-летнем ежегодном применении тордона 22К в дозах 0.5-1 кг/га. За этот период наблюдений биологическая эффективность тордона 22К не только не снизилась, а даже несколько повысилась.

В посевах монокультуры риса исследования с гербицидом лондакс (д.в. бенсульфурон-метил) в дозах 0.7 и 1.4 кг/га (70 и 140 г/га по д.в.) показали, что ежегодное в течение 4-х лет применение лондакса в таких дозах приводит к значительному снижению его как биологической, так и хозяйственной эффективности (табл. 3 и 4). Так, уровень биологической эффективности лондакса в дозе 0.7 кг/га при таком способе применения снизился в 2.1 раза, а в дозе 1.4 кг/га - в

4.7 раза, что привело к снижению урожая фитомассы риса, соответственно, в 1.7 и 1.5 раза (табл.3).

Одной из основных причин столь резкого падения эффективности лондакса, на наш взгляд, является появление резистентных к данному гербициду биотипов клубнекамышья морского и стрелолиста трилистного. Как свидетельствуют данные, таблицы 4, устойчивость названных видов сорняков к лондаксу за 4-летний период наблюдений увеличилась более чем вдвое. При этом накопление резистентных биотипов стрелолиста трилистного к изучаемому гербициду шло более высокими темпами, чем клубнекамышья морского.

Таблица 3. Влияние лондакса на урожай фитомассы в посевах монокультуры риса, ц/га
Приморский край, ДВНИИЗР, 1992-1996

Вариант	Однократное применение			Четырехкратное применение		
	урожай фитомассы	в том числе		урожай фитомассы	в том числе	
		надземной массы риса	сорняков		надземной массы риса	сорняков
Контроль - без прополки и гербицидов	68.1	39.6	28.5	66.2	34.5	31.7
Лондакс, 0.7кг/га	79.1	70.1	9.0	60.8	41.5	19.3
1.4	83.9	80.2	3.7	71.1	53.4	17.7

Таблица 4. Эффективность лондакса против клубнекамышья морского и стрелолиста трилистного (Приморский край, ДВНИИЗР)

Вариант	Снижение засоренности, % к контролю			
	Однократное применение		Четырехкратное применение	
	клубнекамышья	стрелолиста	клубнекамышья	стрелолиста
Контроль - без гербицидов	-37*/41**	-28*/36**	-40*/38**	-38*/47**
Лондакс, 0.7 кг/га	67/79	81/90	39/41	31/42
1.4	86/92	98/99	53/58	44/43

*Количество сорняков в момент уборки урожая риса, шт/м². **Зеленая масса, г/м².

Таким образом, эксперименты по многолетнему применению различных классов гербицидов в посевах (посадках) различных монокультур показывают, что при таком "жестком" способе применения гербицидов создаются благоприятные условия для появления резистентных к изучаемым препаратам биотипов сорняков. В частности, экспериментально установлено, что многократное ежегодное применение пропазина, атразина и сима-

зина приводит к появлению резистентных биотипов росички кровавой, прометрина - гречки пальчатой, диурона и монурона - мари белой, лондакса - клубнекамышья морского и стрелолиста трилистного.

В то же время наш многолетний опыт работы с гербицидами показывает, что при применении их в севообороте, если и появляются резистентные к ним биотипы сорняков, то они погибают при после-

дующей обработке посевов сельскохозяйственных культур другими классами гербицидов. Тем не менее нельзя отрицать факты снижения эффективности гербицидов при массовом применении в сельскохозяйственной практике. При этом отмечается, что появление устойчивых биотипов сорняков к гербицидам нового поколения (сульфонилмочевины, имидазолиноны) идет быстрее, чем к гербицидам старого поколения (хлорфеноксиуксусные и хлорбензойные кислоты, симм-триазины и др.). Так, первые факты появления резистентных биотипов сорняков к гербицидам из производных 2,4-Д появились после 35-40-летнего массового применения этих препаратов, к симм-триазинам - через 10-15, а к сульфониломочевине - через 4-6 лет. Причины такого явления могут быть как чисто технические, так и физиолого-биохимические.

Во-первых, повсеместное сокращение числа полей в севооборотах с 7-11 до 4-5, а порой до 3-х полей в хозяйствах России, привело к тому, что одни и те же гербициды стали применяться за ротацию севооборотов в 2-3 раза чаще, чем ранее, что сразу отразилось на ценозе сорняков: кроме распространения видов, отличающихся природной устойчивостью к применяемым гербицидам, появились и резистентные биотипы сорняков.

Во-вторых, такие гербициды как 2,4-Д, пиклорам, дикамба имеют многоцелевой механизм действия типа "регулятора роста" растения, и к ним медленнее возникает резистентность биотипов сорняков. В то же время сульфониломочевинные и имидазолиноновые гербициды имеют точечный однозначный механизм (место) действия - подавление синтеза аминокислот с разветвленной цепью. Энзим ацетолактатсинтаза (АЛС), на который действуют эти гербициды, изменчив, при этом измененный энзим функционирует нормально. Именно по этой причине многими учеными и практиками было отмечено появление резистентных био-

типов сорняков в первые 4-6 лет применения глина и лондакса. При этом сокращение ротации севооборота или переход на монокультуру способствует ускоренному появлению резистентных биотипов сорняков к данному классу гербицидов.

Как избежать появления резистентных биотипов сорняков и, как следствие, снижения эффективности столь перспективных для народного хозяйства гербицидов нового поколения? В качестве первоочередных путей можно назвать следующие:

- использовать баковые смеси с гербицидами типа 2,4-Д, дикамбы и других гербицидов 2 или 3-го поколений;

- смеси должны иметь 2-3 механизма действия на растения;

- практиковать смену ассортимента гербицидов, отличающихся по механизму (месту) действия;

- отказаться от практики сокращения ротации севооборотов, так как основная масса сорняков сопутствует определенным культурам, а уничтожение этих видов сорняков требует применения различных гербицидов;

- постоянно проводить мониторинг засоренности полей, с целью своевременного реагирования на появление резистентных форм сорняков к тому или иному классу гербицидов.

Подтверждением сказанному могут служить разработанные нами смеси гербицидов фенфиз (2,4-Д + хлорсульфурон) и дифезан (дикамба + хлорсульфурон), применение которых в последние 5-6 лет не привело к заметному снижению их биологической и хозяйственной эффективности.

Основные достоинства таких комплексных препаратов следующие:

- оба действующих вещества в смеси эффективны против многих устойчивых к 2,4-Д видов широколистных сорняков;

- смесь увеличивает спектр действия на сорняки;

- вероятность развития устойчивости у

сорняков сильно снижается из-за многостороннего механизма действия на один и тот же сорняк;

- исходные дозы гербицидов значительно меньше, что снижает экологическую нагрузку на окружающую среду.

В заключение отметим, что проблема возникновения резистентности сорняков к применяемым в России гербицидам не может объективно отслеживаться без хорошо поставленной системы информа-

ции по мониторингу сорной растительности, ее количественного и видового состава в посевах сельскохозяйственных культур в различных регионах РФ. Такие наблюдения требуют системного подхода и должны проводиться на фоне существующих в настоящее время севооборотов, агротехнических приемов и используемых современных химических средств борьбы с сорняками.

Литература

Соколов М.С. Биотико-популяционная адаптация сорняков к средствам борьбы. /Сельскохозяйственная биология, 1, 1999, с.3-12.

Спиридонов Ю.Я., Спиридонова Г.С. Действие систематического применения симм-триазинов на агрофитоценоз. /Агрехимия, 2, 1973, с.118-127.

Спиридонов Ю.Я., Гагау К.В., Гоголишвили

А.А., Менаришвили У.Х., Нихотин В.В. Научные основы успешного применения гербицидов в условиях влажных субтропиков Западной Грузии. /Изд-во "Сабчата Аджария", 1973, 44 с.

Dekker Ed., Georgopoulos S.C. Fungicide resistance in crop protection. Wageningen, 1982, 265 p.

Доклад на IX совещании "Современное состояние проблемы резистентности вредителей, болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных стран на рубеже XXI века" СПб, 21 декабря 2000 г.

