

МИКРОБИОИНДИКАЦИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЭКОСИСТЕМАХ

**И.Д. Свистова,
Т.Ю. Сенчакова**

*Воронежский
государственный
педагогический
университет*

*Россия, 394043, г. Воронеж,
ул. Ленина, 86*

*e-mail:
senc-tatyana@yandex.ru*

Исследованы биотические взаимодействия микроскопических грибов, изолированных из чернозема выщелоченного. Выяснено, что виды грибов, доминирующие в условиях агрогенной нагрузки, имеют широкий спектр антибиотического действия: они подавляют развитие других грибов, многих бактерий, актиномицетов и растений. Эти виды могут быть использованы как индикаторы для биомониторинга чернозема.

Ключевые слова: почвы, микромицеты, фунгицидная, микробиотическая и фитотоксическая активность, биомониторинг.

Введение

Нарушение экологической среды под влиянием разного рода токсикантов – одна из важнейших проблем современности. Разработка принципов и методов ранней диагностики повреждения почвенной биоты в агроэкосистемах под воздействием пестицидов, минеральных удобрений, а также при загрязнении почвы тяжелыми металлами и нефтепродуктами представляет собой насущную задачу биологии почв. Разработка приемов почвенной биотехнологии позволит управлять почвенными процессами (снятие подкисления и фитотоксикоза, обеспечение бездефицитного баланса гумуса и т.д.).

Микробное сообщество (МСО) почвы является чутким индикатором степени антропогенной нагрузки на экосистему. Нарушения состава и структуры МСО проявляются раньше, чем изменения физико-химических свойств почвы, при более низком содержании поллютантов, чем ПДК. Наиболее удобным параметром биоиндикации служат почвенные микроскопические грибы, так как их массовая идентификация осуществляется по морфологическим признакам.

Ранее нами изучалась видовая структура микромицетов чернозема [1]. Было показано, что биоразнообразие комплекса грибов в агроэкосистемах значительно снижается по сравнению с целинными почвами, возрастает степень доминирования нескольких видов. Выявлены индикаторные виды грибов, которые доминируют в почве только при агрогенной нагрузке (многолетняя пашня, монофитоценозы, внесение высоких доз минеральных удобрений) [2, 3].

Целью работы было исследование причин накопления этих видов в интенсивных агроценозах, для чего изучали биотические связи типичных для чернозема выщелоченного видов грибов с компонентами МСО почвы и с растениями.



Материал и методика

Объектом исследования являлись виды микромицетов, типичные для чернозема выщелоченного в агроценозах (частота встречаемости > 60 %). Изоляты поддерживали на агаризованной среде Чапека.

Для изучения фунгицидных и антибиотических свойств микромицеты выращивали на жидкой среде Чапека 10 суток. Использовали метод лунок [4]. Для этого фильтрат культуральной жидкости культуры вносили в лунку на агаризованной среде, засеянной газоном тест-объекта. В качестве тест-объектов были выбраны другие виды грибов, а также бактерий типичных для чернозема выщелоченного.

Биологический эффект проявлялся разнообразно: стерильная зона полного подавления роста, снижение спороношения, ингибирование роста мицелия и синтез пигментов, паразитизм.

Изучение фитотоксической активности почвенных микромицетов проводили методом биотестов [5]. В качестве тест-объектов использовали семена 11 растений 7 семейств: злаковые (пшеница, кукуруза, ячмень), бобовые (горох), крестоцветные (редис), сложноцветные (подсолнечник), зонтичные (морковь, укроп), пасленовые (томат, перец), маревые (свекла). Семена исследуемых тест-растений замачивали в культуральной жидкости в течение 2 часов. Ингибирующий эффект оценивали по всхожести семян и росту надземной и подземной частей проростка. Порогом фитотоксичности считали ингибирование роста более чем на 15% по сравнению с контролем (семена, замоченные в чистой воде).

