

<http://yadyra.ru>

**Московская сельскохозяйственная академия  
имени К.А. Тимирязева**

**Кафедра фитопатологии**

*Курсовая работа*

# Экологизация защиты растений от фитопатогенов

*Выполнил*  
студент 207 группы  
агрономического факультета  
Орешков А.В.  
*Проверила:* Белошапкина О.О.

**Москва  
2005**

## Содержание

Введение.....	3
Экологически безопасные препараты для борьбы с возбудителями грибных и бактериальных болезней растений.....	4
Биопрепараты для защиты растений от фитопатогенов, обитающих в почве .....	4
Почвенные бактерии-антагонисты – продуценты сидерофоров и биопрепараты на их основе .....	5
Почвенные грибы-антагонисты и биопрепараты на их основе .....	7
Особенности наработки и применения триходермина.....	8
Биопрепараты для обработки семян и вегетирующих растений.....	10
Препараты на основе антибиотиков.....	10
Антибиотики для обработки семенного и посадочного материала .....	13
Антагонисты и гиперпаразиты.....	14
Ампеломоцин – микробиопрепарат на основе гиперпаразитного гриба из рода <i>Ampelomyces</i> .....	16
Бацифит – высокоэффективный препарат антагонист на основе <i>Vac.subtilis</i> .....	17
Антигрибные вирусы, бактериофаги и многокомпонентные биопрепараты.....	18
Биопрепараты на основе авирулентных рас и штаммов микроорганизмов.....	19
Экологизированная защита растений и сбалансированное сельскохозяйственное производство.....	26
Проблемы и перспективы использования экологически безопасных пестицидов (ЭПБ).....	27
Повышение устойчивости сортов к возбудителям болезней .....	30
Повышение супрессивности почв .....	32
Специализированный севооборот .....	33
Органические удобрения .....	34
Минеральные удобрения .....	35
Микробные удобрения.....	35
Обработка почвы .....	36
Переход от монокультур к поликультурам и полисортам.....	37
Список используемой литературы .....	38

## Введение

Большинство сортов сельскохозяйственных культур в среднем реализуют только 20-25% генетического потенциала продуктивности. При обеспечении защиты от возбудителей болезней, вредителей и сорняков они способны формировать значительно больший урожай.

Среднемировой уровень потерь вследствие поражения сельскохозяйственных растений фитопатогенными микроорганизмами оценивается в 12%. Это определяет важность защиты растений как одного из факторов интенсивного растениеводства. Из всех известных ныне инфекционных болезней растений 83% вызываются грибами, 9 – вирусами и 7 – бактериями. Значительный ущерб посевам в ряде случаев причиняют простейшие (*Protozoa*).

Химическая защита растений от фитопатогенов пока занимает ведущее место в арсенале мер борьбы, особенно в системах интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Однако она не является экологически безопасной и должна сочетаться с биологическими средствами защиты. Последние следует рассматривать как важную, неотъемлемую компоненту интегрированной системы защиты в современном растениеводстве, а в ряде случаев и как единственное средство контроля фитопатогенов. Например, в защищенном грунте, где по решению Минздрава уже с 1990 г. полностью запрещено применение химических пестицидов.

## **Экологически безопасные препараты для борьбы с возбудителями грибных и бактериальных болезней растений**

В основе биологического метода защиты растений от фитопатогенов (биологического контроля) лежат природные, естественные явления сверхпаразитизма и антибиоза (антагонизм, фунгистазис, супрессивность), регулирующие взаимоотношения между сапрофитной, паразитной и патогенной микробиотой. Наиболее значительна роль антибиоза в ризоплане – зоне, окружающей корни и корневые волоски в пределах до 100 мкм, входящей в состав ризосферы. Использование этих регуляторных механизмов направлено не на полное уничтожение популяции фитопатогена, а на существенное ограничение ее развития и значительное снижение вредоносности. Поэтому при осуществлении биологического контроля наибольший практический интерес представляют микроорганизмы-антагонисты (в особенности продуценты антибиотиков) и гиперпаразиты. Последние в ходе сопряженной эволюции с грибами-хозяевами создали динамическую равновесную систему (гомеостаз), обеспечивающую сохранение и воспроизводство обоих компонентов в естественной природной среде.

Использование различных биопрепаратов для контроля фитопатогенов является одним из перспективных методов биологической защиты растений от микозов, бактериозов, виروزов и фитонематод. В свою очередь, поиск высокоэффективных биоагентов должен осуществляться с учетом того, что основными естественными врагами фитопатогенных грибов являются грибы-гиперпаразиты и антагонисты, меньше – бактерии, еще меньше – актиномицеты и вирусы.

### ***Биопрепараты для защиты растений от фитопатогенов, обитающих в почве***

До недавнего времени одним из наиболее перспективных направлений в борьбе с фитомикозами считалось использование организмов-интродуцентов, взаимодействующих с возбудителем заболевания и растением. Однако эффективное действие таких препаратов в почве отмечено при высокой плотности популяции фитопатогена, а также когда почвосубстрат или компост подвергаются реколонизации (после стерилизации паром, обработки фунгицидами или фумигантами). В условиях почвенной микроразнообразности и множества экологических ниш внесение в почву микопаразитов и антагонистов может лишь сдерживать развитие фитопатогена, но не искоренять его. Наиболее вероятен успех при увеличении разнообразия и численности отдельных полезных видов экологической ниши ризопланы, т.е.

видов, имеющих более или менее стойкие консорные связи. Однако этому должно предшествовать тщательное изучение микрофлоры ризопланы каждого защищаемого вида растения в конкретной почвенно-агроэкологической зоне.

В качестве антагонистов наиболее перспективны конкурентные формы микробов, характеризующиеся высокой скоростью роста, способностью образовывать большое количество спор, выживающие при дефиците пищи или при других неблагоприятных условиях. Эти формы должны характеризоваться всеми качествами, присущими так называемым г-стратегам. Однако удержание популяции подобных интродуцентов на очень высоком уровне (от  $10^6$  до  $10^8 \dots 10^{10}$  клеток на 1 г почвы) представляется трудно реализуемым. Это объясняется тем, что в нативной почве активно действуют механизмы антибиоза (антибиотики, выедание простейшими и беспозвоночными, паразитизм бделловибрионов и др.). По-видимому, и в ризоплане также нет абсолютных доминант, за исключением симбиотрофов. Если интродуцент характеризуется устойчивостью к антибиотикам и/или фунгицидам, вероятность его закрепления в нативных или культивируемых почвах существенно возрастает.

### **Почвенные бактерии-антагонисты – продуценты сидерофоров и биопрепараты на их основе**

Источником получения штаммов антагонистов являются так называемые супрессивные почвы, в которых осуществляется либо угнетение, либо естественная биологическая элиминация фитопатогена. Хотя супрессивные почвы известны повсеместно, их площадь невелика. Наиболее детально исследованы нейтральные или слабощелочные почвы (рН 6,5...7,6) в отношении офиоблеза, фузариоза и других корневых (прикорневых) гнилей пшеницы. Их супрессивные свойства объясняют наличием в ризоплане растений *Pseudomonas fluorescens*, *Ps. putida* и других флуоресцирующих псевдомонад (ФП). Эти бактерии легко интродуцируются в ризоплане разных видов растений, хорошо усваивают различные органические субстраты, характеризуются быстрым ростом, продуцируют сидерофоры (флуоресцирующие пигменты – акцепторы катиона железа) и антибиотики, подавляя тем самым развитие фитопатогенов. По существующим представлениям, комплексное действие на растение ассоциативных ризосферных ФП, проявляющееся в улучшении прорастания семян, усилении роста и развития растений и, в конечном счете, в повышении урожайности, объясняется такими факторами, как: а) продуцирование сидерофоров, б) синтез антибиотиков, в) продуцирование ростовых регуляторов, г) улучшение фосфорного питания растений. Связывание железа сидерофорами приводит к железodefициту у патогенов и их конкурентному исключению из ризопланы. В опытах с тест-объектом *Pythium aphanidermatum* водорастворимые сидерофоры ФП в щелочной среде (рН 8) проявляют более сильное ингибирующее действие на патоген, чем в кислой (рН 6), что

объясняется различными концентрациями доступного железа в среде.

Установлено, что критический уровень содержания железа в почве ризопланы для прорастания хламидоспор *Fusarium oxysporum* в присутствии ФП составляет в зависимости от типа почвы  $10^{-19} \dots 10^{-22}$  М. Оптимальное подавление прорастания хламидоспор отмечено при концентрации железа  $10^{-22} \dots 10^{-27}$  М. Характерно, что препараты сидерофоров (агробактин, псевдобактин и др.) не только уменьшают популяцию фитопатогенов, но в ряде случаев стимулируют рост растений. При этом супрессивное действие ФП возрастает под влиянием корневых экссудатов. В качестве индукторов экссудатов могут выступать и сапротрофные грибы, в частности, авирулентные изоляты *F.oxysporum*.

Эффективность бактеризации семенного и посадочного материала непосредственно зависит от времени ее проведения. Хорошие результаты обеспечивает дражирование семян и черенков бактериальными препаратами или обработка ими проростков. Ингредиенты бактериального препарата должны обеспечивать возможность не только сохранения, но и активного размножения интродуцированной популяции. Наиболее эффективно внесение бактерий в почву с низкой плотностью микроорганизмов, наименее успешное – бактеризация биологически сложных субстратов, таких, например, как высокогумусированные почвы или компоста. Для улучшения роста растений необходимо поддерживать в ризоплане хотя бы минимальную эффективную концентрацию бактериальных клеток ( $10^4$  бактерий/см корня); этот порог зависит также от вида растения и его возраста. При скрининге различных штаммов основными критериями отбора следует считать их относительную стабильность, интенсивность образования сидерофоров, антагонизм *in vitro*.

Помимо продуцирования сидерофоров, супрессивное действие ФП во многих случаях связано и с биосинтезом ими антибиотиков, а также с их конкуренцией за источники углерода. Предполагается, что при воздействии ФП на фитопатогенные бактерии (например, *Erwinia spp.*) последние восприимчивы только к действию сидерофоров, а грибы – как к действию сидерофоров, так и антибиотиков. Антигрибным действием в отношении возбудителя офиоболезной гнили пшеницы обладает феназин-1-карбоксилат; сходные антибиотики – пиолотеорин и пирролнитрин (продуцируемые *Ps. fluorescens Pf-5* и 2–79) ингибируют рост питии и ризоктонии на хлопчатнике. Мутантные штаммы *Ps. fluorescens*, дефектные по синтезу этих антибиотиков, не ингибируют *in vitro* рост возбудителя офиоболезы и подавляют развитие болезни на проростках пшеницы в меньшей степени, чем дикий штамм 2–79. Сходное явление отмечено в системе *Ps. ultimum* и непродуцирующих антибиотиков штаммов *Ps. fluorescens* (поражающих хлопчатник). При повышенной (>28-30°C) температуре синтез сидерофоров бактериальными клетками подавляется. Имеются данные об успешном применении препаратов на основе ФП в крупномасштабном (400 га) эксперименте на плантациях белокочанной капусты против слизистого и сосудистого бактериозов. В результате трехкратной обработки вегетирующих растений

(2,5 л/га, титр  $2,5 \times 10^9$  кл/мл или  $3 \times 10^8$  клеток бактерий на 1 растение) пораженность уменьшилась в 7–9 раз, урожай возрос на 17%.