PECULIARITIES OF WEED RESISTANCE TO HERBICIDES

Yu.Ia.Spiridonov

The results of many years' studies on the peculiarities of the development of weed resistance to herbicides are given. Herbicides based on derivatives of simm-trasin, phenylurea, aminopicoline acid, sulfonylurea were investigated when applied on monocultures of maize, spring wheat, rice and tangerine-trees. Major causes of the development of resistance are indicated. The use of tank mixes of herbicides may slow down the development of resistance.

ЭКОЛОГИЗИРОВАННОЕ РАСТЕНИЕВОДСТВО КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АПК РОССИИ

М.С.Соколов

НИИ токсикологии и гигиенической регламентации биопрепаратов МЗ РФ

Обсуждаются проблемы экологического кризиса, его причины и последствия в целом в мире, и для России в частности. Приведен анализ причин спада производства в стране сельскохозяйственной продукции и прежде всего зерна. Даны предложения по стабилизации развития АПК России и определены направления устойчивого развития растениеводства. Подчеркнута важная роль в этом процессе оптимизации фитосанитарной ситуации в агроценозах и в агроландшафтах.

Экологический кризис наступил?

За сравнительно небольшой период существования земледелия (порядка 10 тысяч лет) человечество реализовало всего два этапа природопользования - экстенсивный (длвшийся тысячелетия) и интенсивный (десятки лет). В канун третьего тысячелетия целый ряд стран, включая Россию, оказались затронуты глобальным экологическим кризисом. По своим масштабам, скорости развития, сложности инициированных проблем он не имел аналогов в прошлом.

Современные неблагоприятные изменения окружающей природной среды, именуемые глобальной экологической проблемой (ГЭП), такие как исчерпание невозобновимых природных ресурсов, загрязнение компонентов биосферы и образование ксеноценозов, сокращение биоразнообразия, обезлесение, опустынивание, ухудшение качества поверхностных и подземных вод, рост концентрации парниковых газов в атмосфере, истощение озонового слоя, деградация сельскохозяйственных угодий, наконец, уменьшение производства продовольствия на душу населения в большинстве стран не только приобрели общепланетарный характер, но и происходят со скоростями, которые никогда не имели места в прошлом.

Напомним, что к концу XX века 16% почв мира испытывают крайнюю или сильную степень деградации, 46% - умеренную. Чрезмерные нагрузки на пастбища, оскудение, вырубка и вымирание лесов, а также неумеренная земледельческая деятельность привели к эро-

зии почвы. В результате 70% угодий в засушливой зоне находятся в критическом состоянии, а части земель угрожает опустынивание. Ежегодно на планете гибнет 1% лесов и особенно быстро этот процесс идет в развивающихся странах. В России в расчете на душу населения приходится рекордное количество нарушенных земель (4.5 га), в США - 3.6 га, в странах ЕС - от 0.25 (Нидерланды) до 1.2 га (Испания).

Очевидно, что пока не удовлетворены самые насущные потребности подавляющего большинства населения России, в частности, пока оно не обеспечено полноценным продовольствием, экологические проблемы (и глобальные, и локальные) будут оставаться для страны на втором плане. Сложность теперешнего положения России заключается в многолетней, хронической зависимости ее народного хозяйства от международного рынка продовольствия. В последнее десятилетие эта зависимость настолько усилилась, что с нею попросту свыклись. Желание и впредь покупать и зерно, и продукты животноводства отучило нас стабильно и в необходимом количестве производить эту продукцию внутри страны. Отдельные попытки государственных органов решить эту проблему пока не привели к существенным положительным сдвигам. Даже после августовского (1998) кризиса, когда отечественный производитель в силу падения курса рубля по отношению к доллару получил очевидные преимущества, импортное продо-

вольствие в структуре потребления в целом по стране составляет по разным продуктам от 50 до 85%, а в крупных городах - от 60 до 90%.

Обратимся к конкретным фактам и попытаемся дать ответ на вопрос: что будем есть завтра (если ситуация на

внешнем рынке почему-либо изменится не в нашу пользу)? И не будем забывать о том, что в настоящее время менее 10 стран экспортируют зерно, а более 100 - его покупают; более половины экспортируемой пшеницы приходится на долю США и Канады.

Что будем есть завтра?

В условиях демографического "взрыва" и борьбы за невозобновимые ресурсы продовольствие становится мощным оружием политического и экономического давления на страны, которые не могут прокормить собственное население. Фундамент продовольственной безопасности любой страны - зерновое хозяйство. Ни в коей мере не умаляя значения незаменимого "второго хлеба" в Европе - картофеля, выращивание которого в России практически полностью доверено самому потребителю, очень кратко рассмотрим условия, лимитирующие производство в России высококачественного продовольственного зерна, в частности пшеницы. Именно эта культура (а для северных территорий еще и озимая рожь) всегда выручала наш народ, спасала его от голода и позволяла вести сбалансированную международную торговлю.

В 1999 г. Россия получила всего 54.7 млн.т зерна (в весе после доработки). Уместно напомнить, что еще в 1913 г. в стране было собрано 50.5 млн.т зерна, причем почти без всяких средств механизации... Согласимся с теми экспертами, которые считают, что для стран с высококоразвитым продовольственным комплексом необходимо производить на душу населения ежегодно не менее 1 т зерна. Здесь учтены все виды перерабатывающей промышленности и потребности животноводства. Фактически же в 1999 г в расчете на душу населения получено всего около 374 кг зерна. По разным оценкам, минимальный ежегодный дефицит зерна для России составляет 10-15 млн.т. Если же учитывать полное удовлетворение потребностей населения, то дефицит вырастет до 80 млн.т. Не намного лучше ситуация с производством товарного высококачественного зерна

складывается в стране и в 2000 г. По оценкам Министерства сельского хозяйства РФ, в 2000 г. собрано примерно 65 млн.т зерна, около 445 кг в расчете на душу населения.

Дефицит зерна вообще и высокобелковой озимой пшеницы в частности возник в России по трем основным причинам. Во-первых, вследствие различных нарушений технологии ее возделывания, например, из-за игнорирования подкормок ее посевов минеральными удобрениями, особенно азотными. Во-вторых, в основных зонах возделывания пшеница повреждается в период колошения - налива зерна клопом-черепашкой, а также поражается листостебельными инфекциями; это не позволяет получать сильное или ценное зерно с высоким содержанием клейковины. В-третьих, допускаются ошибки в сортомене и сортообновлении культуры, когда по разным причинам селекционеры утратили интерес к семеноводству ее высших репродукций, а земледельцы в массе своей лишены средств на приобретение высококачественных семян пшеницы, зачастую отдавая предпочтение более урожайным, но низкобелковым кормовым сортам.

Значительная доля зерна пшеницы и других культур утрачивает свое качество в процессе хранения (на токах, под навесами и в других непригодных помещениях). Здесь оно повреждается разнообразными вредителями и загрязняется микотоксинами. Сегодня хранить зерно на элеваторе не только фермеру, но и многим специализированным хозяйствам просто не по карману. Наконец, к сказанному следовало бы добавить и дефицит высококвалифицированных специалистов: не престижными, немодными становятся сегодня профессии агронома,

сельского инженера и др. Так, по данным Министерства сельского хозяйства, среди всех категорий специалистов высшее образование имеют только 55%, что на 8% меньше, чем было в 1991 г. За этот же период удельный вес руководителей хозяйств с высшим образованием снизился с 86 до 73%. Наконец, последнее десятилетие характеризовалось постоянным, устойчивым спадом (7-8-кратным) применения пестицидов, минеральных удобрений и других агрохимикатов. И, конечно же, повсеместно имеет место небывалая ранее изношенность сельскохозяйственной техники. По данным все того же Министерства сельского хозяйства, и продовольствия за последние 10 лет парк зерноуборочных комбайнов сократился на 50%, тракторов - на 40, кормоуборочных комбайнов - на 48%. Около 70% машинно-тракторного парка в растениеводстве выработало свой срок службы. В итоге - дальнейшее снижение и без того невысоких урожаев зерновых - 12.6 ц/га в 1996-1999 гг. в сравнении с 14.8 ц/га в 1991-1995 гг. Это, а также сокращение посевных площадей этих культур (на 16.6 млн. га) привели к уменьшению валовых сборов зерна на 10-12 млн.т ежегодно, то есть примерно на 20%. При этом объем всей сельскохозяйственной

Устойчивое развитие человечества в XXI веке

Как известно, программа под таким названием принята 2-й Международной конференцией ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992). В соответствии с решениями ее участников (из 179 стран) правительства мирового сообщества обязались разработать национальные стратегии устойчивого развития. Это ставит перед экологами и руководством России задачу формирования долгосрочной экологической политики для страны в новых для нее условиях рыночной экономики.

