

ПРИРОДА ПОЧВЕННЫХ ФИТОТОКСИКОЗОВ И ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

В. О. Рудаков, О. Л. Рудаков, Всероссийский НИИ фитопатологии

Нежелательный спутник интенсивного землепользования — фитотоксикоз почвы. Это явление возникает при структурной и химической деградации почвы вследствие сокращения севооборотов, повышения пестицидных нагрузок, регулярного внесения высоких доз минеральных удобрений без использования органических. Минеральный стресс при закислении почвы [Лисицин, 2003] также является причиной токсикоза растений. По нашим данным, процесс усиливается при распространении грибов рода *Fusarium*.

По данным мировой статистики [«Почва, жизнь, благосостояние «Пенза. 2002. — С. 157], плодородие 10% сельскохозяйственных угодий снизилось на 50%, 30% — на 25%, 60% — на 10%. Распространяются очаги выпадов и низкорослости растений. Возникает проблема микотоксичности продуктов. Это подтверждается экспериментально. Образец почвы, имеющей pH=3,5, стерилизовали и содержали во влажном состоянии. Через 30 дн. показатель pH поднялся до 5,5, но после инокуляции *Fusarium oxysporum* снизился.

На конференции «Адаптация растений к минеральным стрессам на проблемных почвах» (США, Белтсвилл, 1976) была сформулирована проблема защиты растений в этих условиях.

Литературные сведения показывают, что в деградированных почвах происходит разрушение микробных систем и в результате изменения структуры микробных комплексов в группе доминирующих видов оказываются вредоносными.

Накопленные знания по экологии почвенных микроорганизмов показывают, что состояние почвенной микробиоты отражает уровень деградации почвы. Предложена 4-ступенчатая микробиологическая классификация состояния почвы, по Звягинцеву (1986):

1. Зона гомеостаза. Микробиота девственных почв.
2. Зона стресса. Земли с флуктуирующими очагами умеренной фитотоксичности. Изменение видового состава доминирующих популяций.
3. Зона резистентности. Разрушение микробных систем, нарушение супрессии почвы. Накопление патогенов и токсинообразующих сапротрофов.
4. Зона репрессии или катаклизма микробиоты. Разрушение биоразнообразия. Супрессивность (или фунгистазис) отсутствуют. Доминируют агрессивные патогены и токсинообразователи.

Наши многолетние исследования показали, что в почвах с признаками деградации развиваются специфические для каждого уровня деградации виды микроорганизмов. В девственных почвах обычно широко представлены многообразные мукоровые грибы. В пахотных землях их доля снижается по мере усиления деградационных процессов, до полного исчезновения (кроме видов рода *Rhizopus*). Таким образом, нами сделан вывод: мукоровые грибы являются биологическими индикаторами экологического благополучия почвы. Наоборот, в деградированных почвах распространяются *Fusarium*, *Rhizoctonia*, а из сапротрофов *Penicillium* и *Aspergillus*. Последние 2 вида интенсивно осваивают почву в зоне катаклизма. Они обычно доминируют в естественных и искусственных средах с экстремальными условиями (в аридных, увлажненных и засоленных почвах, в почвах, загрязненных промышленными выбросами, у обочин автомобильных дорог, городских газонов, а также в штукатурке домов). Обычно только

Penicillium и *Aspergillus* встречаются в кислом сфагновом торфе, термосозревающих компостах, грунтах теплиц, обеззараживаемых паром или химическими дезинфектантами, в глубоких пещерах с вечной темнотой, в консервированных сахаром фруктах.

Нами установлено, что токсинообразующие популяции грибов потенциально присутствуют в подпахотных слоях на глубине 30—50 см и способны подниматься вверх в местах нарушения почвы под воздействием естественных и техногенных факторов (замокание, огрехи при внесении удобрений, пестицидов и др.). Иногда по непонятным пока причинам [«Сб. трудов Рязанского НИПТИ». 2002 г.], возникает токсикозы при запашке сидератной ржи. Подобный случай обнаружен Н.Д. Свистовой (2002) и объяснен неблагоприятным сочетанием микробов в сукцессиях при разложении растительных остатков.