В целом ФП весьма перспективны в качестве почвенных антагонистов фитопатогенных грибов. Они обладают рядом свойств, которые облегчают их использование: почва является для них естественной средой обитания, они способны усваивать разнообразные органические субстраты, легко приживаются в ризоплане различных растений и обладают более быстрым ростом численности по сравнению с другими ее обитателями.

Опубликованы многочисленные сообщения зарубежных, а в последнее время и отечественных исследователей об успешном испытании ФП и сидерофорных препаратов (псевдобактин, агробактин, ризоплан и др.) для защиты от корневых и листовых инфекций пшеницы, табака, хлопчатника, картофеля, сахарной свеклы, сои, льна, капусты, огурца, гвоздики.

### **Почвенные грибы-антагонисты и биопрепараты на их основе**

Супрессивность кислых почв в отношении корневых патогенов (*Rhizoctonia solani*, *Pythium spp.*, *Gaeumannomyces graminis* и др.) связана с активным развитием в этих почвах грибов-антагонистов, в первую очередь видов рода *Trichoderma*. Продуцируемые ими антибиотики (глиотоксин, виридин, соцукаллин, аламецин и др.), а также гидролитические ферменты, обладают антигрибным и антибактериальным действиями, причем некоторые из них, по-видимому, активны и в парообразной форме. Триходерма проявляет в отношении ряда патогенов не только антагонистическое действие, но и биотрофные свойства, проникая внутрь гиф фитопатогена. Поэтому ее относят к факультативным микопаразитам. При сокультивировании *T.harzianum* и *T.reesei* с фитопатогенными грибами *Alternaria solani*, *Botrytis fabae*, *Cladosporium cucumerinum*, *Fusarium oxysporum* и *F.tricinatum* оба микопаразита разрастались по колониям фитопатогена и распространялись по всей поверхности субстрата. В культуральной жидкости видов триходермы обнаружено несколько активных гидролаз (протеиназа, манназа, ламинариназа и хитиназа). В парных культурах после гидролиза клеточных стенок гриба-хозяина обнаружены глюкоза и ламинарибиоза. Следовательно, ингибирование роста фитопатогена обусловлено гидролизом клеточных стенок, а не действием продуцируемых микопаразитом антибиотиков или токсинов. Вероятно, антагонизм триходермы основан на микопаразитизме и оптимизируется, когда микопаразит непосредственно контактирует с мицелием гриба.

В отношении *Botrytis cinerea* (опыты *in vitro*) антагонистическая активность биопрепаратов как из спор, так и из мицелия различных штаммов триходермы была идентичной. В условиях почвы эффективность гриба в форме препарата из мицелия в отношении *R. solani* была гораздо выше по сравнению с конидиальным препаратом. Добавленные в почву препараты *T.viride*, приготовленные на основе семи его изолятов, одинаково хорошо

подавляли рост *R. solani*, независимо от наличия в почве NPK, в то время как активность препарата на основе *T.hamatum* стимулировалась этим удобрением. Аналогичное действие на эффективность антагониста в отношении *Sclerotium rolfsii* оказывали мочевины и кальциево-аммиачная селитра. В ряде опытов подкисление почвы стимулировало действие биопрепарата, обеспечивая тем самым более эффективную защиту растений от корневых гнилей, поскольку оптимальное для видов триходермы значение кислотности почвы находится в пределах pH 5,0. На нейтральных и слабощелочных почвах в условиях дефицита доступного железа, создаваемого ФП, биопрепараты триходермы могут оказаться неэффективными.

В общем, ряд видов широко распространенного почвообитающего гриба рода триходерма (*T.viride*, *T.lignorum*, *T.koningii*, *T.harzianum*, *T.longibrachiatum*, *T.hamatum*) могут быть эффективными антагонистами многих фитопатогенных грибов, а также некоторых бактерий. Другие виды этого рода (*T.aureoviridae*, *T.polysporum*, *T.pseudokoningii*, *T.reesei*) антагонистическим действием, по-видимому, не обладают.

### **Особенности наработки и применения триходермина**

Препарат официально разрешен для использования в нашей стране. Его эффективная доза для большинства сельскохозяйственных культур составляет в среднем 20 мл/м<sup>2</sup>. Обычно перед предпосевным внесением в почву концентрированный препарат разбавляется в 25 раз. Гриб хорошо приживается и сохраняется в почве до конца вегетации. Под действием антагониста снижалось развитие корневой гнили и листовых пятнистостей у ярового ячменя, уменьшалось развитие корневой гнили овса. Снижалось развитие микромицетов на озимых пшенице и ржи, вызывающих снежную плесень, у картофеля – некроз ростков. В условиях теплицы на огурцах препарат обеспечивает защиту от *Pythium debarianum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *R.aderholdii*, *F.oxysporum*, *F.solani*, *Verticillium alboatrum*, *V.dahlia*. Прибавка урожая по отдельным культурам достигала 15,5% (в зависимости от степени инфицирования фитопатогенами почвы или посадочного материала). Эффективная доза триходермина при разной инфекционной нагрузке *V.dahlia* варьировала от 150 до 250 кг/га.

В условиях Краснодарской экспериментальной биофабрики триходермин получают на зерновых отходах ячменя (после производства трихограммы). Препаративная форма представляет собой либо измельченную массу зараженного субстрата (в виде пасты, или гранул), содержащую споры гриба, либо порошок из спор гриба (без наполнителя). Препарат используют для защиты растений от корневых гнилей путем обработки семян, внесения в торфоперегнойные горшочки или лунки при высадке рассады огурцов, томатов, капусты, перца, баклажан, зеленных и цветочных культур. Рекомендуются вносить суспензию гриба и путем полива



в рядки во время вегетации. Биологическая эффективность препарата в производственных условиях на овощных культурах составляет 76...98%, при защите гвоздики от фузариозной гнили – 66%.

В настоящее время экономически выгодно использовать трихо-дермин в защищенном грунте на культуре огурца (против *S.sclerotiorum*, *Pythium spp.* и других возбудителей корневых гнилей), поскольку в почве теплиц всегда имеются благоприятные для гриба гидротермические условия. Против фузариозного и ризоктониозного увядания огурцов наиболее эффективным оказалось дробное четырехкратное внесение триходермина в дозе 6...9 г/м<sup>2</sup>. При этом поражение растений корневыми гнилями снижалось в 2-4 раза, урожай возрос на 14...27%. Стимулировался рост растений, ускорялось начало цветения (на 2-8 сут), удлинялся срок вегетации на 14-20 сут и увеличивалось накопление растениями зеленой массы на 25...41%. Важное влияние на эффективность *T.harzianum* оказывает состав питательной среды, определяющий скорость роста мицелия гриба, соотношение продуцируемых им летучих и нелетучих антибиотических веществ.

В целом триходермин перспективен в борьбе с корневыми гнилями огурца, питиозной, фузариозной, ризоктониозной и вертициллезной гнилями корнеплодов сахарной свеклы, в борьбе с *Polymyxa betae* – грибным переносчиком вирусной инфекции – ризоманией сахарной свеклы, вилтом хлопчатника и люцерны, серой гнилью винограда, ризоктониозом картофеля и семян сахарной свеклы, фузариозом дыни, арбузов и гороха, корневой гнилью и ризоктониозом кенафа, угловатым и пустульным бактериозами сои, склеротинией подсолнечника и кукурузы, слизистым и сосудистым бактериозами капусты, вертициллезным увяданием баклажана. Высокая эффективность триходермина даже в пониженной дозе при обработке семян различных сельскохозяйственных культур суспензией спор гриба и его использование при дражировании или микрокапсулировании семян позволяют более широко использовать этот препарат для защиты посевов от болезней в полевых условиях. Наблюдаемая в ряде случаев слабая эффективность триходермина как в защищенном, так и в открытом грунте объясняется ошибками в подборе почвосубстрата, действием пестицидов или других ксенобиотиков. Выделенные из почвы после инкубации с различными концентрациями тяжелых металлов высокоэффективные штаммы *T.harzianum* либо утрачивали, либо существенно изменяли свои антагонистические свойства, в частности, полностью элиминировалась антигрибная активность, в то время как антибактериальное действие сохранялось. Цинк в меньшей степени, чем медь подавлял антигрибную активность, однако торможение развития мицелия антагониста наблюдалось при всех испытываемых концентрациях. Следовательно, в подверженных техногенному влиянию почвах применение триходермина должно быть строго дифференцировано. Необходимо учитывать возможность снижения его действия или даже полной инактивации при повышенных концентрациях в почве тяжелых металлов и других поллютантов.

Важную роль играет и способ применения биопрепарата. Так, в борьбе

со стеблевой формой белой гнили и другими болезнями (серая гниль, аскохитоз, фомоз, альтернариоз) на огурцах и томатах в условиях теплицы максимальный эффект обеспечила обмазка мест поражения стеблей триходерминовой пастой, в то время как внесение в почву, опрыскивание растений суспензией спор гриба (в том числе и с добавлением КМЦ) оказались менее эффективными. Положительный эффект при борьбе с ризоктониозом кенафа установлен при внесении триходермина вместе с косубстратом (лигнин, 1 т/га). Эффект от триходермина, полученного на основе аборигенных штаммов (выделенных из ризосферы и филлопланы растений), всегда выше в сравнении с интродуцированными формами гриба.

### **Биопрепараты для обработки семян и вегетирующих растений**

Семена и вегетирующие растения заселены сапрофитными, паразитическими, в том числе фитопатогенными микроорганизмами. В образуемых ими сообществах-ассоциациях складываются определенные взаимоотношения, характеризующиеся широким диапазоном различных форм: нейтрализм, аменсализм, антагонизм (антибиоз, аллелопатия), конкуренция, паразитизм, коменсализм, кооперация, мутуализм и др. В реальных эпифитных микробоценозах совместно обитает значительное количество видов, влияющих как друг на друга, так и на взаимодействие основных паразитов и хозяев. Разнообразное действие эпифитных микроорганизмов на патосистемы можно условно объединить в три большие группы: *нейтрализм* (когда сопутствующие виды не влияют на фитопатоген), *синергизм* (если микроорганизмы усиливают агрессивность основного патогена или действие друг друга в отношении растения-хозяина) и *антагонизм* (взаимное ослабление разных паразитов, что благоприятно для хозяина).

Неоднократно предпринимались попытки использовать для биозащиты растений от листостебельных инфекций антагонистическую микрофлору. Применительно к вегетирующим растениям рассмотрим три основных подхода: использование препаратов антибиотиков, гиперпаразитов и микробов-антагонистов, а также так называемую перекрестную защиту (иммунизацию) растений.

### **Препараты на основе антибиотиков**

Антибиотики – антимикробные вещества, продуцируемые различными видами биоты, обладают высокой биологической активностью и селективностью действия. Хотя к настоящему времени известно около 4000 микробных метаболитов, обладающих антибиотическими свойствами, и около 35 тыс. их синтетических производных и аналогов, в практике защиты растений в нашей стране получили распространение пока лишь несколько

препаратов. Одна из причин подобной ситуации – запрет на применение в сельском хозяйстве всех тех препаратов (независимо от их высокой эффективности), которые применяются в медицине. Так, несмотря на исключительно высокую эффективность стрептомицина в борьбе с бактериальной ржавхой табака, разрешение на его широкое использование не получено. В то же время в США стрептомицин с успехом применяют для борьбы с ржавчиной веймутовой сосны и бактериальным ожогом плодовых деревьев, в Индии – с бактериальным раком цитрусовых. В условиях Канады отмечено ингибирующее действие стрептомицина (1-500 мг/л) на зооспорангии и зооспоры ложной мучнистой росы подсолнечника (*Plasmopara halstedtii*) в период прорастания или на ранней стадии заражения патогеном. Тетрациклин оказался высокоэффективным при инъекции в ствол черешни (3 г/дерево) в борьбе с микоплазмоподобными микроорганизмами, вызывающими покраснение листовых жилок.