Попытаемся дать краткую формулировку достаточно емкую и неточно переведенному с английского термину устойчивое развитие. Мы определяем устойчивое развитие как форму взаимодействия общества и природы, решаю-

продукции сократился за последнее десятилетие еще значительно - более чем на 40%.

Чем же объяснить происходящее с экономических позиций? Согласно данным экономистов за 8-летний период "цены на продукцию, которую потребляют сельские товаропроизводители в процессе работы, а также услуги возросли почти в 10 раз, в то время как цены реализации сельскохозяйственной продукции увеличились всего только в 2.2 раза". Чтобы переломить ситуацию, необходимо срочно вводить систему централизованных протекционистских мер, которые бы:

- стимулировали рост производства высококачественного зерна отечественной пшеницы,
- защитили бы отечественного производителя зерна от многочисленных посредников, крадущих у него прибыль,
- устранили бы местное "законотворчество" губернаторов и мини-президентов, запрещающее производителю свободно торговать зерном в любом регионе России, а также за ее пределами.

Только в этом случае АПК России сможет в XXI веке, оправившись от кризиса, реализовать Программу сбалансированного, или как чаще принято ее называть, *устойчивого развития* (sustainable development).

Имеется две главные цели: а) сохранение биосферы, б) обеспечение выживания и неопределенно долгого развития человеческого рода.

Устойчивое существование жизни на Земле (в течение около 4 млрд. лет) означает, что окружающая среда и климат Земли всегда сохраняли пригодное для той или иной формы жизни состояние. В настоящее время наибольший риск в нарушении структуры и функций, как локальных природных биосистем, так и биосферы в целом (вследствие превышения их, так называемой хозяйственной емкости) исходит от человека. На первый взгляд хочется возразить: а нет ли здесь преувеличения? Почему вследствие превышения хозяйственной емкости наибольший риск биосфере грозит от нару-

шения структуры и функций именно локальных природных биосистем?

В любой стране аграрий, стоящий на экологических позициях, очень часто вынужден искать ответы на нелегкие вопросы: что, где и сколько можно позволить себе в процессе природопользования (при организации территории, подборе культур, лесоустройстве, определении пастбищной нагрузки и т.д.). В то же время, не перестают вызывать восхищение уникальные свойства природных экосистем, обеспечивающие:

- оптимум биоразнообразия,
- обратные связи организмов (отрица-

тельные и положительные) с косой средой,

- стабильную биопродуктивность,
- самоподдержание структуры и сохранение разнообразных биоценологических функций,
- адаптивную способность к гибкой перестройке структуры сообщества,
- эффективное самоочищение и безотходность,
- наконец, способность к эволюции и коэволюции.

Воистину, как гласит один из законов экологии (Б.Коммонер) "природа знает лучше"!

Техногенное управление биосферой бесперспективно!

Уникальные биосистемные функции обеспечиваются природой в разномасштабных экосистемах - от норы грызуна до земной биосферы. При полном антропогенном освоении биосферы человеку пришлось бы осуществлять техногенное управление природной средой в глобальном масштабе. Очевидно, что даже в отдаленной перспективе, несмотря на впечатляющие достижения научно-технического прогресса, человек не сможет взять на себя эти общепланетарные функции, выполняемые биосистемами Земли (например, обеспечение стабильности и замкнутости биогеохимических циклов биогенов).

Проблема заключается не только в колоссальных энергозатратах, которое вынуждено было бы расходовать человечество на поддержание нормальной среды своего обитания. Главная трудность - ограниченность наших знаний о закономерностях функционирования биосферы. Действительно, пока нами до конца не поняты устройство и механизмы неопределенно долгого существования природных экосистем, полностью не известны прямые и обратные связи составляющих их компонентов (а также информационные потоки, обеспечивающие эти связи), успешно управлять всеми природными экосистемами нереально.

Вынужденные попытки антропогенного вмешательства (с большим или меньшим успехом) распространяются пока

лишь на искусственные агроэкосистемы - наземные и/или пресноводные. Однако отсутствие в традиционных агроэкосистемах надежных, постоянно функционирующих механизмов саморегуляции, в конечном счете, требует все возрастающих вложений невозполнимой энергии. Это неизбежно приводит к опасности загрязнения и даже разрушения агроэкосистем, а также к постепенному истощению невозобновимых (минеральных, энергетических, генетических и др.) ресурсов. Поэтому одна из задач экологов - устранение антагонистических противоречий между деятельностью человека и функционированием агроэкосистем, в разной степени им управляемых.

К концу XX в человек успел освоить 63% территории обитаемой суши и изымает около 10% чистой первичной продукции экосистем. Это превышает допустимый предел. Поэтому значительно разбалансированные механизмы саморегуляции природных экосистем не только тормозят дальнейшее развитие цивилизации, но и ускоряют превращение экологического кризиса в глобальную для человека земную катастрофу. В связи с этим некоторые экологи предлагают в дополнение (или как альтернативу) традиционному сельскому хозяйству форсировать переход на так называемое экохозяйство - рыбоводство, пчеловодство, дичеразведение, собирательство и т.д. Действительно, эти виды деятельности,

на первый взгляд, сопряжены и с оздоровлением окружающей среды, и с энергосбережением. Однако интенсивное, а только оно способно удовлетворить потребности населения в продуктах питания, развитие, например, рыбоводства, потребует серьезного переустройства

водных ресурсов, что, естественно, и ухудшит экологическую обстановку, и также требует немалых энергозатрат. Да и вряд ли современное и будущее человечество захочет (да и сможет ли?) в полном масштабе вернуться к этому и резко изменить рацион.

Биоцентризм и биотическая регуляция агросферы

В противоположность антропоцентричному, техногенному управлению экосферой (где "все во имя человека, все для блага человека") биотическая регуляция окружающей среды - это единственная, реально существующая альтернатива коррекции возникших в биосфере и агросфере нарушений. Теоретическая концепция биотической регуляции разработана отечественными авторами - В.Г.Горшковым, Н.Н.Моисеевым, К.Лосевым и др. Она базируется на принципе биоцентризма. Его суть - в презумпции жизнеобеспеченности и заключается в том, что каждый возникший на Земле вид имеет право на жизнь до тех пор, пока имеются необходимые для этого условия.

Нам не известно пока никакой другой научной концепции, противопоставляемой биоцентризму, которая содержала бы целостную систему логически непротиворечивых ответов на широкий круг вопросов, порождаемых ГЭП. В частности, вследствие трофических взаимодей-

ствий биоты и круговорота питательных веществ биогены, используемые одними видами сообщества, практически полностью утилизируются другими его видами. В природе очень часто отдельные метаболиты, являясь одновременно и продуктами, и "отходами" биоты, частично и временно выводятся из круговорота веществ, сохраняя тем самым устойчивость экосистемы.

Поскольку человек - один из видов биоты, то он не должен разрушать среду своего обитания, а, напротив, постоянно поддерживать ее в пригодном для жизни (экологически комфортном) состоянии. Если человек в этом отношении "думает глобально, а действует локально" то тем самым он сохраняет и устойчивость всей биосферы Земли. Следовательно, и локальная экосистема, и глобальная биосфера - это фундамент устойчивого развития человечества, а не только источник необходимых для его существования сырьевых и генетических ресурсов.