Результаты и их обсуждение

Анализ фунгицидных свойств типичных видов микромицетов позволил разделить их на 3 группы (табл. 1). Виды первой группы – *Penicillium rubrum*, *Aspergillus clavatus*, *Talaromyces flavus*, *Fusarium solani* – синтезировали фунгициды с широким спектром действия, подавляющие развитие грибов всех других групп. Односторонний антибиоз обнаружен с 13-16 видами, взаимный антибиоз проявлялся с 2-3 видами грибов этой же группы. Ни один вид грибов из других групп не подавлял рост и развитие грибов первой группы.

Таблица 1

Характеристика фунгицидных свойств типичных видов микромицетов чернозема выщелоченного

Группа по фунгицидной активности	Виды микромицетов
Виды с широким спектром действия	<i>Penicillium rubrum</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Talaromyces flavus</i> , <i>Fusarium solani</i>
Виды с ограниченным спектром действия	<i>P. funiculosum</i> , <i>A. ustus</i> , <i>A. wentii</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>Trichoderma koningii</i> , <i>T. harzianum</i> ,
Виды с узким спектром действия	<i>P. notatum</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Chrysosporium</i> sp., <i>Humicola grisea</i> , <i>P. daleae</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Gliocladium virens</i> , <i>Cladosporium herbarum</i>

Вторая группа видов с ограниченным спектром фунгицидного действия включала *P. funiculosum*, *A. ustus*, *A. wentii*, *A. ochraceus*, *Trichoderma koningii*, *T. harzianum*. Эти виды ингибировали рост 4-11 других видов грибов, не относящихся к первой группе. Взаимный антибиоз и подавляющее действие на рост и развитие видов второй группы оказывали только представители этой же или первой группы.

Третью группу видов составляли *P. notatum*, *A. terreus*, *Chrysosporium* sp., *P. daleae*, *Humicola grisea*, *Rhizopus stolonifer*, *Gliocladium virens*, *Cladosporium herbarum*. Это виды с узким спектром фунгицидного действия, не способные ингибировать развитие грибов из первой и второй групп. Для видов внутри этой группы наблюдали односторонние или взаимные антагонистические отношения. Подавляли развитие этой группы грибов 4-13 видов микромицетов из первой и второй групп.

Токсины многих видов грибов первой и второй групп обладали также высокой антибиотической активностью, угнетая рост и развитие типичных почвенных бактерий (табл. 2).



Таблица 2

Характеристика антибиотических свойств типичных видов микромицетов чернозема выщелоченного

Группа по антибиотической активности	Виды микромицетов
Виды с антибиотической активностью	<i>Penicillium rubrum</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Talaromyces flavus</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>T. harzianum</i> , <i>P. notatum</i> , <i>Gliocladium virens</i>
Виды без антибиотической активности	<i>P. funiculosum</i> , <i>A. ustus</i> , <i>A. wentii</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Trichoderma koningii</i> , <i>Chrysosporium sp.</i> , <i>Humicola grisea</i> , <i>P. daleae</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Cladosporium herbarum</i>

Следующим этапом работы было изучение взаимоотношений микромицетов с растениями, т.е. их фитотоксических свойств (табл.3).

Таблица 3

Фитотоксическая активность микромицетов

Группа по фитотоксической активности	Виды микромицетов
Виды с широким спектром действия	<i>A. clavatus</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. ustus</i> , <i>P. rubrum</i> , <i>P. funiculosum</i> , <i>Cl. herbarum</i> , <i>F. solani</i> , <i>Tal. flavus</i>
Виды с ограниченным спектром действия	<i>P. notatum</i> , <i>Ch. acremonium</i> , <i>T. koningii</i> , <i>G. virens</i> , <i>A. wentii</i> , <i>H. grisea</i>
Виды с узким спектром действия	<i>T. harzianum</i> , <i>P. daleae</i> , <i>Rh. stolonifer</i>

Широким спектром фитотоксического действия обладали виды *Aspergillus clavatus*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *A. wentii*, *Penicillium rubrum*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium solani*, *Talaromyces flavus*, *P. funiculosum*. Они ингибировали всхожесть семян и рост надземной и подземной частей растений 4-7 семейств. Виды с ограниченным спектром фитотоксического действия (*P. notatum*, *Trichoderma koningii*, *Chrysosporium acremonium*, *Humicola insolens*) ингибировали рост и развитие 2-4 семейств растений. К узко специализированным видам относятся *P. daleae*, *Mucor hiemalis*, *Rhizopus stolonifer*, *Gliocladium virens*, *T. harzianum*.