Одной из стран, где широко и в течение длительного времени немедицинские антибиотики используются в защите растений, является Япония. (Эта страна экспортирует антибиотические препараты для защиты растений в Китай, Корею, Бразилию, Перу, Тайвань, Венесуэлу, Испанию, Голландию, Венгрию и др.). С 1961 г. здесь выпускается актиномицетный антибиотик *бластицидин-S*, который высокоэффективен против пирикуляриоза риса. В 1965 г. был открыт менее фитотоксичный препарат *касугамицин* (касумин). Его ежегодное производство составляет в Японии около 20 тыс. тонн. Он применяется для защиты риса от пирикуляриоза, а также перца, фасоли, огурца, картофеля, табака и риса от бактериозов (*Pseudomonas sp.*, *Erwinia carotovora*), огурцов, томатов, петрушки, баклажанов, сахарной свеклы, риса, яблонь и груш от 8 видов фитопатогенных грибов, включая мучнистую росу. Для большинства культур препарат в рекомендуемых дозах нефитотоксичен, на пчел и ряд других насекомых-опылителей (в концентрации до 80 мг/л) вредного действия не оказывает. Большим преимуществом касугамицина является исключительно короткое время ожидания: его разрешено применять даже за 2 суток до уборки.

Другим широко используемым в Японии антибиотиком является *валидомицин* (продуцент штамм Т 7545 *Streptomyces hydroscopicus*). Валидомицин высокоэффективен против ризоктониоза риса и картофеля. Он ингибирует рост и других фитопатогенов (гельминтоспориум, склеротиния, возбудитель обыкновенной парши картофеля). Препарат нетоксичен для теплокровных. Только в Японии он ежегодно используется в количестве 100-150 т. Для борьбы с гельминтоспориозом риса валидомицин применяется более чем в 20 странах мира. Наилучший эффект достигается при его применении в середине периода от 2-3 листьев до начала выбрасывания метелки.

*Фузамицин* – штамм-продуцент *Actinomyces nigroscopicus* В-255; по данным болгарских исследователей антибиотик обладает широким спектром действия против фузариев, аспергиллов, пития и других грибных инфекций, а

также некоторых видов фитопатогенных бактерий и вирусов. Рекомендован для борьбы с корневыми гнилями злаковых культур, фузариозом кукурузы и других злаковых методом предпосевной обработки семян полусухим способом. Против фузариоза колоса пшеницы применяется малообъемное (10-15 л/га) авиаопрыскивание с добавкой компонентов, улучшающих препаративную форму антибиотика.

Некоторые антибиотики являются противовирусными препаратами. Таким действием обладает *раснолипид* (продуцент *Ps.aeruginosa 196 Aa*) против X-вируса картофеля и вируса крапчатости красного клевера.

Некоторые антибиотики эффективны в борьбе с бактериальными болезнями сельскохозяйственных растений. Важное значение при применении антибиотиков против бактериозов имеет срок обработки. Так, при опрыскивании баклажан против бактериального увядания за день до инокуляции патогеном защитный эффект обеспечивали только *хлорамфеникол* и *агримицин-100* (1 г/л), а *пенициллин* и *тетрациклин* были неактивными. В то же время при профилактическом введении в питательный раствор *пенициллин*, *агримицин-100* и *стрептомицин* обеспечили защиту растений в течение 1,5 месяцев. Однако ни один из испытанных антибиотиков не проявил лечебного эффекта при опрыскивании растений через сутки после инокуляции.

Антибиотики в целом имеют ряд преимуществ в сравнении с традиционными фунгицидами. Они легко проникают в органы и ткани растений, их действие в меньшей степени зависит от неблагоприятных погодных условий. Наибольшим системным действием характеризуются антибиотики кислотной природы - *пенициллин*, *хлорамфеникол*, меньшим - амфотерные соединения (*хлортетрациклин*, *окситетрациклин*) и антибиотики-основания (*стрептомицин*, *неомицин*).

Некоторые из антибиотиков способны активизировать защитные реакции растений, включая образование *фитоалексинов*, т.е. действовать в качестве индукторов устойчивости. Так, *стрептомицин*, *ристомин*, *полимиксин* и *хлорамфеникол* повышали в тканях содержание ришитина до уровня устойчивых к фитофторозу сортов картофеля. *Такое действие антибиотики проявляют в гораздо более низких концентрациях, чем летальные для спор этого фитопатогена.*

Активность антибиотиков *in vitro* и *in vivo* резко различается. При испытаниях актиномицина, хлорамфеникола, фумагаллина, гентамицина, мильдиомицина, окситетрациклина, полиоксина, стрептомицина и валидомицина (*in vitro* 50 мкг/мл, *in vivo* 500 мкг/мл) в отношении *Agrobacterium radiobacter* какой-либо корреляции между двумя сериями опытов не выявлено.

В России широко испытываются такие немедицинские антибиотики, как *трихотецин* и *фитобактериомицин (фитолавин)*. Поскольку ряд антибиотиков обладает защитным и ростстимулирующим эффектами, их применяют не только в качестве средств защиты вегетирующих растений от патогенов, но и для обработки посевного (посадочного) материала.

## **Антибиотики для обработки семенного и посадочного материала**

Наиболее распространенными возбудителями гнилей корнеплодов сахарной свеклы являются грибы из родов фузариум, питий и ризоктония. Эти патогены снижают всхожесть семян, вызывают отмирание главного корня и гибель проростков. Замачивание семян в водных растворах антибиотика 1618 (продуцент *S.griseoruber*, штамм 1618-306) и розефунгина (продуцент *S.roseoflavus var.roseofungini*, штамм А-23/791) в 3-5 раз снижало поражение корнеплодов этой культуры в сравнении с эталоном (ТМДТ). При замачивании рассады капусты и обработке растений в период кочанообразования пораженность растений бактериозами уменьшалась в 3-4 раза, а урожай повысился на 15-20%.

Имеются многочисленные данные финских исследователей о высокой эффективности препаратов на основе *Streptomyces sp.* (*микостон* и др.) при опудривании семян разных видов капусты против *Alternaria brassicola*. Этот прием сдерживал развитие альтернариоза всходов капусты так же эффективно, как обработка их тирамом.

*Гризин* (аналог фитолавина, продуцент *S.griseus*) рекомендован для обработки маточных кочерыг капусты и семян озимой пшеницы (0,6 кг/т). Его применение обеспечивало защиту семенников капусты от возбудителей бактериозов и пшеницы от корневых гнилей. В последнем случае повышалась также полевая всхожесть семян, кустистость и масса растений пшеницы.

*Рубомицин* - атрациклиновый антибиотик, в концентрации 10-100 и 500 мг/л при экспозиции 2.,,24 ч оказывал стимулирующее действие на проростки огурца и озимой пшеницы.

*Нифимицин* (фузамицин) при обработке семян дыни обеспечивал значительную (24%) прибавку урожая. При этом повышалась полевая всхожесть семян и стимулировался прирост фитомассы.

*Трихотецин* (продуцент *Trichotecium roseum*) выпускается с содержанием активного ингредиента 10 мг/г (в форме 1% дуста) или 100 мг/г (в форме 10% дуста). Для теплокровных животных среднетоксичен, раздражает слизистые оболочки и кожу, слабый аллерген, МДУ для огурцов 0,1 мг/кг, ПДК в воздухе рабочей зоны 0,2 мг/м<sup>3</sup>, время ожидания - 4 суток. Эффективен против многих микозов (фузариоз, вертициллез, гельминтоспориоз). В форме 1 % дуста (2 кг/т) рекомендован для предпосевного опудривания семян пшеницы и ячменя, в форме 10% с.п. (2 кг/га) - для многократной обработки огурцов в защищенном грунте против мучнистой росы; применение начинают при появлении первых признаков болезни, интервалы между опрыскиваниями не должны превышать 7-8 суток, кратность обработок зависит от степени пораженности растений. В дозе 0,1-0,15 кг/га трихотецин рекомендован также для борьбы с паршой и плодовой гнилью яблони, в период вегетации проводится не менее 4 обработок. В почве трихотецин быстро разрушается микроорганизмами-деструкторами,

его продуцент в почве не обитает, хотя он обычно встречается на растениях и растительном опаде. Видимо поэтому против вилта хлопчатника препарат давал нестабильный эффект, в то время как против листостебельных инфекций эффект от его применения оказывался стабильно высоким.

*Фитобактериомицин* (ФБМ, продуцент *Streptomyces lavendulae*) выпускается в форме 2 и 5% дустов (с активностью 20000 и 50000 ЕА/г), обладает бактерицидным, фунгицидным и ростстимулирующим действиями. Для теплокровных среднетоксичен, умеренный аллерген. Против бактериозов рекомендованы 2% дуст ФБМ, используемый методом предпосевного опудривания сои (3 кг/т) и 5% дуст в той же дозе - для предпосевного опудривания семян фасоли, а также для пшеницы (против фузариозных и гельминтоспориозных корневых гнилей). ФБМ эффективен в борьбе со слизистым и сосудистым бактериозами капусты. С этой целью корневую систему рассады погружают в 0,1% суспензию препарата при норме 0,2-0,3 кг/га.

*Фитолавин-100* и *фитолавин-300* выпускаются в форме сухого порошка активностью 100000 и 300000 ЕА/г. Они обладают бактерицидным, фунгицидным и ростстимулирующим действием. Среднетоксичен для теплокровных. Рекомендован для предпосевного опудривания семян пшеницы, ячменя, льна, томатов (в борьбе с бактериозными, фузариозными и гельминтоспориозными корневыми гнилями), против бактериозов сои и фасоли при норме 3 кг/т, на капусте против сосудистого и слизистого бактериозов, а также черной ножки – 5 кг/т. В борьбе с этими же болезнями маточные кочерыги капусты (перед высадкой) рекомендуется обмакивать в болтушку из глины, коровяка и препарата из расчета 25 г на 1000 кочерыг.

### ***Антагонисты и гиперпаразиты***

Хотя наибольшее число микроорганизмов-антагонистов из различных таксономических групп сосредоточено в почве (преимущественно в ризоплане), у всех культурных растений на поверхности надземных органов развивается так называемая *эпифитная микрофлора* (эпифлора, микроорганизмы филлопланы). Эти нефитопатогенные грибы, бактерии и вирусы (бактериофаги) вступают между собой в сложные взаимоотношения, одним из которых является так называемая мико-фильность, т.е. способность микробобиоты филлопланы развиваться за счет грибов. Кроме микофильных бактерий и грибов, компонентами эпифлоры являются также микопаразиты, паразиты грибов второго порядка или сверхпаразиты (гиперпаразиты). При этом выделяют биотрофных и некротрофных микопаразитов. Последние могут вызывать быструю гибель пораженных структур фитопатогена, сильно замедлять или полностью подавлять развитие хозяина, а также хорошо расти на питательных средах.