Биологизация растениеводства - неотъемлемое условие продовольственной и экологической безопасности

Растениеводство - основной неисчерпаемый и пока незаменимый продовольственный и ресурсно-сырьевой базис цивилизации. Устойчивое развитие растениеводческой отрасли АПК России - гарантия ее продовольственной и экологической безопасности. Только устойчивое адаптивно-ландшафтное растениеводство обеспечивает получение экологичной и биологически полноценной биопродукции в условиях практически постоянного воздействия на агросферу различных стрессоров. Устойчивое растениеводство обеспечит увеличение ассортимента и объема конечных продуктов; потребление ресурсов при этом вначале должно

быть стабилизировано, а затем и существенно сокращено. Сказанное в наибольшей степени относится к невозобновимым природным ресурсам, частично компенсируемым возобновляемыми (растительными и иными) источниками энергии.

Важным фактором устойчивого развития растениеводства должно стать предотвращение деградации и эрозии почв, в том числе и с целью сокращения эмиссии CO₂ агросферой, которая в настоящее время соизмерима с техногенными выбросами. На территории России вклад техногенной углекислоты в ее общую эмиссию пока составляет около 15%. Весьма важно, что органический уг-

лерод почвы служит как бы интегральной оценкой функции наземной экосистемы как продуцента O_2 ; содержание кислорода в земной атмосфере соответствует количеству органического углерода, сохранившемуся в остальных четырех средах-резервуарах нашей планеты - экосистемах суши, биоте океана, океане и ископаемом топливе.

Очевидно, устойчивое развитие растениеводческой отрасли должно быть обеспечено функционированием экологически оптимального агроландшафта, устойчивостью и стабильностью составляющих его агроэкосистем (то есть посевов отдельных культур) и иных элементов. При этом напомним один из важнейших экологических императивов: почву допустимо оставлять без растительности лишь на предельно минимальный срок; единственное исключение - угодья чистого пара - незаменимого и

пока практически универсального средства накопления влаги почвой в аридных условиях.

Стабильность агроэкосистемы предполагает оптимизацию техногенных нагрузок на агроландшафт и экологическую мозаику территории, значительную долю угодий с длительной производственной фазой. Это посевы многолетних трав, плодово-ягодные насаждения, полифункциональные полезащитные лесополосы, ремизы древесно-кустарниковой растительности, микрозаказники полезной биоты и т.п. При этом должна поддерживаться определенная доля пашни, лугов, леса, болот и других угодий. Во Франции, например, в качестве мер, снижающих негативные последствия некоторых приемов земледелия, осуществляют перевод части пахотных угодий в лугопастбищные, а некоторых сельскохозяйственных угодий - в лесные.

Оптимизация фитосанитарной ситуации агроландшафта

Специфичная, незаменимая роль в обеспечении устойчивости растениеводческой отрасли (при переводе ее с экстенсивного и/или интенсивного на экологичное развитие) принадлежит оптимизации фитосанитарной ситуации агроценозов и агроландшафтов. В этой связи защита растений и урожая от вредных организмов выступает как проблема в большей степени агроэкологическая, чем культуртехническая. Поэтому при планировании и реализации защитных мероприятий необходимо учитывать трофические связи, существующие в конкретных агроценозах и агроконсорциях, а также возможные последствия этих мероприятий для всего комплекса консорбентов.

Подчеркнем, что будущая экологичная система защиты ориентирована не на отдельную культуру или вредный объект, а на весь севооборот (агроландшафт). Только при этой системе реализуется вековая мечта земледельца - стабильное получение полноценной и экологичной биопродукции, а также (что чрезвычайно важно!) - воспроизводство ресурсов агроферы.

Главная стратегия экологичной защиты растений - такое биорациональное обустройство агроландшафта, которое обеспечивает долгосрочную биоценотическую регуляцию структуры (численности) полезных и конкурентных (для человека) видов биоты в пользу первых. Две другие стратегии защиты растений - самозащита (преимущественно возделывание устойчивых сортов) и особенно оперативное сдерживание вредных видов (с помощью арсенала высокоэффективных, но недостаточно экологичных приемов - химических, агротехнических, генетических и др.) пока еще являются преобладающими. К сожалению, законодательно и юридически эти приемы пока никак не ранжированы.

Россия остается в числе немногих стран мирового сообщества, в которой до сих пор официально не принят закон о защите растений! Проект этого закона уже в течение многих лет путешествует по кабинетам наших законодателей; его отсутствие в значительной мере тормозит переход к экологичной защите растений. Пока что, подобно оперативным пожарным командам, мы зачастую вы-

нуждены заниматься истребительными мероприятиями (тушением пожара!), а не профилактической защитой посевов от вредных организмов, дающей, несомненно, более надежный и длительный эффект. Яркой иллюстрацией сказанному

является наша беспомощность в многолетней борьбе с саранчой и клопом вредной черепашкой на юге России, луговым мотыльком на Дальнем Востоке и колорадским жуком на территории практически всей страны!

Фрагменты общенациональной стратегии устойчивого развития

Итак, современная глобальная экологическая проблема - следствие антропоцентристской "экспансии прогресса". Этот путь ведет человечество в тупик. В то же время, поскольку человечеству пока неизвестны конструктивные, конкретные пути и "технологии" перехода к устойчивому развитию в рамках существующих политико-экономических систем, то это дает право некоторым авторам рассуждать об утопичности данной цели. Тем не менее, обострение и дальнейшее углубление социально-экологического кризиса заставят и мировое сообщество в целом, и каждую страну в отдельности найти приемлемое решение.

Устойчивое развитие человеческого общества характеризуют еще и как сбалансированное развитие. Это означает необходимость учета ограничений, налагаемых законами функционирования и развития биосферы на прогресс цивилизации. Это осознание человеком своего истинного места в биосфере, стремление человечества к выживанию и сохранению его как вида. Наконец, это реальная забота о будущих поколениях людей. Главная цель сбалансированного развития - повышение качества жизни нынешнего и будущего поколений людей, действующих в пределах хозяйственной емкости поддерживающих экосистем. Применительно к реальным условиям России при решении и продовольственной, и экологической проблемы главная ставка должна делаться на максимальную биологизацию и экологизацию растениеводческой отрасли, на возможно большую замену невозобновимых энергоресурсов (и производимых с их помощью агрохимикатов!) неисчерпаемыми возобновляемыми источниками энергии и биологическими ресурсами.

Тактика агротехнологий XXI века

должна исходить из разрабатываемой современной наукой общенациональной стратегии устойчивого развития мирового сообщества. Перечислим (с минимумом комментариев) ее основополагающие принципы.

- Рациональное размещение производительных сил агросферы (то есть сохранение лесов, биоразнообразия и расширенное воспроизводство биоресурсов).

- Использование безопасных и безотходных технологий, реализация принципа "загрязнитель - платит" (например, сейчас на юге России всерьез обсуждается законопроект о введении местного налога на применение агрохимикатов!).

- Преимущественное использование альтернативных (невозобновимым) возобновляемых источников энергии.

- Всемирная экономия невозобновимых сырьевых и энергетических ресурсов (данное положение несовместимо с требованиями интенсивных технологий, базирующихся на привлечении дефицитных ископаемых энергоресурсов в частности для производства, транспортировки и механизированного внесения высокоэнергоемких агрохимикатов).

- Ограничение (в разумных пределах!) потребления, планирование семьи и регулирование рождаемости.

Очевидно, что реализация этих принципов (на первый взгляд, во многом непопулярных!) напрямую повлияет и смягчит такие негативные аспекты ГЭП, с которыми человечество входит в XXI век, как:

- снижение среднедушевого производства продовольствия,

- истощение невозобновимых природных ресурсов,

- загрязнение экосферы и социосферы,
- рост заболеваемости населения и ухудшение качества его жизни.

Небезынтересен для России и опыт стран ЕС в разработке долгосрочной модели агросферы по производству продовольствия, базирующийся на следующих постулатах:

- конкурентная способность сельского хозяйства на внутреннем и международном рынках должна поддерживаться без чрезмерных правительственных субсидий,

- должны быть обеспечены безопасность и экологичность аграрных технологий, а также высокое качество сельскохозяйственной продукции,

- следует поддерживать многообразие форм традиционного сельскохозяйственного производства при условии, что оно обеспечивает улучшение состояния агроландшафтов и социосферы, создает новые рабочие места.