Для выяснения органотропного действия фитотоксинов исследовали влияние на рост надземных и подземных частей одно- и двудольных растений (табл.4). Фитотоксины *Fusarium solani*, *Penicillium rubrum* преимущественно подавляли развитие корневой системы растений, в то время как *Aspergillus clavatus*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *A. wentii*, *Cladosporium herbarum*, *Talaromyces flavus*, *P. funiculosum*, *P. notatum* обладали системным ингибирующим действием на все ростовые процессы. Остальные виды грибов *P. daleae*, *Mucor hiemalis*, *Rhizopus stolonifer*, *Gliocladium virens* практически не влияли на данные тест-растения. А вид *T. harzianum* даже проявлял в ряде случаев стимулирующее действие на рост и развитие растений.

Таблица 4

Ингибирование роста проростков одно- и двудольных растений, % (порог фитотоксичности 30%)

Виды грибов	Пшеница		Подсолнечник	
	подземная часть	надземная часть	подземная часть	надземная часть
1	2	3	4	5
Первая группа				
<i>Aspergillus clavatus</i>	42	46	47	51
<i>A. ochraceus</i>	62	41	78	72
<i>A. terreus</i>	55	47	63	64
<i>A. ustus</i>	35	33	38	45
<i>A. wentii</i>	30	31	34	32
<i>Cladosporium herbarum</i>	37	46	57	60
<i>Fusarium solani</i>	53	41	70	38
<i>Penicillium rubrum</i>	82	78	90	87
<i>P. funiculosum</i>	26	23	31	33
<i>Talaromyces flavus</i>	43	36	89	81



1	2	3	4	5
Вторая группа				
<i>Chrysosporium acremonium</i>	24	28	28	21
<i>Humicola insolens</i>	32	20	38	44
<i>Penicillium notatum</i>	30	32	15	29
<i>Trichoderma koningii</i>	19	24	22	33
Третья группа				
<i>Gliocladium virens</i>	20	30	17	21
<i>Mucor hiemalis</i>	5	7	3	10
<i>Penicillium daleae</i>	20	19	10	12
<i>Rhizopus stolonifer</i>	4	3	1	2
<i>Trichoderma harzianum</i>	+9	4	+9	23

При сопоставлении данных о биологической активности типичных видов микромицетов агроэкосистем чернозема выщелоченного также было выделено несколько групп (табл. 5).

Таблица 5

Сводная таблица по спектру фитотоксической и фунгицидной активности типичных видов микромицетов чернозема

Виды грибов	Спектр действия	
	фунгицидная активность	фитотоксическая активность
<i>A. clavatus, P. rubrum, Tal. flavus, F. solani</i>	широкий	широкий
<i>P. funiculosum, A. ustus, A. ochraceus</i>	ограниченный	широкий
<i>Cl. herbarum, A. terreus</i>	узкий	широкий
<i>A. wentii, T. koningii</i>	ограниченный	ограниченный
<i>T. harzianum</i>	ограниченный	узкий
<i>G. virens, P. notatum, Ch. acremonium, H. grisea</i>	узкий	ограниченный
<i>P. daleae, Rh. stolonifer</i>	узкий	узкий

Особый интерес представляет группа микромицетов обладающих широким спектром как фунгистатического и антибиотического, так и фитотоксического действия. К ним относятся виды *Aspergillus clavatus, Penicillium rubrum, Talaromyces flavus, Fusarium solani*, несколько слабее фунгицидное действие видов *P. funiculosum, A. ochraceus* и *A. ustus*. Как показано нами ранее, именно эти виды грибов доминируют в почве интенсивных агроценозов (табл. 6).