Одним из наиболее важных представителей микопаразитов являются виды рода ампеломицес. В частности, *Ampelomyces quisqualis* способен

паразитировать на многих мучнисторосяных грибах. Сначала он развивается в их гифах биотрофно, затем убивает клетки. Он легко изолируется и культивируется на питательных средах, толерантен к некоторым фунгицидам. Его конидии и мицелиальная культура не оказывают вредного действия на теплокровных. Обработка в теплице конидиальной суспензией *A. quisqualis* растений огурца (зараженных *Sphaerotheca fuliginea* или *Erysiphe cichoracearum*) давала почти такую же прибавку урожая, как и применение фунгицидов.

Как правило, эффективному использованию грибных препаратов при обработке вегетирующих растений препятствует дефицит влажности воздуха. В частности, прорастание конидий микопаразита *A. quisqualis* в условиях дефицита влажности воздуха лучше всего происходило в 1%-й эмульсии жидкого парафина. Такие ингредиенты препарата как КМЦ, глицерин, ламинарии, бентонит, каолин, твин и др. практически не влияли на степень заражения хозяина.

У некоторых растений доминантным видом филлопланы является гиперпаразит *Trichoderma viride*. Изолированный с листьев персика гриб эффективно проявлял свое антагонистическое действие в отношении возбудителя дырчатой пятнистости листьев (*Stigmia carpophila*). В опытах испанских исследователей наиболее эффективным антагонистом в отношении *Monilia laxa* (монилиоз персика) оказались 5 видов филлопланы - *Asp.flavus*, *Epicoccum nigrum*, *Penicillium chrisogenum*, *P.frequentans*, *P.purpurogenum*. В отличие от обработок антибиотиками, превентивное (за сутки до инокуляции) опрыскивание растений огурца суспензией спор этих грибов против *Sphaerotheca fuliginea* оказалось неэффективным. Напротив, при обработке зараженных растений суспензией клеток другого эпифита - *Tilletiopsis minor* (при концентрации 2-10<sup>7</sup> шт./мл) с интервалом 3 суток вторичного поражения мучнистой росой не отмечено.

В качестве антагонистов могут выступать и различные фитопатогенные грибы. Так, *Septoria tritici* на пшенице подавляется такими грибами как *Puccinia dispersa*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*. Факт взаимной конкуренции фитопатогенных грибов может найти практическое применение в биологической защите растений. По наблюдениям индийских исследователей фильтраты культуральной жидкости 3 видов грибов, выделенных из филлопланы подсолнечника (*Fusarium sp.*, *Helminthosporium sp.*, *Penicillium sp.*), даже в 1%-й концентрации значительно подавляли прорастание спор *Alternaria helianthi*. Когда инокулюмом этих грибов опрыскивали листья подсолнечника за 3 суток до инокуляции *A. helianthi*, то развитие пятнистости существенно снижалось.

В последнее время усилился интерес к созданию биопрепаратов-антагонистов на основе бактериальной микрофлоры филлопланы. Описано использование *Bac.cereus var.mycoides*, *Ps.cepacia*, *Ps.fluorescens*, *Bac.thuringiensis*, *Bac.subtilis* для подавления антракноза огурца, листового ожога кукурузы, альтернариоза табака, рака сосны. Общее число эпифитных бактерий на листьях томатов у сортов, устойчивых к *Ulocladium botrytis*,

было всегда выше, чем у восприимчивых. Все изолированные с листьев бактерии *in vitro* подавляли радиальный рост *U. botrytis*, но наиболее высокой антагонистической активностью характеризовались *Bac.cereus* и *Erwinia herbicola*. Фильтраты этих культур подавляли прорастание спор патогена (на восприимчивом сорте) на 75 и 78%. При одновременном заражении растений патогеном и бактериями болезнь проявлялась слабо. Менее эффективной оказалась обработка антагонистами за 2 сут до инокуляции.

Биопрепарат на основе *Ps.putida* испытывался для борьбы со склеротинией на подсолнечнике в сравнении с двумя грибными препаратами (на основе *Coniothyrium minitens* и *Gliocladium roseum*) и фундазолом. Суспензией препарата обрабатывались семена, грибные препараты вносились в почву. По итогам двухлетних испытаний бакпрепарат был наиболее эффективен в начале вегетации, а грибные препараты - во второй половине вегетационного сезона. Фундазол, несмотря на значительный эффект в начале вегетации, к концу сезона уступал биопрепаратам. Среди большого разнообразия грибов, заселяющих и разлагающих склероции *S.sclerotiorum*, большой интерес представляет пикнидиальный гриб *Coniothyrium minitens*. Он является специфическим гиперпаразитом склеротинии. Созданный на его основе препарат *кониотириин* оказался наиболее эффективным против склеротиниоза и превосходил эталон (фентиурам). В естественных условиях наибольшее разнообразие антагонистов склеротинии (включая кониотириин) наблюдалось на склероциях, образовавшихся на корнях, меньшее - на стеблях, наименьшее - на корзинках подсолнечника.

Рассматривая общую стратегию поиска и скрининга грибов-антагонистов филлопланы, можно предположить, что неодинаковые результаты, полученные в опытах *in vitro* и *in vivo*, связаны с различной выживаемостью этих грибов при резко различающихся экоресурсах. Поиск антагонистов *in vivo* должен включать параллельные исследования взаимодействия микроорганизмов на изолированных листьях в контролируемых условиях климатокамеры или теплицы, в естественных условиях, а также *in vitro*.

### **Ампеломицин – микробиопрепарат на основе гиперпаразитного гриба из рода *Ampelomyces***

Препарат применяется для борьбы с мучнисторосяными грибами. На Краснодарской экспериментальной биофабрике в производстве находятся три штамма культуры: А-1 (*A.artemisiae*) для борьбы с мучнистой росой огурца; А-2 (*A.quisqualis*) для борьбы с мучнистой росой яблони и А-3 (*A.unsinulae*) против оидиума винограда. Эффективны также *A.plantaginus*, *Afuliginea* и др., паразитирующие на различных видах мучнисторосяных грибов, вредящих в первую очередь тыквенным, в условиях как защищенного, так и открытого грунта. Недавно выделен новый вид гиперпаразита *A.cesatii*, паразитирующий на трех формах мучнисторосяных



грибов (роды *Sphaerotheca*, *Erysiphe*, *Acrosporium*), поражающих 15 видов растений. Микопаразит обнаруживается с августа по октябрь на грибах, поражающих растения семейств сложноцветных и тыквенных. Восприимчивыми к паразиту оказались также грибы, паразитирующие на злаковых растениях.

Для получения ампеломицина биомассу гриба наращивают на отходах ячменя. Для обработок используют 0,2%-ю (по массе препарата) суспензию спор в воде с титром  $2 \times 10^{10} \dots 2,5 \times 10^{10}$  спор/г ( $2 \times 10^6$  спор/мл). Гиперпаразит поражает мицелий, конидии и конидиеносцы гриба-хозяина, вызывая вначале его угнетение, затем – гибель. По результатам полевых опытов в хозяйствах Краснодарского края биологическая эффективность ампеломицина в борьбе с мучнистой росой яблони составляла 66...69%, оидиума винограда – 75, а в борьбе с мучнистой росой огурца в защищенном грунте – 70...80%. Обработки проводят с интервалом 7-8 сут на огурце и 10-12 сут на яблоне и винограде. Фитотоксическим действием препарат не обладает. Медный купорос, беномил, топсин М, хлорофос, фозалон, фосфамид, кельтан и акрекс в концентрации 0,1-0,2% подавляют прорастание спор гиперпаразита; хлорокись меди и суспензия серы оказались менее токсичными.

### **Бацифит – высокоэффективный препарат антагонист на основе *Bac.subtilis***

Продуцентом бацифита (БЦФ) является открытый во ВНИИ прикладной микробиологии (Московская обл.) штамм ИПМ-215, обладающий широким спектром антигрибного и антибактериального действий. Его эффективная концентрация в отношении *V.dahliae* составляет 10 мг/л. Обработка корневой системы рассады и кочерыг семенников 0,5%-м раствором БЦФ значительно (до 5-8%) снижала частоту встречаемости слизистого бактериоза на капусте первого года выращивания и обеспечила выход здоровых кочанов до 90%. Отмечен положительный эффект подлива раствора БЦФ (0,5 л/растение) в фазу бутонизации – начала цветения семенников капусты. Биологическая эффективность БЦФ против слизистого бактериоза семенников составила в среднем 44-45%; при этом сдерживалось развитие пероноспороза и альтернариоза. Урожай семян увеличивался в среднем на 2-3 ц/га. По данным ВНИИФ, эффективность БЦФ возрастала при увеличении кратности обработок плантации капусты, т.е. при проведении ее через каждые 14-28 дней (в концентрации 0,1-0,3%). Эффективным оказался препарат на семенниках цветной капусты, а также при поливе семенных плантаций огурца (для защиты от корневых гнилей).

По данным НИИ овощного хозяйства (Московская обл.), применение БЦФ (0,7-1,0%) методом опрыскивания плантаций огурца с интервалом в 10 сут позволило сдерживать развитие мучнистой росы в пределах 5... 14%, что было на уровне эталонов (байлетона и трихотецина) и в 4-5 раз ниже в сравнении с необработанным контролем. Трехкратное применение БЦФ в производственном опыте позволило сдержать развитие болезни в пределах

1...6% и получить урожай на уровне эталона. По эффективности против корневых гнилей огурца в полевых условиях БЦФ не уступает триходермину, однако обладает более коротким периодом действия. При трехкратном опрыскивании посевов хлопчатника (начало бутонизации, цветение и массовое плодоношение) на слабо- и средnezараженных вилтом полях БЦФ (0,8-1,0%) стимулировал рост растений, снизил заболеваемость вилтом (29...35%) и на 3 ц/га повысил урожай. При трехкратном опрыскивании БЦФ (3 кг/га) плантаций картофеля против фитофтороза снижение поражения растений было либо на уровне эталонного варианта (цинеб), либо обеспечивался лучший эффект. В полевых опытах получен положительный результат от БЦФ (0,7%, 4 обработки) в борьбе с пероноспорозом хмеля, в лабораторных опытах отмечено ингибирование возбудителя антракноза томатов.

Замачивание семян томатов и перцев в суспензии спор *Bac.subtilis* стимулировало рост растений и обеспечивало четкий защитный эффект от ризоктониоза и питиоза. Бактеризация семян не только оздоровила рассаду томатов, но и уменьшила инфекционную нагрузку на почву для последующей культуры огурца. Вариант с бактеризацией семян оказался более перспективным, чем обработка почвы суспензией спор антагониста.

### **Антигрибные вирусы, бактериофаги и многокомпонентные биопрепараты**

Рассматриваются возможности использования миковирусов для борьбы с микозами растений. Системная обработка растений миковирусными РНК может как бы иммунизировать растения, защищая их от последующего инфицирования высоковирулентными штаммами фитовирусов. Несмотря на отдельные обнадеживающие результаты (в борьбе с вирусными болезнями цитрусовых и древесных культур, а также с вирусозами пасленовых), применение метода вирусной вакцинации не получило пока широкого распространения из-за высокой стоимости подобных обработок, трудностей применения, а также из-за потенциальной опасности «живых вакцин».