В заключение еще раз подчеркнем, что устойчивое развитие - категория планетарная, общечеловеческая, относящаяся к цивилизации в целом; в долгосрочной перспективе в отдельно взятой стране оно осуществимо только в качестве компонента развития всего мирового сообщества. Однако в среднесрочных, тем более в краткосрочных планах, переход к устойчивому развитию должен осуществляться каждым государством самостоятельно.

В последние годы в западных странах выработка национальных концепций устойчивого развития (включая отрасли АПК) проводится достаточно интенсивно. Применительно к России в переходный

период самым важным является ее выведение из нынешнего кризиса, коренное улучшение состояния окружающей среды за счет экологизации хозяйственной деятельности и последовательного ее введения в пределы несущей емкости экосистем.

Однако не будем забывать, что любая природоохранная деятельность, даже базирующаяся на самых современных теоретических предпосылках, еще недостаточная основа устойчивого развития современного общества. Человечеству в целом, а также российскому этносу в ближайшем будущем еще предстоит выработать принципиально новую доктрину своего выживания. Эта доктрина должна охватывать не только сферу научно-технического развития, но также его культуру и формирование новых этических норм его взаимодействия с природой. Если же и впредь мы будем исходить из принципа покорения природы, то она, безусловно, не погибнет (поскольку миллиарды лет эволюционировала в отсутствие человека!). Однако человек будет отвергнут как тушковая ветвь эволюции. Это хотя и вероятный, но пессимистический вариант.

Итак, оптимальным сценарием для человечества вообще и российского этноса в частности в XXI веке должно стать устойчивое развитие, предполагающее эволюцию общества на базе экологически рационального природопользования и в первую очередь - агроприродопользования.

ECO-FRIENDLY PLANT GROWING AS A FACTOR OF THE STABLE DEVELOPMENT OF THE AGRARIAN-INDUSTRIAL COMPLEX IN RUSSIA M.S.Sokolov

Global processes of the ecological crisis show up as such unfavourable changes of the environment as the contamination of the biosphere, reduction in the biodiversity, increase in the concentration of the carbon acid in the atmosphere, depletion of the protective ozone layer, degradation of cultivated lands, etc. As a consequence, the per capita food production declines in most countries of the world. Agricultural production, especially crop production is reducing in Russia as well. Measures for improving agricultural production are indicated and ways of developing plant protection as a major factor stabilizing plant growing are identified.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СОСУЩИХ ВРЕДИТЕЛЕЙ И ЭНКАРЗИИ К ПЕСТИЦИДАМ В ТЕПЛИЦАХ УЗБЕКИСТАНА

Ш.Т.Ходжаев*, М.Хакимов**

*Узбекский НИИ защиты растений, Ташкент

**Ферганский Государственный Университет

В тепличных хозяйствах Ташкентской области выявлены резистентные к пиретроидам и ФОС популяции тепличной белокрылки и персиковой тли, обладающие чувствительностью к неоникотиноидам конфидору и моспилану. На основании данных начальной и остаточной токсичности 27 пестицидов (инсектицидов, акарицидов или их смесей) для энкарзии разработаны сроки ее безопасного выпуска в борьбе с тепличной белокрылкой после обработок этими токсикантами

Почвенно-климатические условия Узбекистана позволяют успешно возделывать не только теплолюбивый хлопчатник, но и овощебахчевые культуры. Основными поставщиками овощей для столицы республики являются хозяйства Ташкентской области. Ныне в столице и области застекленные теплицы занимают свыше 160 га, пленочные - 220 га, и имеется множество временных необогреваемых укрытий для возделывания ранних овощных культур. Большую часть этой продукции составляют томат, баклажан, перец, огурец и корнеплоды, сильно заселяемые в период вегетации сосущими вредителями и другими вредными организмами.

Основными сосущими вредителями возделываемых культур в условиях закрытого грунта являются: белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westw., *Bemisia tabaci* Genn., тли *Myzus persicae* Sulz., *Aphis gossypii* Glov., табачный трипс *Thrips tabaci* Lind. и обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch. Все они из-за поливольтинности способны быстро формировать устойчивые к пестицидам популяции. Так, в 1989-1991 гг. в Ташкентской области нами были обнаружены популяции тепличной белокрылки с 50-143х показателями устойчивости (ПР) к фосфорорганическим соединениям карбофосу, актеллику, этафосу. Уже тогда некоторые популяции оказались толерантными к синтетическим пиретроидам (6-15х ПР).

В начале 90-х годов фосфорорганиче-

ские инсектициды ограниченно использовали в теплицах из-за низкой эффективности. Им на смену пришли желтые экран-ловушки с энтомологическим клеем в сочетании с выпуском энкарзии. Но постепенно внимание к этому методу стало ослабевать в связи с широким внедрением пиретроидов. В середине 90-х годов в теплицах интенсивно использовали препараты на основе циперметрина, комбинированный инсектоакарицид нурелл-Д, децис, данитол и др. В 1997-1998 гг. частично начали применять новые высокоэффективные средства - конфидор и моспилан, однако стали замечать, что эффективность некоторых препаратов становилась неудовлетворительной.

В этих условиях появилась необходимость в изучении чувствительности различных видов вредителей к используемым и перспективным инсектицидам. Работа выполнялась в тепличных хозяйствах Ташкентской области с наиболее массовыми вредителями последних лет - оранжерейной белокрылкой и персиковой тлей. Результаты определения чувствительности белокрылки из двух теплиц Ташкентской области к инсектицидам, отличающихся интенсивностью их использования, приведены в таблице 1. Из материалов этой таблицы видно, что в теплице с интенсивным использованием инсектицидов наблюдается высокая резистентность вредителя к децису и цимбушу; средняя - к актеллику, фозалону и карбофосу; толерантность к дурсбану и нурелл-Д и чувствительность к конфидору и моспилану.

Таблица 1. Чувствительность имаго белокрылки к пестицидам в условиях Ташкентской области (1998-1999)

Препарат	СК ₅₀ , % д.в.		ПР*
	чувствительная раса	устойчивая раса	
Актеллик, 50% КЭ	0.000022	0.00034	15.4
Дурсбан, 40.8% КЭ	0.00021	0.00082	3.9
Децис, 2.5% КЭ	0.000026	0.0047	180.8
Нурелл-Д, 55% КЭ	0.000069	0.00071	10.3
Карбофос, 50% КЭ	0.00058	0.008	13.8
Конфидор, 20% КЭ	0.0000033	0.0000047	1.42
Моспилан, 20% СП	0.0000014	0.0000023	1.6
Фозалон, 35% КЭ	0.00044	0.0089	20.2
Цимбуш, 25% КЭ	0.0004	0.017	42.5

*ПР - показатель резистентности.

В качестве основной альтернативы химическому методу в тепличных хозяйствах Ташкентской области предложено использование биологических средств и, в первую очередь, паразита белокрылок энкарзии (*Encarsia formosa* G.). Одной из сторон эффективного использования этого паразита в овощеводстве является обеспечение его жизнедеятельности. Это, в первую очередь, связано с губительным влиянием пестицидов, используемых как против самих белокрылок, так и сопутствующих вредителей. Поэтому в течение 1995-1999 гг. нами проводились лабораторно-полевые эксперименты по оценке действия различных препаратов на развитие и выживаемость энкарзии.

Опыты проводили согласно утвержденным и оригинальным методам исследований. Всего было изучено 6 активных алейроцидов, 12 инсектицидов и инсектоакарицидов широкого спектра действия и 4 смесевых препарата, 9 специфических акарицидов. Рабочие концентрации препаратов были составлены из расчета 1000 л воды на га (полное смачивание объекта). Результаты представлены в таблице 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что препараты в различной степени токсичны для имаго энкарзии (активная стадия) и зараженных личинок вредителя (пассивная стадия). Практически безопасны для всех стадий развития энкарзии моспилан, аваунт, гризли, омайт

и порошок серы; кроме того, безопасными для зараженных личинок вредителя оказались моспилан, конфидор, калипсо, пиримор, митак и зум. Остальные препараты в той или иной степени токсичны для отдельных стадий развития энкарзии. Но следует отметить, что результаты по личинкам паразита получены в условиях полного смачивания объекта в лаборатории, что в практике защиты растений бывает редко.