Таблица 6

Структура комплекса микромицетов выщелоченного чернозема природных и агрогенных экосистем

Группа видов	Виды грибов	
	целина	агрогенная нагрузка
Доминанты	<i>Cephalosporium acremonium, Acremonium alternatum, Penicillium tardum, P. expansum, P. simplicissimum, Fusarium solani, Paecilomyces lilacinum, Trichoderma koningii</i>	<i>Penicillium rubrum?, P. daleae?, P. funiculosum, Aspergillus ustus</i>
Часто встречающиеся	<i>Aspergillus candidus, A. ustus, Botrytis cinerea, Humicola grisea, Gliocladium virens, Alternaria tenuis, Sporotrichum piluliferum, Chaetomium piluliferum</i>	<i>Talaromyces flavus?, Fusarium solani, Gliocladium virens, Aspergillus clavatus?, A. ochraceus?, Trichoderma koningii, T. harzianum?</i>
Редко встречающиеся	<i>Rhizopus stolonifer, P. funiculosum, A. wentii, A. alliaceus</i>	<i>Aspergillus wentii, A. terreus?, Humicola grisea, Chrysosporium acremonium, Penicillium notatum, Cladosporium herbarum?, Rhizopus stolonifer</i>

? – нетипичные для целины виды



Таким образом, нами показано усиление «метаболической регуляции» комплекса микромицетов в агроэкосистемах по сравнению с целинными черноземами. Синтез вторичных метаболитов с широким спектром биологического действия помогает названным видам выигрывать конкурентную борьбу в условиях агрогенной нагрузки (подкисление почвы, лимитирование и ингибирование роста грибов при накоплении однотипных растительных депозитов, поллютантов и т.п.) путем подавления развития других компонентов МСО, а также растений. Накопление этих видов грибов служит пусковым механизмом микробной сукцессии в почве, а также ведет к смене фитоценоза, следующим этапом фитосукцессии могут выступать, например, сорняки.

Виды микромицетов рода *Penicillium* (*P. rubrum*, *P. funiculosum*), рода *Aspergillus* (*A. ustus*, *A. ochraceus*, *A. clavatus*), *Fusarium solani*, *Talaromyces flavus* с широким спектром антибиотической, фунгицидной и фитотоксической активности предлагаются нами для биоиндикации чернозема выщелоченного в агроэкосистемах. Выявление этих видов в ранге доминантов указывает на превышение зоны «гомеостаза» и переход МСО в зону «стресса» или «резистентности», а также на рост фитотоксикоза чернозема [6]. Обнаруженное нами усиление «метаболической регуляции» МСО в агроэкосистемах является проявлением регуляторной и сигнальной функции почвы.

Список литературы

1. Свистова И.Д. Биодинамика микробного сообщества почвы в антропогенных экосистемах лесостепи: Дисс. ... д-ра биол. наук. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2005. – 479с.
2. Свистова И.Д. Формирование комплекса микроорганизмов чернозема выщелоченного в зависимости от типа агрофитоценоза / И.Д. Свистова, Л.О. Фролова, А.П. Щербаков // Сельхоз. биология. Сер. Биология растений. – 2003. – № 5. – С. 55-62.
3. Свистова И.Д. Влияние многолетнего внесения удобрений на почвенно-поглощающий комплекс и микробное сообщество выщелоченного чернозема / И.Д. Свистова, К.Е. Стекольников, А.П. Щербаков, Н.В. Малыгина // Агрехимия. – 2004. – № 6. – С. 16-23.
4. Егоров Н.А. Основы учения об антибиотиках. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 512 с.
5. Основы общей микологии / Под ред. В.И. Билай. – Киев: Выща школа, 1989. – 392 с.
6. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.

MICROBIOINDICATION OF LEACHED CHERNOZEM IN AGROECOSYSTEMS

**I.D. Svistova,
T.Yu. Senchakova**

*Voronezh State Pedagogical
University*

*Lenina Str., 86, Voronezh,
394043, Russia*

*e-mail:
senc-tatyana@yandex.ru*

Biotic interaction of microscopic fungi isolated from leached chernozem was investigated. It was found that the fungi species predominating under the conditions of agricultural impact had a wide range of antibiotic action: they inhibited the development of other fungi, many bacteria, actinomycetes and plants. These species may be used as indicators to biomonitoring of leached chernozem in agroecosystems.

Key words: soil, microscopic fungi, fungicide, microbiotyc and phytotoxic activity, biomonitoring.