Несколько больший прогресс достигнут при использовании микробиопрепаратов на основе бактериофагов. В США недавно запатентован препарат для борьбы с бактериальным ожогом растений, вызываемым *Erwinia amylovora*. В его составе фаг, лизирующий *E.amylovora* и продуцируемый этим фагом ферментный белок, вызывающий деполимеризацию бактериального полисахарида. В условиях Белоруссии из тканей растений (пораженных *Ps.syringae*) и почвы выделено 23 фага этой бактерии. Выделенные фаги обладают широким кругом хозяев, лизируя 2/3 различных патотипов *Ps.syringae*. С учетом свойств фагов отобраны наиболее активные штаммы, включенные в препарат «Полифаг». Он стабилен в течение года при хранении в условиях пониженной температуры (+4°C). В полевых опытах отмечена его приемлемая эффективность в подавлении

развития и распространения бактериозов в посевах ряда культур.

В условиях Украины предпосевная обработка семян суспензией бактериофага позволила снизить пораженность огурца угловатой пятнистостью – *Ps.syringae*, *pv.bachrymans*. Против наиболее активных псевдомонад, выделенных из пораженных тканей огурца, испытывались 23 изолята бактериофагов. На основе наиболее вирулентных создан препарат «Пентофаг» для защиты огурца от угловатой пятнистости. В результате обработки степень поражения растений уменьшилась вдвое против контроля и была на 20% ниже в сравнении с обработкой эталонным фунгицидом (0,4%-й р-р полихома). Урожай увеличился на 18 и 31 ц/га (по сравнению с контролем и эталоном) за счет снижения развития заболевания и продления срока вегетации.

В многолетнем полевом опыте на 14-16-летних деревьях груши (Белорусская поздняя) изучалось терапевтическое действие смеси лизатов бактерий (*Ps.syringae*) с бактериофагами. Обработка этой смесью подавляла развитие болезни, причем этот эффект был выше, чем у эталонных препаратов (фундазол, топсин-М). Обработка только лизатом (фаги инактивировались УФ-облучением) вызывала очень слабое подавление болезни.

В Японии, Китае и других рисосеющих странах не прекращаются попытки использовать бактериофаги для борьбы с бактериозами риса.

### **Биопрепараты на основе авирулентных рас и штаммов микроорганизмов**

В течение многих десятилетий исследователи неоднократно предпринимали попытки иммунизировать или обеспечить перекрестную защиту растений, обрабатывая их ослабленными или авирулентными штаммами фитопатогенов, их культуральными средами, либо различного рода экстрактами и индукторами фитоалексинов. В ряде случаев отмечался положительный эффект, однако большинство опытов давало неопределенные или плохо воспроизводимые результаты. В тех же случаях, когда индукцию защитной реакции все-таки удавалось осуществить, большую роль играли условия иммунизации (такие, как нагрузка инокулюма, локализация, время обработки и др.). Иммунный ответ растения может усиливаться под действием индукторов сопротивляемости. Они могут быть объединены в три большие группы: природные индукторы, происходящие от патогенных микроорганизмов; природные индукторы, происходящие от непатогенных микроорганизмов и природные или синтетические индукторы установленной химической природы. Индукторы-элиситоры (метаболиты паразита) в определенной концентрации вызывают защитные реакции растения, включая образование *фитоалексинов*.

Ошибочно смешивать иммунизацию с обработкой семян или взрослых растений культурой микроба-антагониста, гиперпаразита или азотфиксатора.

В последнем случае правильнее говорить об инфицировании семян (растений) с целью индуцировать неспецифическую устойчивость к фитопатогенам. Возможно, что и при этом может улучшаться иммунный статус растения-хозяина, а метаболиты антагониста (гиперпаразита) будут оказывать на растение ростстимулирующее действие. В свою очередь, индукторы защитных реакций, выделенные из *PLinfestans*, *F.culmorum*, *F.sambucinum*, не только вызывали повышение устойчивости картофеля к различным болезням, но и стимулировали прорастание клубней, увеличение длины ростков, подавление апикального доминирования и т.д. В этом случае иммунизация посадочного материала, сопровождаемая рострегулирующим действием, направлена на придание растению, как правило, узкоспецифической устойчивости или индуцированного иммунитета к определенному патогену (или группе близких по природе возбудителей болезней). Биогенные индукторы – липогликопротеидный комплекс (5... 10 мкг/мл) и *арахидоновая кислота* (0,3...0,003 мкг/мл) - не только обеспечивали защиту клубней картофеля от загнивания, но и стимулировали образование раневой перидермы. В более высоких концентрациях индукторы подавляли ее образование.

Наиболее обнадеживающие результаты получены при иммунизации посадочного материала семечковых пород (яблони, груши) штаммом К-84 *Agrobacterium radiobacter* (препарат агроцин-84, полученный на основе ДНК-рекомбинантной технологии) против корончатого галла, или рака корней, вызываемого *Agr.tumefaciens*. В условиях ЮАР этот препарат контролировал развитие 82 фитопатогенных штаммов *Agr.tumefaciens*. Препарат обладает исключительно профилактическим, но не лечебным действием.

Слабопатогенный штамм вируса табачной мозаики – ВТМ (в виде сока растений или очищенного препарата) широко используется в защищенном грунте для защиты томатов от стрика, мозаики, нитевидности листьев, внутреннего некроза плодов. По данным Ю.И.Власова и Т.А.Якуткиной (ВИЗР), вакцинация растений ослабленными штаммами вируса мозаики томатов индуцирует устойчивость растений к высокопатогенным штаммам. Использование этого приема обеспечивает повышение урожайности до 30%. Лучше всего вакцинацию проводить в ранние фазы развития растений (до пикировки) при отсутствии смешанных инфекций и только на восприимчивых сортах, которые выращивают отдельно от устойчивых. По данным японских исследователей, с помощью ослабленных штаммов ВТМ и вируса зеленой огуречной мозаики удается предотвратить большие потери урожая от вирусных болезней в защищенном грунте на томатах, огурцах, перце и тыквенных культурах. Предложено использовать авирулентный штамм *Puricularia oryzae* для перекрестной защиты риса от пирикуляриоза. Биологический контроль фузариозного вилта томатов и земляники осуществлялся при использовании штаммов, выделенных из здоровых растений. Биопрепарат вносили в почву или погружали корни рассады в его суспензию.

Роль непатогенных грибных штаммов (при взаимодействии: ави-

рулентный гриб – растение – фитопатоген) целиком вписывается в схему вакцинации при условии, что грибные организмы непосредственно друг с другом не взаимодействуют. В пользу такого допущения свидетельствуют эксперименты японских ученых, выделивших со здоровых растений батата несколько изолятов *F.oxysporum*, большинство из которых оказались непатогенными по отношению к батату, огурцу, дыне, редису и капусте. При этом некоторые непатогенные изоляты вызывали перекрестную защиту батата от фузариоза. Среди семи видов рода фузариум только *F.oxysporum* вызывал подобную защиту. В опытах *in vitro* между патогенными и непатогенными штаммами антагонизм отсутствовал, перекрестная защита имела системный характер и обнаруживалась лишь в том случае, когда предварительная инокуляция растений непатогенным штаммом проводилась за двое суток до заражения патогеном. Одновременная инокуляция не влияла на устойчивость растений.

По данным исследователей Калифорнийского университета (США), иммунизация семян сахарной свеклы ооспорами *Pythium oligandrum* защищала семена от поражения *P.ulimum*, причем в такой же степени, как обработка фенаминосульфом. При этом у *P.oligandrum* не обнаружена патогенность в отношении 12 культурных растений из 6 семейств.

Интересный метод борьбы с офиоболезной гнилью пшеницы предложили французские исследователи. Они обрабатывали семена пшеницы гиповирулентным штаммом *Gaeumannomyces graminis var.tritici*. Данный патоген вызывал у растений реакцию сверхчувствительности к вирулентным штаммам офиоболеза, вследствие чего их вредоносность проявлялась в минимальной степени. Иной подход использован при иммунизации хлопчатника гиповирулентными штаммами *V.dahliae* с целью снижения вредоносного действия вирулентных штаммов того же гриба. Инокуляция гиповирулентными штаммами статистически достоверно снижала степень поражения хлопчатника вертициллезом. Длительность периода между инокуляцией гиповирулентными и вирулентными штаммами существенно влияла на иммунный статус растений. Максимальный защитный эффект наблюдался при интервале в 5 суток.

Феномен иммунизации можно объяснить образованием у ряда растений в ответ на воздействие вирулентной или авирулентной расами патогена *фитоалексинов*, предотвращающих или замедляющих его развитие. Принято считать, что фитоалексины образуются только *in situ* и не перемещаются в другие (неинокулированные органы). Однако, кроме локальной, у некоторых растений под действием иммунизации индуцируется и *системная* устойчивость. К сожалению, природа факторов или сигналов, генерируемых растением в ответ на обработку биоагентом и вызывающих у растения метаболические изменения (т.е. повышающие устойчивость к патогену у необработанных тканей и органов) пока не установлена. Выяснение ее позволило бы значительно приблизиться к управлению взаимодействием растения-хозяина и патогена.

---

В настоящее время существует значительный арсенал средств биологической защиты растений от болезней. Согласно заключению 5-го Международного конгресса фитопатологов перспективным является: "...Использование организмов, генов или генных продуктов для регуляции жизненного цикла патогенов, позволяющие поддерживать плотность популяции возбудителя ниже экономического порога вредности, уменьшить или исключить инфицирование растений и усилить систему самозащиты или устойчивость растений-хозяев. В качестве агентов биологического контроля используют авирулентные или гиповирулентные штаммы патогенов, антагонисты и устойчивые сорта растений". К биоагентам фитопатогенов следует отнести хищных простейших, насекомых-микофагов, а также немедицинские антибиотики. Однако, несмотря на обширный арсенал биопрепаратов, в ближайшие 5-10 лет биометод еще не станет повсеместно альтернативой химическому методу. Тем не менее роль биопрепаратов в системе интегрированной защиты растений от болезней будет непрерывно возрастать, поскольку уже теперь регулирование численности фитопатогенов в защищенном грунте или на посевах, предназначенных для получения сырья для детского и диетического питания, должно осуществляться без применения фунгицидов и бактерицидов.

Успешное использование микроорганизмов-интродуцентов и биопрепаратов на их основе должно базироваться на точном знании экологии эпифитных и почвенных микробсообществ. Сбалансированность сообществ естественных ботанических формаций обеспечивается сложившимся соотношением трофических групп микроорганизмов. В системе их филлопланы и ризопланы – фитопатогенные грибы составляли примерно 30%, около 10 – микоризообразователи, до 5 – микофилы, 2–3 - грибы патогенные для животных и более 50% – сапротрофные деструкторы.

Микробная патосистема, в особенности почвенная, хотя и существует в состоянии гомеостаза, достаточно сложна и динамична. Это важно учитывать как при направленном привнесении интродуцентов, так и при варьировании различными экофакторами. По данным Ротамстедской опытной станции (Англия), при борьбе с офикальной корневой гнилью пшеницы использование бакпрепарата было не только не эффективно, но и угнетало рост пшеницы. В условиях Австралии отмечена генетическая нестабильность бактерий как агентов биологического контроля, что ограничивает их практическое использование; однако отдельные сообщения о падении урожайности и повреждении растений не повлияли на решение компетентных организаций рекомендовать коммерческий препарат *квантум 4000* (на основе *Bac.subtilis*) для защиты посевного материала от ризоктониоза, питиоза, фузариоза и других болезней. В то же время очевидно, что в полевых условиях одни только биопрепараты пока еще не решают проблемы борьбы с почвенными фитопатогенами. Современные

агротехнические приемы, органические удобрения и сидераты должны стать факторами качественного и количественного регулирования популяций почвенных патогенов, создания супрессивных почв.