На основании полученных данных была разработана тактика эффективного совместного использования инсектицидов с энкарзией в тепличных хозяйствах. Для защиты имаго энкарзии рекомендуется использовать критерии пороговых буферных сроков, то есть количество дней от обработки до начала последующего выпуска паразита на этот участок (табл.2).

Изучение в 1999-2000 гг. чувствительности персиковой тли из тепличных комбинатов столицы и прилегающих к ней районов к 8 инсектицидам показало, что наибольшую устойчивость она выработала к пиретроидам. Так были получены высокие ее показатели к децису (257.1x), данитолу (127.5x), цимбушу (82.8x), сумиальфа (49.3x) и к фосфорорганическим препаратам фозалону (70.0x) и БИ-58 (58-19.1x). Однако сохраняется толерантность к нурелл-Д (14.4x) и дурсбану (2.8x) и чувствительность к неоникотиноидам - моспилану и конфидору.

Таблица 2. Острая и остаточная токсичность пестицидов для отдельных фаз энкарзии

Препарат	Действующее вещество	Концентрация рабочей жидкости, %	Смертность куколок энкарзии (зараженных личинок), %	Безопасные сроки выпуска энкарзии (дни после обработки)
<u>Алейроциды</u>				
Адмирал 10% КЭ	Пирипроксифен	0.05	56.4	7
Апплауд 25% СП	Бупрофезин	0.05	39.8	7
Моспилан 20% СП	Ацетамиприд	0.015	25.4	3
Конфидор 20% КЭ	Имidakлоприд	0.04	4.3	7
Пегас 50% КЭ	Диaфентиурон	0.12	29.2	10
Калипсо 48% СК	Тиаклоприд	0.01	0	7
----- <u>Инсектициды и инсектоакарициды</u>				
Акаридецис 50.5% КЭ	Дельтаметрин + пропаргит	0.12	91.5	20
Аваунт 15% СК	Индоксикарб	0.04	9.0	3
БИ-58 40% КЭ	Диметоат	0.2	79.6	13
Бульдок 2.5% КЭ	Бетацифлутрин	0.06	69.8	7
Децис 2.5% КЭ	Дельтаметрин	0.07	96.7	17
Дадеци 16.25% КЭ	Дельтаметрин + бупрофезин	0.2	95.5	13
Дельтафос 36% КЭ	Дельтаметрин + триазофос	0.12	100	20
Данитол 10% КЭ	Фенпропатрин	0.15	69.4	13
Дурсбан 40.8% КЭ	Хлорпирифос	0.1	73.4	17
Пиримор 25% ГР	Пиримикарб	0.08	21.1	7
Регент 80% СП	Фипронил	0.001	32.8	13
Суми-альфа 5% КЭ	Эсфенвалерат	0.06	64.2	20
Нурелл-Д 55% КЭ	Хлорпирифос + циперметрин	0.15	76.7	13
Талстар 10% КЭ	Бифентрин	0.06	34.0	10
Фьюри 10% ВЭ	Зетациперметрин	0.03	81.1	20
Хостатион 20% КЭ	Триазофос	0.25	91.4	17
----- <u>Акарициды</u>				
Демитан 20% СК	Феназахин	0.08	47.4	17
Вертимек 1.8% СК	Абамектин	0.04	78.8	17
Гризли 36% СК	Хлорфенопир	0.025	6.4	3
Митак 20% КЭ	Амитраз	0.2	7.4	13
Ортус 5% КС	Фенпироксимат	0.1	69.4	17
Омайт 57% КЭ	Пропаргит	0.15	4.3	3
Ниссоран 5% КЭ	Гекситазокс	0.02	48.6	20
Зум 20% СК	Этоксазол	0.015	31.4	13
Сера 80% П	Полисульфиды	2.5 г/м ²	0	1

SUSCEPTIBILITY OF SUCKING PESTS TO *ENCARSIA* AND PESTICIDES IN GREENHOUSES OF UZBEKISTAN

Sh.T.Khodzhaev, M.Kh.Khakimov

In greenhouse farms of the Tashkent Region, some populations of the greenhouse whitefly and green peach aphid have been found which turned out to be resistant to pyrethroids and organophosphates being susceptible to such neonicotinoids as konfidor and mospilan. Based on data of the acute and chronic toxicity for 27 pesticides (insecticides, acaricides and their mixtures), timing of releases is worked out for safe application of *Encarsia* against the greenhouse whitefly after toxicants' treatments.

УДК 631.15:632.958.1

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КУКУРУЗЫ ИЗ СЕВЕРНОГО ПРИКАРПАТЬЯ НА КОМПЛЕКСНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ К ВРЕДИТЕЛЯМ И БОЛЕЗНЯМ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Д.С.Переврзев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Северное Прикарпатье сегодня - это территория шести административных областей западной Украины (Закарпатская, Львовская, Ивано-Франковская, Тернопольская, Хмельницкая, Черновицкая). Растениеводческому обследованию этой своеобразной зоны, сбору и интенсивному изучению образцов сельскохозяйственных культур положил начало лично академик Н.И.Вавилов летом 1940 года во время своей последней полевой экспедиции.

Впоследствии было установлено, что кукуруза из этого региона представляет собой несколько обособленную группу, объединяющую ряд ее ботанических подвидов, разновидностей и сортотипов, судя по некоторым названиям (Русская желтая, Рава русская и др.) приуроченных исторически к восточно-славянской ветви агрокультуры.

Местные сорта кукурузы Закарпатья по типу растений, консистенции, форме и окраске зерна, размеру и форме початка, числу листьев на главном стебле, длине вегетационного периода были объединены З.Л.Сосуновой (1953) в девять основных сортотипов: кремнистая крупнопочатковая, кремнистая среднепочатковая, кремнистая скороспелая из горных районов, кремнистая предгорная с удлиненным початком, кремнистая предгорная с укороченным початком, полубовидная предгорная, зубовидная длиннозерная, зубовидная крупнопочатковая, рисовая, кроме них в ряде пунктов были обнаружены редко встречающиеся образцы кукурузы, в том числе с очень мелким или очень крупным зерном разнообразной окраски, малорядными или сбивчивыми рядами зерен початками,

иногда с вздутием их у основания и т.д. В целом, это весьма самобытная группа стародавних местных сортов, чрезвычайно перспективных для изучения на устойчивость к патогенам различной этиологии на оригинальной генетической основе.

Полевая оценка местных сортов кукурузы Прикарпатья из коллекции ВИР на устойчивость к стеблевому мотыльку и, попутно, к некоторым болезням была проведена на специальных посевах бывшей Черновицкой опытной станции Всероссийского института защиты растений с целью дифференциации экспериментального материала и выделения генетических носителей и доноров иммунитета.

Методика. Делянка однорядковая, схема посева 70×35 см, повторность трехкратная, агротехника общепринятая.

Оценка повреждения растений стеблевым мотыльком проводилась как на естественном фоне, так и при искусственном их заселении яйцами вредителя. При этом на каждое растение в фазе 7-9 листьев помещали две среднего размера кладки, около 20 яиц в каждой. Поврежденность листьев и стеблей кукурузы оценивали через месяц после искусственного заселения по методике И.Д.Шапиро и др. (1971) на фоне районированных гибридов местной селекции Буковинский 11 и Буковинский 35.

Оценки по устойчивости к болезням и шведской мухе были проведены на благоприятном естественном фоне по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение. На естественном фоне местной моновольтинной популяции стеблевого мотылька максимальную привлекательность для самок

продемонстрировал гибрид Буковинский 35-50%, в то время как гибрид Буковинокий 11 совершенно не заселялся вредителем при свободном выборе растений. Все экспериментальные образцы получили промежуточные оценки.