Микробиологические анализы почвы показывают, что в пахотном слое под зерновыми культурами, как в местах благополучного стеблестоя, так и в токсикозных очагах обычно встречаются примерно с одинаковой частотой виды *Fusarium*. Не наблюдается различий и по количеству растений, инфицированных этим патогеном. Существенные различия отмечены по плотности колоний *Aspergillus* и *Penicillium*: под благополучным стеблестоем их встречаемость составляет 15—20%, а в фитотоксикозных очагах — 70—90%. Синдром фузариозных корневых гнилей в фитотоксикозных очагах выражен сильнее.

Сокирко (2002) сообщает о синергизме сапротрофов с патогенами. Нами это подтверждается при образовании почвенного токсикоза. Пропаренную почву инокулировали смесью токсинообразующих видов *Fusarium* и различными видами сапротрофов в разных сочетаниях. Обнаружены неизвестные прежде биологические свойства. Агрессивный синергизм создают не отдельные виды или их наборы, а определенные комбинации патогенов с сапротрофами. Причем, в нормальных условиях (в ценозах, сформированных в ненарушенных природных условиях) эти виды сапротрофов не проявляют токсичных свойств или даже оказывают полезные экологические свойства (участвуют в разложении растительного опада, являются антагонистами патогенов, стимуляторами роста растений и др.).

В качестве примера вредоносного синергизма приводим данные по отдельным комбинациям патогенов с сапротрофами (табл. 1).

В парных культурах *Fusarium* с *Aspergillus* на агаре Чапека выявлено, что антагонисты стимулируют спорообразующую активность и продуцирование патогенами фитотоксинов. По-видимому, их роль ограничивается индукцией вредоносной активности патогенов. Такую способность проявляют около 7% почвенных сапротрофов. Мы выращивали *Fusarium* на початках кукурузы и закапывали их в почву. В почве эти початки осваивались другими микроорганизмами. В их числе *Aspergillus paradoxus* и *Giocladium roseum*. Первый индуцирует фитотоксикоз, а второй — нет (табл. 1).

Для изучения формирования микробиоты мы использовали условия промышленных грунтовых теплиц [Рудаков и др., 2000]. Здесь ежегодно проводится обеззараживание грунта паром или химическими препаратами. В недостижимых слоях микроорганизмы сохраняются и прорастают в обеззараженные (*Chrysonilia*, *Humicola*, *Doratomyces*, *Papulaspora*, *Penicillium*, *Aspergillus* и

патогены *Fusarium*, *Rhizoctonia* и др.). Очаги корневых гнилей обычно коррелируют с накоплением *Fusarium* + *Aspergillus*. Постоянными источниками последнего являются компосты.

Таблица 1. Синергетические свойства микроорганизмов-продуцентов фитотоксикоза почвы

Виды грибов	Антагонизм сапротрофов против <i>Fusarium</i> на агаре Чапека	Вегетативная масса пшеницы, выращенная на почве, инокулированной грибами, % к чистому контролю		
		<i>Fusarium</i>	Сапротрофы	<i>Fusarium</i> + сапротрофы
<i>Fusarium</i> spp.	—	86	—	—
<i>Aspergillus oculentum</i>	1	—	126	72
<i>A. terricola</i>	1	—	70	15
<i>A. carneus</i>	2	—	123	4
<i>A. apialis</i>	1	—	133	0 (все погибли)
<i>A. paradoxus</i>	3	—	130	0 (все погибли)
<i>Penicillium</i> sp.1	2	—	112	92
<i>Penicillium</i> sp.2	2	—	83	71
<i>Trichoderma viride</i> , штамм 1	2	—	121	118
<i>T. viride</i> , штамм 2	3	—	108	42
<i>Gliocladium roseum</i>	2	—	112	108

В посевах сахарной свеклы в последние годы наблюдается возрастающее проявление очагов ризоктониозно-фузариозных и бактериальных гнилей корнеплодов. Анализы больных растений показывают видовую однотипность патогенных популяций на эпифитотийном и относительно благополучном поле. Разница выявляется в структуре почвенной микробиоты. На эпифитотийном поле при крайне низком биоразнообразии зараженность *Fusarium oxysporum* выше почти на 50%, *Rhizoctonia crocorum* (= *Rh. violacea*) — на 10%, *Rhizopus betavorus* (форма *Rhizopus oryzae*) — на 70%, патогенной бактерией *Erwinia carotovora* одинакова (до 1%), а сапротрофной бактерии — выше на 30%. Наоборот, в почве эпифитотийного поля значительно меньше *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Mucor* и других образований супрессии микробиоты.