При биологической защите сельскохозяйственных растений важно учитывать не только прямое действие биопрепарата, но и последствия его применения для всех компонентов агробиоценоза. В свою очередь, важными факторами, определяющими судьбу биоагента в современном агроценозе, являются селективирующие свойства используемых пестицидов и иммунные свойства возделываемых сортов. В этой связи большое значение имеет придание организмам-интродуцентам генетической устойчивости к современным фунгицидам для того, чтобы биоагенты могли успешно конкурировать с фитопатогенами в условиях загрязненных почв или умеренного применения фунгицидов. Так, у гриба-антагониста *Talaromyces flavus* удалось повысить устойчивость к тиабендазолу в 86 раз. При этом *фунгицидоустойчивость* в большей степени проявлялась при использовании генеративной (аскоспоры), а не вегетативной (конидии) форме гриба.

Воздействию антагонистов патогены могут подвергаться либо на отдельных стадиях его цикла развития (паразитическая, сапрофитная, покоящаяся), либо в период перехода из одной стадии в другую. При этом наиболее устойчивой, особенно у почвенных патогенов, оказывается паразитическая стадия, находящаяся под защитой тканей хозяина. Ее экологическое предназначение как раз и заключается в уходе патогена от конкуренции в свободную экологическую нишу. На эту стадию в состоянии воздействовать в результате упреждающего заселения экониши лишь очень немногие микопаразиты (*Darluca filum*, *A. quisqualis* и др.). Однако процесс перехода к паразитической стадии может нарушаться микоризными микроорганизмами или гиповирулентными штаммами патогена вследствие бактериализации посевного (посадочного) материала.

Следует подчеркнуть важность испытания перспективных микробных интродуцентов (и биопрепаратов на их основе) именно в полевых условиях. Эта работа должна осуществляться в течение нескольких различающихся по погодным условиям вегетационных периодов. Так, высокоэффективный штамм *BSJ Bac.subtilis* при обработке семян сои в лаборатории проявил исключительно высокое противогрибное действие в отношении *Penicillium* и фунгистатичность в отношении других видов патогенных грибов, включая фо-мописис. Однако в поле подобный эффект отсутствовал.

Микробиопрепараты высокоспецифичны и имеют строго ограниченный круг хозяев. Их эффект в подавлении листостебельных инфекций основан на микробном антагонизме (до проникновения возбудителя в ткани растения-хозяина), либо на гиперпаразитизме в период после инфицирования растения. Хотя резкой границы между антагонизмом и гиперпаразитизмом провести нельзя, при микробном антагонизме должна создаваться устойчивая популяция эпифитной микрофлоры, состоящая из нативных и (или) искусственно введенных антагонистов.

Использование гиперпаразитов в борьбе с почвенными инфекциями

эффективно пока лишь при низких уровнях развития болезни. В связи с этим следует активизировать поиск более активных биоагентов, используя для этих целей в первую очередь супрессивные почвы. Показано, что супрессивность некоторых почв (в частности, к фузариозному вилту) базируется на конкурентных взаимоотношениях различных антагонистических форм. Виды почвенной микробиоты, например, ФП и непатогенные фузарии конкурируют за источники углерода и железа. Направленно внося эти элементы в доступных формах, можно превращать вилт-супрессивную почву в вилт-кондуктивную, и наоборот. При оценке уровня супрессивности почвы следует больше внимания уделять влиянию штаммов-продуцентов сидерофоров на прорастание грибных спор, оценке роли этих веществ при взаимодействии сапрофитных, азотфиксирующих и патогенных микроорганизмов ризосферы, а также исследованию генезиса сидерофоров флуоресцирующих псевдомонад. Производство сидерофоров – это не только важное условие защиты растений от патогенов, но и неотъемлемый фактор почвенного плодородия, стимулирования роста и развития растений.

До сих пор недооценивается такое преимущество пестицидов на основе антибиотиков, как их высокая биodeградальность в почве. Попадая на наземные органы растений, они легко разрушаются под действием инсоляции. К тому же антибиотики применяются в очень низких дозах – на один-два порядка ниже, чем химические фунгициды. Существенным недостатком этих препаратов является приобретение фитопатогенами резистентности к ним в течение непродолжительного периода. Однако ее можно преодолеть чередованием с химическими синтетическими фунгицидами, а также усовершенствованием технологии их применения.

Устойчивые к болезням сорта, современная агротехника, высокоэффективные фунгициды и биопрепараты как основные элементы интегрированной системы защиты растений должны не противопоставляться, а дополнять друг друга. Фунгицидный пресс удалось бы значительно уменьшить, если увенчаются успехом поиски природных антигрибных биологически активных соединений. Последние, включаясь в патогенез, не обладая фунгицидным действием, повышали бы устойчивость растения-хозяина, в том числе и за счет индукции фитоалексинов. Однако для практических целей искусственно создавать индукторы фитоалексинов – элиситоры пока довольно сложно и дорого. Кроме того, многие из известных в настоящее время фитоалексинов высокотоксичны для теплокровных или фитотоксичны. Природа высокоактивных гормоноподобных индукторов иммунитета у растений пока не установлена.

Санитарно-гигиенические аспекты производства и применения биопрепаратов изучены пока недостаточно. Хотя биоагенты (исключая антибиотики), как правило, не попадают в продукты урожая, их аллергенное действие является основным сдерживающим фактором для широкого использования, в особенности в защищенном грунте. Одним из способов предотвращения этого нежелательного сопутствующего эффекта является



использование биоагентов не в виде нативных спор, конидий, клеток или мицелия, а в форме инкапсулированных препаратов, драже или инкрустированных этими агентами семян.

По заключению гигиенистов, степень загрязнения объектов окружающей среды микробными препаратами определяет уровень их реальной опасности для населения, зависящий в основном от условий их применения. При использовании биопрепаратов в поле нет необходимости строго регламентировать и контролировать содержание их остатков в продуктах урожая. Однако применение биопрепаратов в защищенном грунте менее безопасно, поэтому содержание их остатков в тепличных продуктах должно нормироваться. Что касается антибиотиков, то сохранение их остатков в продукции имеет не только медико-гигиенические, но и технологические аспекты. Так, на ряде перерабатывающих предприятий молочной промышленности из-за биологически активных примесей в молоке затруднено его использование в качестве полноценного сырья для сыроварения (из-за ингибирования молочнокислых бактерий).

К сожалению, производимые в нашей стране микробиопрепараты по многим показателям пока не могут конкурировать с современными фунгицидами. Технология производства биопрепаратов сложна, зачастую нуждается в дефицитном (пищевом) сырье, для их наработки хронически недостает серийного оборудования и специальных производственных мощностей. Большинство биопрепаратов обладает узкоселективным действием, характеризуется нестабильным или непродолжительным периодом хранения. Их наработка осуществляется в основном на базе традиционных природных штаммов и с трудом поддается стандартизации. Производство сельскохозяйственных антибиотиков, микофунгицидов, бакпрепаратов на основе флуоресцирующих псевдомонад и комбинированных биопрепаратов в широких масштабах пока не организовано. Микробиологическая промышленность испытывает большую потребность в высокоэффективных мутантах грибов-гиперпаразитов и бактерий-антагонистов, полученных генно-инженерными методами. Они должны сохранять активность при хранении по крайней мере в течение одного года, обладать устойчивостью к основным видам фунгицидов, адаптироваться в почве в широком диапазоне гидротермических условий, а при обработке против листостебельных инфекций противостоять действию инсоляции (УФ-света).

Очевидно, что перечисленные актуальные научно-практические задачи должны оперативно решаться совместными усилиями ученых и специалистов по защите растений и микробиологической промышленности.

## **Экологизированная защита растений и сбалансированное сельскохозяйственное производство**

Негативные последствия внедрения интенсивных индустриальных технологий основных сельскохозяйственных культур стали проявляться на Западе 20-22 лет назад, в России – 15-16 лет. Здесь в полной мере можно согласиться с мнением видного ученого-аграрника ФРГ Гюнтера Канта о том, что эффективные агроприемы очень часто становятся "*бритвой в лапах обезьяны*". Одной из иллюстраций непредсказуемых негативных последствий подобных технологий является практически повсеместное распространение на территории юга России токсиногенных штаммов фузариума (*F.graminearum*, *F.sporotrichiella* и др.) - возбудителей фузариоза колоса зерновых, устойчивых к действию большинства современных фунгицидов. Массовым эпифитотиям этого заболевания и переходу гриба от преимущественно сапротрофного типа питания к паразитическому несомненно способствовала группа факторов, присущих интенсивной технологии. В их числе - применение протравителей и фунгицидов (не эффективных против фузариев), насыщение севооборота зерновыми, поверхностная предпосевная обработка почвы, посев озимой пшеницы по кукурузе и другим злаковым предшественникам, избыточное внесение азотных удобрений и ретардантов, массовое распространение генетически незащищенных сортов интенсивного типа. Возможно, сопутствующим фактором явились и кислотные дожди, эпизодически выпадающие в зонах интенсивного возделывания зерновых злаковых культур.

В противовес интенсивному земледелию отечественными учеными предлагается несколько радикальных путей совершенствования растениеводства и всего сельскохозяйственного производства.

Во-первых, это ландшафтные системы земледелия, суть которых состоит в приспособлении всех элементов систем земледелия к особенностям агроландшафта (организация территории по контурам, естественным рубежам и т.д.). В результате достигается сбалансированность элементов ландшафта и агроэкосистем.

Во-вторых, интенсивно развивается новое направление в агрономии - адаптивное растениеводство (разрабатываемое под руководством академика РАСХН А.А.Жученко). Система адаптивного растениеводства включает:

- агроэкологическую оптимизацию землеустройства и районирование сельхозугодий;
- видовую структуру посевов сельскохозяйственных культур;
- использование высокопродуктивных сортов и гибридов, устойчивых к болезням, вредителям и неблагоприятным почвенно-климатическим условиям;
- широкое использование почвозащитных и фитомелиоративных свойств

различных видов растений;

- конструирование высокопродуктивных экологически устойчивых агроценозов и агроэкосистем;

- всемерное ресурсо- и энергосбережение.

Американские аграрные идеологи считают сбалансированное сельское хозяйство альтернативой интенсивному земледелию. Оно включает некоторые элементы нетрадиционного сельского хозяйства, известного в отечественной литературе под разными синонимами (растениеводство органикобиологическое, органическое, альтернативное, биолого-динамическое, регенеративное, экологизированное, некапиталоемкое и т.д.).

Однако "органическое" или "альтернативное" хозяйство еще не является "сбалансированным". Чтобы стать таким, оно должно производить достаточное количество высококачественного продовольствия и воспроизводить свои экологические ресурсы, быть рентабельным и безопасным для окружающей среды. Такая форма ведения сельскохозяйственного производства должна опираться на рентабельные природные ресурсы и собственные возобновляемые источники энергии, базироваться на основных законах экологии, в частности, на законе: "Природа знает лучше".

Сбалансированные сельскохозяйственные системы предусматривают использование современного оборудования, сертифицированных семян, охрану и рациональное использование почв и водных ресурсов, экологически безопасное и рентабельное ведение животноводства. Основное внимание уделяется правильному выбору севооборотов, восстановлению и сохранению плодородия почвы, разнообразию культур и домашних животных, борьбе с фитопатогенными микроорганизмами, вредителями и сорняками экологичными средствами и методами.