На фоне искусственного заселения растений было установлено, что по признаку повреждения листьев оценки местного материала колебались по сортам от 1.4 (очень устойчивые) до 4.1 балла (среднеповреждаемые). По степени повреждения стеблей кукурузы гусеницами старших возрастов нами выделены образцы с очень высокой устойчивостью. К ним относятся зубовидная поздняя к-12014 из Тернопольской области - 0.8 балла, поздняя зубовидная из Закарпатья -1.4 балла и др.

Поврежденность пузырчатой головней была в пределах от 0 до 41.5%. Стандартные гибриды были поражены в диапазоне 12.4-15.5%. Совершенно не поражалась местная из Закарпатья к-10333.

Очень высокую полевую устойчивость к корневым гнилям продемонстрировал тот же образец поздней зубовидной кукурузы к-10383 - 0%, среднепоздняя зубовидная к-10916 была поражена на 7.4% (обе из Закарпатья). Близок к ним к-12014 из Тернопольской области - 12.5%. Стандарты были поражены на 30.8-51.6%.

По устойчивости к гельминтоспориозу выделились к-10889, 12010 и 12014, тогда как кремнистая белая из Закарпатья к-10905 повреждалась в сильной степени. Оба стандартных гибрида проявили довольно высокую полевую устойчивость.

На отдельных образцах были отмечены также фузариоз початков, красная

гниль, нигроспориоз, бель зерна.

Анализ результатов оценки повреждения мотыльком листьев и стеблей кукурузы с учетом поражения растений рядом основных болезней позволил выделить для селекционной практики лучшие образцы данного региона в качестве исходного материала для селекции. Здесь необходимо назвать зубовидную желтую (к-10883) из Закарпатья с высокой полевой устойчивостью к стеблевому мотыльку, корневым гнилям, северному гельминтоспориозу и зубовидную пестрозерную (к-12014) из Тернопольской области с высокой полевой устойчивостью к стеблевому мотыльку, шведской мухе, пузырчатой головне, корневым гнилям и гельминтоспориозу. Это выдающиеся генетические источники комплексной устойчивости кукурузы к вредным биоагентам.

Ряд образцов из северного Прикарпатья представляет большой интерес в качестве исходного материала для селекции также своей высокой зерновой продуктивностью. Образец к-12014 (Тернопольская обл.) дал урожай 48 ц/га воздушно-сухого зерна, к-11307 из Северной Буковины - 54 ц/га, а зубовидная желтая из Закарпатья к-10833 дала наиболее высокий урожай зерна - 61.2 ц/га (113.5% к наиболее продуктивному стандарту Буковинский 11).

Таким образом, в условиях Прикарпатья нами впервые выявлен ряд весьма ценных образцов кукурузы с групповой и комплексной устойчивостью к вредителям и патогенам, высокой зерновой продуктивностью и выносливостью к повреждениям.

Литература

Сосунова З.Л. Местные сорта кукурузы Закарпатской области УССР. Автореф. канд. дисс., Л., 1953, 18 с.

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

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БОРЬБЕ С ОРАНЖЕРЕЙНОЙ БЕЛОКРЫЛКОЙ *TRIALEURODEG VAPORARIORUM WESTW.* ХИЩНОГО КЛОПА *ORIUS LAEVIGATUS FIED.*

Е.П.Мокроусова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Использование в интегрированных системах защиты растений закрытого грунта регуляторов роста и развития насекомых (РРН) совместно с энтомофагами - наиболее перспективный технологический приемом с точки зрения экологической безопасности и эффективности защиты урожая. Известно, что хищные клопы рода *Orius* наиболее перспективны в борьбе с калифорнийским цветочным трипсом *Frankliniella occidentalis* Perg. (Миронова и др., 1998; Fisher et al., 1992).

Исследования способности *Orius laevigatus* Fieb. питаться оранжерейной белокрылкой *Trialetrodes vaporariorum* Westw., постоянно вредящей тепличным культурам, проведены в условиях лабораторного эксперимента. Заселенные яй

цами или личинками белокрылки растения фасоли предлагались для питания личинкам ориуса II-V возрастов при их индивидуальном содержании. Об эффективности и способности ориуса питаться яйцами и личинками белокрылки судили по динамике развития энтомофага и по количеству шкурочек особей белокрылки за единицу времени, обнаруженных под биноклем при анализе растений.

Установлено, что хищный клоп ориус способен развиваться, питаясь белокрылкой. Постоянное содержание личинок клопа на растениях фасоли, заселенных белокрылкой, свидетельствовало о нормальном развитии хищника, а количество уничтоженных белокрылок позволяет судить о предпочитаемых ориусом фазах развития вредителя (табл.)

Таблица. Возможность питания хищного клопа ориуса оранжерейной белокрылкой

Возраст личинок ориуса	Фаза белокрылки	Период питания	Средний возраст ориуса после периода питания	Уничтожено ориусом белокрылок	
				за период наблюдения	за 1 день
I	яйцо	6 дней	3.6	34.3 ± 3.9	5.7
II	яйцо	3 дня	4.7	66.5 ± 10.0	22.2
III	личинки III возраста	6 дней	4.4	9.25 ± 1.3	1.5
IV	личинки III возраста	5 дней	5.0	13.4 ± 1.2	2.7
V	личинки III возраста	5 дней	5.0	11.6 ± 1.2	2.3

Максимальное количество белокрылок уничтожали личинки ориуса III-го возраста в период, когда белокрылка находилась в стадии яйца. Клопы охотно высасывали также личинок белокрылки вплоть до завершения развития, при этом, однако, потребление пищи снижалось до 2-3 личинок за сутки.

Учитывая, что высокоэффективные против оранжерейной белокрылки РРН (в частности, пирипроксифен) практиче-

ски безопасны для ориуса (В.Н.Буров и др., в печати), полученные данные могут служить основанием для постановки экспериментов с целью оценки возможности совместного использования этого энтомофага с регуляторами роста и развития насекомых в борьбе с оранжерейной белокрылкой, а выпуски энтомофага в теплицах против других вредителей могут быть полезными и в отношении борьбы с белокрылкой.

Литература

Миронова М.К., Ижевский С.С., Ахатов А.К. Перспективы использования *Orius atus* Fieb. (Heteroptera, Anthocoridae) против трипса *Frankliniella occidentalis* Perg. (Thysanoptera, Thripidae). /Проблемы энтомологии в России, 2, 1998, с.34-35.

Fisher S., Linder Ch., Fleuler J. Biologie et utilisation de la punaise *Orius majusculus* Reuter (Heteroptera, Anthocoridae) dans la lutte contre les trips thrips *Frankliniella occidentalis* Perg. et *Thrips tabaci* Lind., en serre. /Rev. Suisse viticult., arboricult. et hoticult., 24, 2, 1992, p.119-127.

Н.С.Новотельнова, В.И.Потлайчук
"Николай Александрович Наумов",
Москва, "Наука", 2000 г., 144 стр.

Книга посвящена различным периодам жизни, научной, педагогической и общественной деятельности известного миколога и фитопатолога нашей страны, профессора Николая Александровича Наумова. Авторам удалось в краткой форме, но логично-последовательно изложить свои воспоминания о большом ученом, прекрасном человеке, интеллигенте с большой буквы. Считаю важным подчеркнуть, что оба автора длительное время работали совместно и под руководством Н.А.Наумова и знают вопрос не понаслышке.

Естественно, что центр тяжести здесь обращен на научную деятельность профессора Н.А.Наумова. Подробно и доходчиво, хорошим литературным языком написаны разделы, посвященные его представлениям об особенностях биологии, классификации и систематики грибов. Хорошо отражено важное прикладное значение объектов, многие из которых способны заражать культурные растения и резко снижать количество и качество урожая.

Приведенные в книге данные дают четкое представление об оригинальности научного подхода и глубине проработки

материала. Ценным и важным является наличие указателей научных работ, видов грибов и пр.

Очевидно, книга у авторов получилась, ибо тираж разошелся быстро и она сразу стала редкостью. В связи с этим, считаю нужным и полезным повторное издание обсуждаемой брошюры в издательстве "Наука".