Изучение патогенной активности микроорганизмов выполнено нами методом точечной инокуляции тканей корнеплодов. Результаты показывают на вредоносный синергизм патогенов и сапротрофов (табл. 2).

Таблица 2. Паразитическая активность микроорганизмов, выделенных из почвы под сахарной свеклой в Белгородской области

Инокулюм	Величина некроза через 6 дн. после точечной инокуляции, см
<i>Fusarium oxysporum</i>	2
<i>Erwinia carotovora</i>	3
<i>Rhizopus betavorus</i>	1
Буряя бактерия	0
<i>Fusarium</i> + <i>Rhizopus</i>	5
<i>Fusarium</i> + сапротрофная бактерия	5
<i>Erwinia</i> + сапротрофная бактерия	6
<i>Erwinia</i> + <i>Rhizopus</i>	7 (весь корнеплод)



Рост растений (ячмень) на фоне искусственного фитотоксикоза:

1 — обеззараженная почва, 2 — искусственный фузариозно-гельминтоспориозный фон, 3 — почва с добавленными сапротрофными индукторами почвенных токсикозов на фузариозно-гельминтоспориозном фоне

Разрушение биоразнообразия микробных систем, образование фитотоксикоза и вредоносного синергизма — общая тенденция в деградированных почвах. Возможны разные направления профилактики. Это ведение многопольных севооборотов с регулярным внесением в достаточном количестве навоза и сокращением химизации (однако, этот путь в настоящее время малореален), выведение из оборота территорий с сильно деградированными почвами, создание сортов, устойчивых к новой почвенной ситуации.

Результаты наших исследований в отчужденной зоне Чернобыльской АЭС и в поле, выведенном из оборота в Московской обл., показали, что высокая зараженность *Fusarium* сохранялась в течение 5 лет под марью белой, ромашкой и осотом. Она незначительно снизилась под пикульником и полынью и почти вдвое — под звездчаткой, горцем и крапивой. Соответственно повысилась доля популяций мукоровых и других полезных микроорганизмов.

Известно, что после воздействия природных катаклизмов распространяются новые виды, восстановление БИОСа происходит путем изменения генофонда. В микробиоте также просматривается адаптация на генетическом уровне.

Сейчас селекционные работы сдерживает отсутствие стабильных фонов для отбора материала. Целью наших исследований было разработать стабильный искусственный фон с программированной агрессивностью. Выделены виды микроорганизмов, способные образовывать в почве фитотоксикоз с заданным уровнем активности (рис.). Для оценки сортообразцов зерновых колосовых подобраны 3 консорции *Fusarium* с сапротрофами-индукторами токсикообразования:

1. Снижение всхожести до 10—15% и веса вегетативной массы до 30–40%;
2. Снижение всхожести до 30—50% и веса вегетативной массы более 40%;
3. Снижение всхожести более 60%. Проросшие растения находятся в сильно угнетенном состоянии, часть проростков погибает, но одиночные вегетируют.

Искусственный фон из таких консорций позволяет выполнять проверку сортов зерновых культур на устойчивость к почвенным фитотоксикозам. Проявляется вполне определенная перспектива создания сортов, толерантных к деградированным фитотоксичным почвам.

В.О.Рудаков, О.Л. Рудаков
Rudakov V.O., Rudakov O.L.

Природа почвенных фитотоксикозов и проблема защиты растений.
Nature soil phytotoxicoses and a problem of protection of plants

Резюме

Природные очаги почвенных токсикозов варьируют по годам. Такие участки поля не пригодны для селекционных работ. Представлены результаты исследований токсикозов почвы и предложена модель создания искусственного фона с заданным уровнем токсичности.

Авторы предлагают селекционерам использовать в совместной работе метод создания искусственного фона почвенного токсикоза.

The natural centers of soil toxicoses vary in different years. Such sites of a field are unsuitable for selection works.

In clause (article) results of studying of soil toxicoses are resulted and the model of creation of an artificial background with the given level of toxicity is offered.

Authors offer to use such an artificial background for teamwork with selectors.

Ключевые слова

Токсикозы почвы. Искусственный фон. Оценка устойчивости сортов зерновых культур к токсикозам почвы.

Soil toxicoses. An artificial background. An estimation of stability of grades of grain crops to soil toxicoses.