### **Проблемы и перспективы использования экологически безопасных пестицидов (ЭПБ)**

Общеизвестно, что постоянно усиливающийся интерес к изысканию и использованию ЭПБ, включающих: 1) *биоагенты* (т.е. хищную и паразитарную мезомикрофауну, способную к размножению), 2) *микробиопрепараты* и 3) *биорациональные пестициды*, - в значительной мере обязан критике и недостаткам химического метода защиты растений. А.В. Яблоков считает, что *"утверждение о том, что высокие устойчивые урожаи невозможно получать без систематического использования химических средств защиты растений, не соответствует действительности: и в других странах мира, и в нашей стране есть немало хозяйств, получающих высокие и устойчивые урожаи без применения каких-либо химических средств"*.

Предположительно в США существует около 50 тыс. ферм (т.е. 2-3%), не применяющих минеральные удобрения и пестициды, в Англии - около 1

тыс. (1%), в ФРГ - около 3 тыс. (<1%), а всего в странах Западной Европы - 11,5 тыс. (0,23%). Их общая площадь составляет около 300 тыс. га или примерно 0,5% обрабатываемых в этих странах площадей. Согласно прогнозам специалистов к 2000 г. не более 2-3% земельных угодий в этих странах будет использовано фермерами, ведущими хозяйство без применения агрохимикатов.

При использовании обычных методик оценки себестоимость урожая, полученного с помощью беспестицидных технологий, значительно выше традиционного. Однако, если учитывать "скрытый" положительный эффект такой технологии и качества урожая (сохранение среды и здоровья людей), ценность продукции таких ферм может быть существенно выше, чем традиционных. К тому же "биологически чистые" продукты дольше сохраняют свои пищевые достоинства.

Ассортимент биоагентов составляют:

- хищные, паразитические и растительноядные насекомые, клещи, энтомо- и фитонематоды (энтомофаги, акарифаги, гербифаги);
- энтомопатогенные грибы, бактерии, вирусы, простейшие, нематоды;
- паразитгиперпаразиты, микофильные грибы;
- антагонистические грибы и бактерии;
- хищные грибы;
- высокоселективные фитопаразитические грибы (активные ингредиенты микогербицидов);
- авирулентные и гиповирулентные грибные, вирусные, бактериальные расы и штаммы;
- высокоселективные патогенные бактерии - возбудители эпизоотии мышевидных грызунов (в частности, препарат бактороденцид на основе условно патогенной для человека бактерии *Salmonella enteritidis* var. *Isatchenko*).

В качестве биорациональных пестицидов интенсивно исследуются и нашли широкое применение:

- антибиотики (немедицинские и неветеринарные), высокоэффективные против ряда грибных и бактериальных фитопатогенов;
- природные индукторы устойчивости растений к фитопатогенам;
- синтетические аналоги микробных фитотоксинов (метаболиты бактерий, актиномицетов и фитопатогенных грибов);
- корневые экссудаты и аллелопатические соединения, продуцируемые растениями – антагонистами;

Согласно А.В.Яблокову (1992), в условиях США обработка собранных плодов хитинсодержащим порошком (из панцирей крабов и кутикулы насекомых) не препятствует дыханию плодов, позволяет защищать фрукты от загнивания и сохранять их свежими в течение многих месяцев. Прежде тысячи тонн панцирей крабов выбрасывались, теперь на их основе получают высокоэффективный препарат *хитозан* - антисептик-фунгицид широкого спектра действия.

Как показали специальные исследования, многие энтомофаги и

микробиопрепараты не снижают своей эффективности при комбинированном применении. В частности, высокоэффективным средством против колорадского жука оказалось совместное использование хищного клопа-подизуса и микробиопрепаратов БТ (на основе *Bacillus thuringiensis*). При этом микробный препарат не оказывал вредного действия на энтомофага.

При оценке различных схем экологизации защиты посевов сельскохозяйственных культур главным показателем эффективности их применения становится не только биологическая эффективность препарата и величина сохраненного урожая, но и его высокое качество, а также отсутствие вредного действия на нецелевую почвенную биоту.

Хозяйства, использующие экологически безопасные пестициды, постоянно нуждаются в квалифицированной помощи научных работников и специалистов. В условиях защищенного грунта это предполагает периодические анализы почвы и регулярную оценку состояния растений в каждом культивационном сооружении.

В полевой обстановке необходимо располагать специальными диагностикумами и конкретными данными о фитосанитарной обстановке каждого участка посева. Унифицированными должны быть также способы анализа и обеззараживания посевного и посадочного материала. При обосновании ротации культур в севообороте следует иметь в виду, что *длительность перерывов* при возделывании ряда культур (подсолнечник, лен, зерновые) на одном и том же поле севооборотного участка с учетом современных фитосанитарных требований *повышается в сравнении с традиционными как минимум в 1,5-2 раза*.

Производство микробных препаратов должно быть максимально приближено к местам потребления. В связи с этим в зонах с интенсивным растениеводством необходима организация *малотоннажных региональных производств микробиологических средств защиты растений*, а также межрайонных, районных и внутрихозяйственных биологических лабораторий. В условиях защищенного грунта, где пестициды полностью запрещены, организация биологических лабораторий непосредственно в хозяйствах является экономически оправданной и входит в обычную практику тепличных комбинатов.

Одна из причин крайне медленного внедрения микробиопрепаратов в практику сельского и лесного хозяйства - отсутствие высокопроизводительной аппаратуры и специальных технологий применения. Перспективны аэрозольные обработки и мелкокапельное ультрамалообъемное опрыскивание с использованием наземной и авиационной аппаратуры, позволяющие снижать норму расхода препарата. В ряде случаев для внесения этих препаратов эффективно использование дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов.

## **Повышение устойчивости сортов к возбудителям болезней**

Основоположником теории иммунитета сельскохозяйственных растений в России является акад. Н.И.Вавилов. Селекция растений на устойчивость к отдельным фитопатогенам имеет весьма важное значение во всем мире. Однако пока характеристики устойчивости сортов к важнейшим болезням в системе государственного сортоиспытания России не являются основными. В то же время создание сортов с комплексной устойчивостью (т.е. иммунных и в отношении нескольких возбудителей болезней, и к группе вредителей), по нашему мнению, – проблема практически неразрешимая. Хотя комплексной устойчивостью обладают некоторые дикие и полудикие формы растений, потребительские (пищевые и фуражные) характеристики их урожая в большинстве случаев не представляют какой-либо ценности для производителя. Вот почему в сортоиспытании США все толерантные или устойчивые к фитопатогенам сорта подвергаются обязательной комплексной проверке на безопасность, а также оценке по показателям пищевой и биохимической полноценности.

В мировой и отечественной практике защиты сельскохозяйственных растений использование устойчивых сортов различных сельскохозяйственных культур признано чрезвычайно важным. Оно является наиболее эффективным средством реализации научных разработок биологической защиты растений.

Классическим примером важности устойчивости сорта в биологизации защиты растений является успешное решение в США проблемы с южным гельминтоспориозом кукурузы (раса T). Эпифитотии этой болезни были предотвращены созданием гибридов, у которых восприимчивый тexasский тип цитоплазматической мужской стерильности заменен на устойчивый при использовании фертильных отцовских форм. В целом на посевах устойчивых и толерантных сортов удастся существенно снизить пестицидный пресс.

С учетом того, что на территории бывшего СССР устойчивые к болезням сорта занимали лишь 20% посевных площадей, а устойчивые к вредителям - всего 7%, активизация селекционных работ по созданию устойчивых форм и развитие фундаментальных исследований по иммунитету растений являются первоочередными задачами. Приоритетное внимание, по мнению акад. К.В. Новожилова, при этом должно уделяться организации биотехнологических исследований и фундаментальным работам по генетике иммунитета, расшифровке иммунологических барьеров растений и их молекулярно-генетической структуры и т.п.

Селекция устойчивых сортов должна продолжаться непрерывно, поскольку устойчивость к любому признаку относительна, и в ходе сопряженной эволюции "культура - вредный организм" она постепенно преодолевается возбудителями болезней. Наиболее сложной проблемой является выведение сортов, устойчивых к почвенным (корневым)

инфекциям. Так, сортосмена хлопчатника из-за потери устойчивости к вилту проводится примерно через каждые 10 лет.

Наиболее перспективны сорта, у которых признак устойчивости детерминирован несколькими "большими" генами. Однако создание таких сортов является крайне сложной задачей. К тому же введение в геном культурного растения генов устойчивых диких форм или другого вида может сказаться на морфофизиологических свойствах всего гибридного растения. Эти изменения часто бывают неблагоприятными для потребительских качеств продукции.

## Повышение супрессивности почв

По степени воздействия на популяции возбудителей корневых (почвенных) болезней растений все почвы можно подразделить на три большие группы:

- кондуктивные (если плотность популяции возбудителя со временем возрастает);
- толерантные (плотность популяции возбудителя остается примерно на одном уровне);
- супрессивные (плотность популяции возбудителя неуклонно снижается).

На окультуренных почвах обычно имеет место индуцированная супрессивность, на большинстве целинных почв - долговременная.

В числе причин, обеспечивающих супрессивность, выделяют микробный антагонизм (антибиоз, конкуренция, паразитизм, хищничество), неблагоприятные для фитопатогена почвенно-агрохимические показатели - рН, соотношение и состав различных форм биофильных элементов, дефицит доступных форм железа и др. Супрессивность обусловлена, как правило, комплексом антагонистов, сапротрофов и дефицитом биофильных элементов. Супрессивность одной и той же почвы в отношении различных возбудителей может проявляться по-разному. Эффект супрессивности объясняется в основном свойствами микробов-антагонистов, превалирующих в соответствующих педоценозах или в ризосфере сельскохозяйственной культуры. При изучении антибиотической активности 300 изолятов актиномицетов продемонстрировано их видоспецифическое действие. Так, в отношении 6 видов возбудителей корневых инфекций установлено, что 90% изолятов в исследуемой почве подавляли рост и развитие *Scl. sclerotiorum* и только 17% – *R.solani*, 14% – *Alternaria alternata*; несколько чувствительнее оказались *Pythium debarianum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Macrophomina phaseolina*.

При управлении почвенной супрессивностью следует учитывать требования к экоресурсам как вида фитопатогена, так и его антагониста. Весьма перспективно использование многокомпонентного набора антагонистов к одному превалирующему патогену или к их группе. Так, на среднеподзолистой суглинистой почве Нечерноземья против группы патогенов (*F.oxysporum*, *F.culmorum*, *F-avenaceum*, *B.sorokiniana*, *R.solani*) перспективно использование в качестве антагонистов *T.viride* (в ранневесенний период) и *Penicillium cyclopium* (в летне-осенний), поскольку оптимум антибиотической активности у этих грибов проявляется в разные периоды вегетации.

В почвах важно создавать устойчивые биоценозы с определенной плотностью антагонистической и сапротрофной микрофлоры и с критической (не выше экономического порога вредоносности) плотностью фитопатогенов. Этого можно достичь несколькими средствами. Рассмотрим



наиболее важные.

### **Специализированный севооборот**

В структуре агротехнических методов защиты растений традиционно важным приемом является использование севооборотов, фитосанитарная роль которых основывается главным образом на разрыве трофических связей вредных организмов с кормовыми растениями и растениями-хозяевами. По многим возбудителям болезней севооборот является наиболее надежным сдерживающим средством (фитонематоды, корневые гнили, бактериозы капусты и другие). Однако с целью получения в большом объеме наиболее дефицитных продуктов (зерно, семена масличных, овощи и т.д.), землепользователь сокращает число полей в севообороте и насыщает его культурой одного вида, вводя так называемые специализированные севообороты.