При подготовке материала ко второму изданию, на мой взгляд, было бы целесообразно увеличить количество иллюстраций - грибов из различных систематических групп (насколько я в курсе дела, у авторов есть такая возможность) - это очень оживит, еще более конкретизирует и украсит текст. Второе пожелание касается заключительной части брошюры, где приведены многие дополнительные сведения о грибах. Мелкий шрифт очень затрудняет чтение - просьба набрать этот раздел при повторном издании в общем контексте.

В заключение хочется отметить, что появление изданий, посвященных памяти ведущих отечественных ученых, помимо живого интереса для публики, выполняет и большую воспитательную миссию.

Д.С.Переверзев

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА ПИЛИПЮКА

11 января 2001 года на 62 году жизни скончался Владимир Иванович Пилипюк - директор Лазаревской опытной станции ВИЗР, кандидат биологических наук.

Трудовая жизнь Владимира Ивановича началась сразу после окончания в 1956 году средней школы и продолжалась до самого последнего дня его жизни. Еще до поступления в Ленинградский сельскохозяйственный институт он в течение двух лет трудился в качестве рабочего-станочника на заводе в г. Брест. Трудовое воспитание в семье и в рабочем коллективе стало хорошей школой серьезного отношения к учебе в вузе и всей последующей многолетней производственной, научной и административной деятельности.

В 1963 г. он успешно закончил ЛСХИ, где на факультете защиты растений получил глубокие знания в области фитосанитарии.

Решающее значение в профессиональном формировании Владимира Ивановича как специалиста-агронома по защите растений, а затем и ученого в области биометода, оказало его пятилетнее пребывание на Сахалине, куда он получил направление после окончания института. Здесь, возглавляя сектор учета и прогнозов Сахалинской станции защиты растений, он на практике убедился, сколь велико значение энтомофагов и как мало они изучены в этом специфическом регионе. Особый интерес он проявил к энтомофагам кокцид (червецов и щитовок), методы изучения которых освоил, став аспирантом лаборатории биометода ВИЗР и тесно общаясь с учеными ЗИН АН - специалистами по этим группам насекомых. За эти годы им выявлено на Сахалине и сопредельных островах более 60 видов хальцид - паразитов кокцид, в том числе описано более 20 новых видов и отобран ряд видов для интродукции в другие регионы страны. Однако вся основная более чем тридцатилетняя творческая жизнь и деятельность Владимира Ивановича прошла на Лазаревской опытной станции ВИЗР, где он сразу после аспирантуры в течение семи лет работал старшим научным сотрудником, а затем стал ее директором. Его научные интересы здесь были многогранны и результативны. Они охватывали, прежде всего, разработку системы биологической защиты сада от яблонной плодовой гнили на Черноморском побережье Кавказа. На основе использования местных энто-

мофагов и энтомопатогенов была разработана и внедрена в производство биологическая система защиты овощных и декоративных культур в теплицах этой зоны.

Особенностью работы Владимира Ивановича являлось то, что, возглавляя коллектив научных сотрудников, он не просто проявлял интерес к той или иной работе, а всегда лично и инициативно участвовал в ней. Именно это качество, прежде всего, проявилось в осуществлении оригинального проекта, не имеющего аналогов в мировой науке - создании линии по промышленному производству интродуцированного в Россию хищного жука криптолемуса и авиационному способу его расселения на защищаемые плантации чая.

Владимир Иванович был инициатором паспортизации рекомендованных к практическому применению энтомофагов и их государственной регистрации. Талант администратора и организатора проявился также в строительстве нового здания станции, что потребовало от Владимира Ивановича больших усилий и инициативы.

Владимир Иванович обладал удивительными и самыми высокими человеческими качествами, позволявшими ему легко и прочно устанавливать дружеские контакты с самыми разными людьми из других стран, а ему пришлось некоторое время работать в Эфиопии. Всюду он оставался самим собой: доброжелательным, остроумным, веселым и просто - хорошим человеком. Светлая ему память.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМА РЕЗИСТЕНТНОСТИ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ К ПЕСТИЦИДАМ - МИРОВАЯ ПРОБЛЕМА. <i>В.А.Захаренко</i>	3
РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ К ПЕСТИЦИДАМ - ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX СТОЛЕТИЯ В СТРАНАХ СНГ. <i>Г.И.Сухорученко</i>	18
ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ФИТОПАТОГЕНОВ К НОВЫМ ФУНГИЦИДАМ. <i>С.Л.Тюттерев</i>	38
ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ СОРНЯКОВ К ГЕРБИЦИДАМ. <i>Ю.Я.Спиридонов</i>	54
ЭКОЛОГИЗИРОВАННОЕ РАСТЕНИЕВОДСТВО КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АПК РОССИИ. <i>М.С.Соколов</i>	63
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СОСУЩИХ ВРЕДИТЕЛЕЙ И ЭНКАРЗИИ К ПЕСТИЦИДАМ В ТЕПЛИЦАХ УЗБЕКИСТАНА. <i>Ш.Т.Ходжаев, М.Хакимов</i>	71
<u>Краткие сообщения</u>	
ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КУКУРУЗЫ ИЗ СЕВЕРНОГО ПРИКАРПАТЬЯ НА КОМПЛЕКСНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ К ВРЕДИТЕЛЯМ И БОЛЕЗНЯМ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ. <i>Д.С.Переверзев</i>	74
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БОРЬБЕ С ОРАНЖЕРЕЙНОЙ БЕЛОКРЫЛКОЙ TRIALEURODEG VAPORARIORUM WESTW. ХИЩНОГО КЛОПА ORIUS LAEVIGATUS FIED. <i>Е.П.Мокроусова</i>	76
Н.С.НОВОТЕЛЬНОВА, В.И.ПОТЛАЙЧУК. "НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ НАУМОВ". Москва, "Наука", 2000 г., 144 стр. <i>Д.С.Переверзев</i>	77
<u>Хроника</u>	
ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА ПИЛИПЮКА.....	78

CONTENTS

PESTICIDE RESISTANCE IN PESTS AS A MAJOR PROBLEM THROUGHOUT THE WORLD. <i>V.A.Zakharenko</i>	3
PESTICIDE RESISTANCE IN PESTS AS A MAJOR PROBLEM OF PLANT PROTECTION IN THE LATTER HALF OF THE 20 TH CENTURY IN CIS COUNTRIES. <i>G.I.Sukhorutshenko</i>	18
PROBLEMS OF PHYTOPATHOGEN RESISTANCE TO NEW FUNGICIDES. <i>S.L.Tiuterev</i> ...	38
PECULIARITIES OF WEED RESISTANCE TO HERBICIDES. <i>Yu.Ia.Spiridonov</i>	54
ECO-FRIENDLY PLANT GROWING AS A FACTOR OF THE STABLE DEVELOPMENT OF THE AGRARIAN-INDUSTRIAL COMPLEX IN RUSSIA. <i>M.S.Sokolov</i>	63
SUSCEPTIBILITY OF SUCKING PESTS TO ENCARSIA AND PESTICIDES IN GREENHOUSES OF UZBEKISTAN. <i>Sh.T.Khodzhaev, M.Kh.Khakimov</i>	71
<u>Brief Reports</u>	
PHENOTYPIC EVALUATION OF MAIZE FROM THE NORTHERN PRIKARPATHE FOR COMPLEX RESISTANCE TO PESTS AND DISEASES UNDER FIELD CONDITIONS. <i>D.S.Pereverzev</i>	74
THE POSSIBILITY OF USING THE PREDATORY BUG <i>ORIUS LAEVIGATUS</i> FIED. AGAINST THE GREENHOUSE WHITEFLY <i>TRIALEURODES VAPORARIORUM</i> WESTW. <i>E.P.Mokrousova</i>	76
N.S.NOVOTELNOVA, V.I.POTLAICHUK. NIKOLAI ALEXANDROVICH NAUMOV. Moscow, "Nauka", 2000, 144 p. <i>D.S.Pereverzev</i>	77
<u>Chronicles</u>	
IN MEMORY OF VLADIMIR IVANOVICH PILIPIUK.....	78

 Научное издание

RIZO-печать

ООО "ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ" ВИЗР

Лицензия ПЛД № 69-253