Согласно акад. П.И. Сусидко, благодаря уменьшению набора культур в севообороте и увеличению размеров его полей в агроценозе резко обедняется состав и численность полезной биоты. Формируется новая структура энтомокомплексов, доминантными и весьма опасными становятся 2-3 вида патогена.

При чрезмерном насыщении севооборота основной культурой значительно изменяется состав почвенной микрофлоры (резко возрастает доля фитопатогенных и фитотоксичных грибов). Так, при бессменном выращивании гороха 100% растений поражаются корневыми гнилями (возбудители *F.solani*, *Ascohyta pinodella*, *Aphanomyces*). На таком же поле гороха в семипольном севообороте поражение растений не отмечено. За счет поступления различных по составу пожнивных растительных остатков и опада микробное население почвы становится более разнообразным. Таким образом, смена культур, не имеющих общих патогенов, предотвращает накопление паразитических микроорганизмов в почве. Особенно сложно подобрать оптимальные предшественники для подавления развития и распространения фитопатогенов-полифагов (*Scl. sclerotiorum*, *V. daliae* и др.).

В условиях сбалансированного сельскохозяйственного производства, по данным исследователей США, севооборот в сравнении с монокультурой (при условии соблюдения всех требований технологии) обеспечивает повышение урожайности на 10-15%. По их рекомендациям типичный семипольный севооборот для фермы, реализующей сбалансированное, без минеральных удобрений выращивание культуры, включает: 3 года люцерну - пшеницу - сою - пшеницу - овес. Зеленое удобрение (люцерну) либо запахивают, либо ею мульчируется поверхность почвы в конце вегетационного периода. При этом достигается и повышение плодородия почвы, и улучшение ее физического состояния, и повышение супрессивности. По данным акад. Г.С. Муромцева и соавторов, при возделывании хлопчатника после сидератной культуры численность сапротрофных микроорганизмов вначале

увеличивалась в 1,5-2 раза, а количество микробов-антагонистов к *V.daliae* - в 4-10 раз. За счет снижения заболеваемости вилтом урожай хлопчатника увеличился с 41,4 до 47,2 ц/га.

Фермеры США, реализуя тактику сбалансированного земледелия, избегают экономического и биологического риска. Это достигается комбинацией видов и сортов сельскохозяйственных культур, а также путем интегрированного подхода к выбору зерновых культур, многолетних насаждений и пород сельскохозяйственных животных. Когда в 1988 г. сильнейшая засуха поразила штат Северная Дакота, многим фермерам, выращивающим пшеницу в качестве монокультуры, просто нечего было убирать. Фермеры многоотраслевых агросистем смогли часть скота реализовать осенью, собрать неплохой урожай поздних культур и засухоустойчивых сортов. Американские авторы считают, что биологическое многоотраслевое сельскохозяйственное производство в меньшей степени подвержено экономическим кризисам перенасыщенного рынка или падению цен на отдельные виды продукции.

### **Органические удобрения**

Одним из эффективных способов повышения супрессивности почв является систематическое применение органических удобрений для стимуляции размножения антагонистической и сапротрофной микрофлоры, в результате чего выживаемость фитопатогенов в почве снижается. Чем выше доля навоза в почве, тем ниже выживаемость патогенов, особенно на кондуктивных почвах.

Систематическое внесение измельченной соломы с непораженных посевов злаковых культур выполняет такую же санитарную роль, как и зеленое удобрение. Дополнительное внесение антагонистов, рода *Trichoderma* (в соотношении примерно 8:1 к плотности популяции патогена) способно в ряде случаев создавать устойчивые микробоценозы. В отличие от триходермы грибной микопаразит *Gliocladium roseum*, предложенный ВНИИСХМ, эффективен в слабогумусной почве.

Живая культура микробного антагониста-супрессора должна обладать следующими свойствами:

- высокой антибиотической активностью к патогену;
- способностью к микопаразитизму или лизису пропагул возбудителя;
- высокой скоростью размножения и конкурентной способностью;
- отсутствием фитотоксичности в отношении растения-хозяина;
- способностью разлагать растительные остатки, в которых сохраняется патоген.

При использовании соломы в качестве субстрата для антагонистов необходимо учитывать, что *F.solani*, *Ophiobolus graminis* можно подавлять внесением соломы с высоким соотношением С:N (ячменная, пшеничная, кукурузная), в то время как *B.sorokiniana* быстрее погибает при внесении

соломы с низким соотношением C:N (солома сои, люцерны и других бобовых). Антагонистический эффект от внесения соломы проявляется при ее разложении в почве. Сказанное в отношении соломы справедливо при условии, что сама она не инфицирована возбудителями прикорневых гнилей, фузариоза и других почвенных фитопатогенов.

При дефиците сидератов, навоза, компоста, соломы эффективным оказалось использование лигнина (30 т/га) на фоне высоких доз минеральных удобрений (N200P150K70). При этом, например, увеличивался урожай хлопка-сырца, а количество грибной инфекции в почве (*V.dahliae*, *F.oxysporum*) резко сокращалось.

### **Минеральные удобрения**

Если почва заселена фитопатогенами выше ЭПВ, чрезвычайно важно не допустить избытка нитратов в почве, особенно при недостатке в ней фосфора и калия. В присутствии избытка нитратов многие бактерии утрачивают способность к продуцированию противогрибных антибиотиков и ряда других биологически активных метаболитов. В этих условиях преимущественное развитие получают фитопатогенные грибы и бактерии. Применение восстановленных форм азота (солей аммония, мочевины), напротив, подавляет развитие ряда фитопатогенных грибов в почве и снижает заболеваемость растений. Положительное действие на супрессивность почвы оказывают медленно действующие удобрения, слабая растворимость которых способствует непрерывному поступлению в почвенный раствор аммонийного азота и его пролонгированному действию.

Фосфорные и калийные удобрения обычно повышают устойчивость растений к возбудителям болезней.

### **Микробные удобрения**

Эти удобрения (микоризообразова-тели, симбиотрофные азотфиксаторы, авирулентные или гипови-рулентные штаммы) используются, как правило, для обработки посадочного материала. Чем разнообразнее микробобиота ризосферы и ризопланы, тем выше толерантность корневой системы к внедрению фитопатогена. По данным А.В.Яблокова, в сельском хозяйстве Запада принимаются энергичные меры по восстановлению биологического плодородия почв, разрушенных массированным применением пестицидов. В промышленном масштабе освоен выпуск препаратов, обогащающих почву грибами, бактериями, водорослями (например, "Биоорган-Форте", содержащий в 1 г более  $5 \times 10^{11}$  микробных клеток). Появляются и специальные биоорганические удобрения, обогащенные не только микроорганизмами, но и биокатализаторами.

В условиях интенсивных технологий из-за ухудшения физико-

химических свойств почвы и избытка в ней агрохимикатов нормальное функционирование и размножение кольчатых (дождевых) червей-олигохет затруднено. Поэтому восстановлению почвенного гумуса несомненно способствуют и разнообразные препараты биогумуса, полученные из свежего навоза в условиях вермикультуры. Этот препарат содержит биологически активные вещества, свойственные супрессивной почве.

### **Обработка почвы**

Важнейшее значение для регуляции активности и численности супрессивной микрофлоры имеет обработка почвы. Интенсивное ее рыхление значительно усиливает развитие аэробных микроорганизмов, к которым относится большинство фитопатогенных грибов. В этих условиях интенсифицируется нитрификация, происходит преимущественное накопление нитратных форм азота, возрастает скорость деструкции органического вещества, заметно снижается его гумификация. Характерно, что в условиях Северного Казахстана безотвальная обработка почвы (по сравнению с отвальной) не приводила к накоплению в ней инфекции корневых гнилей. Наоборот, повышение плодородия верхнего слоя способствовало снижению устойчивости яровой пшеницы к корневым гнилям. Аналогичное явление отмечено при обработке стерни гербицидами. При минимальных обработках почвы накопление нитратов в паровом поле снижалось в 2-3 раза (по сравнению со вспашкой), и возрастало содержание гумуса.

## Переход от монокультур к поликультурам и полисортам

Очевидно, что существующие агроценозы по своим характеристикам неустойчивы и имеют тенденцию к деградации. Поддержание их оптимальной устойчивости на основе однолетних монокультур весьма дорого обходится производителям сельскохозяйственной продукции. Действительно, поддерживая монокультуры, мы идем против эволюционных традиций живой природы. Переход к поликультуре и щадящей почвообработке, использование при этом всех органических остатков, минимизация использования минеральных удобрений и химических пестицидов - все это позволило бы реализовать принципы сбалансированного, адаптивного, ресурсо- и энергосберегающего растениеводства.

Для большинства возделываемых культур известны рекомендации по смешанным посевам, которые пока ограниченно используются на практике. Например, яровая пшеница хорошо сочетается с овсом, ячменем, яровой рожью, горчицей, горохом, чиной, чечевицей, бобами, викой, сераделлой, льном и другими видами. Во многих случаях в таких посевах повышается общий сбор продукции и ее ценность, улучшается структура почвы, уменьшается засоренность, поражение вредителями и болезнями. В агрофитоценологии разработаны эффективные способы применения разновидовых посевов для различных зон.

Так, совместное выращивание кукурузы и сои увеличивает урожай зеленой массы на 126-136 ц/га, а также сбор сырого протеина и повышает питательную ценность кормов. По данным проф. Е.Б. Величко, при совместных посевах зимующего гороха с озимой пшеницей общий урожай зерна повысился на 3-5 ц/га, при этом резко возросло содержание белка в зерне.

Иногда вегетационный период агроэкосистем удается удлинить дополнительным подсеиванием трав между крупными растениями (кукурузой, соей и др.). Эффективны пожнивные посевы скороспелой сои после озимой пшеницы (Краснодарский край). Все более популярными становятся смеси из различных одновременно созревающих сортов одного и того же вида растений, но с разными габитусом, устойчивостью и временем прохождения фенофаз. Это так называемые *сортосмеси*, или "*полисорта*". В условиях Подмосковья на площади 4 тыс. га П.В. Юрин получил урожай пшеницы при посеве смеси сортов 43,3 ц/га, а на чистосортном посеве – 33,7. Важное преимущество посевов поликультур заключается в том, что в них практически отсутствует почвоутомление, а поражаемость болезнями и вредителями всегда ниже, чем в условиях монокультуры.

## Список используемой литературы

1. М.С. Соколов, О.А. Монастырский, Э.А. Пикушова. Экологизация защиты растений. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994.
2. Использование биологических методов в повышении продуктивности сельскохозяйственного производства: Аналит. обзор / Культебаев Э.Т., Ковальчук И.Ю., Улезько Г.Г. и др. Казанский НИИ науч.-техн. и конъюктурно-коммерч. информ. с ВЦ. – Алма-Ата, 1991.
3. Биологический метод защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней / Резватова О.Н. – Киев, 1988.
4. Микробиологический метод борьбы с болезнями и вредителями растений: Сб. ст. / ВНИИ биол. методов защиты растений; Отв. ред. Н.А. Филиппов. – Кишинев: Штиинца, 1984.
5. Защита и карантин растений: ежемесячный журнал для специалистов, ученых и практиков, 2005. №2 февраль, №4 апрель.