

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ БИОМОНИТОРИНГ: ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРУ КОМПЛЕКСА МИКРОМИЦЕТОВ ЧЕРНОЗЕМА

© 2001 г. А.П. Щербаков, И.Д. Свистова*, Н.В. Малыхина*

*Воронежский государственный университет
* Воронежский государственный педуниверситет*

В качестве быстрого и информативного параметра агроэкологического биомониторинга предложено определять численность и частоту встречаемости типичных видов микроскопических грибов. Агротехнические приемы, такие как внесение разных доз удобрений и мелиорантов, приводят к смене доминантных видов грибов чернозема и определяют его фитотоксичность.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы активно изучается состав почвенной микрофлоры как параметр биомониторинга для оценки антропогенного воздействия на почву (окультуривание, загрязнение тяжелыми металлами, пестицидами и т. д.) [2]. Интенсификация сельского хозяйства приводит к ускорению круговорота биогенных элементов в почве, значительным потерям гумуса, возрастанию токсикоза почв [6]. Эти негативные тенденции в значительной степени являются следствием изменения структуры микробного комплекса почвы.

Почвенные микроскопические грибы (микромикеты) являются важной частью микробного комплекса почвы. В последние годы установлено, что несмотря на меньшую численность грибных зачатков по сравнению с бактериями и актиномицетами, суммарная биомасса грибного мицелия составляет в дерново-подзолистой почве до 90%, в черноземе – до 50% от общей почвенной биоты [3]. Грибы обладают на 1-2 порядка большей скоростью роста, чем бактерии, секретуют внеклеточные гидролитические ферменты и развиваются на первом этапе микробной сукцессии [3]. Ряд видов почвенных грибов выделяют фитотоксины, угнетающие всхожесть семян и рост растений. Накопление фитотоксичных видов является важной составляющей почвоутомления [2].

Целью работы было изучение возможности использовать комплекс микромикетов чернозема для биомониторинга эффективности агротехнических приемов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на стационарном опыте Воронежского агроуниверситета. Почва – чернозем выщелоченный малогумусный среднесуглинистый, рН кс1 5.2-5.5, гумус 4.6 %, гидролитическая кислотность 5.2-7.0, сумма поглощенных оснований 26.3-30.3 мг-экв/100г, степень насыщенности основаниями 79,8-85.4 %.

На опытном участке размещен 6-польный севооборот, типичный для региона (черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – вико-овсяная смесь – озимая рожь – ячмень), к началу исследований прошло 2 ротации. Пробы почвы отбирали под озимой пшеницей в слое 0-20 см по основным фенофазам. Варианты опыта: без удобрений, фон (навоз 40 т/га под черный пар), фон + NPK (240 кг д.в./га за ротацию), фон + 2 NPK (540 кг д.в./га за ротацию), фон + дефекаат (28 т/га под черный пар), КАХОП (фон + дефекаат +PK +N по диагностике, около 300 кг д.в./га за ротацию). Удобрения вносили в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия. Контролем служила почва черного пара без внесения удобрений.

Численность почвенных грибов определяли методом высева на среду Чапека [1]. Видовой состав грибов идентифицировали на кафедре низших растений МГУ. Для выявления комплекса типичных видов использовали критерий пространственной и временной встречаемости, для характеристики структуры комплекса микромикетов – критерий плотности вида, а также показатели видового разнообразия, выровненности и сходства [3,2].

Фитотоксические свойства почвы определяли методом иницированного амилитического микробного сообщества (ИМС) по ингибированию всхожести семян редиса [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почва данного стационара слабокислая, степень насыщенности основаниями низкая, почва испытывает дефицит кальция [5]. Внесение минеральных удобрений, особенно в двойной дозе, привело к заметному закислению почвы (табл. 1). Дефекаат предотвращал закисление даже при совместном внесении удобрений.

Максимальную урожайность озимой пшеницы обеспечивало внесение двойной дозы NPK или одинарной дозы с дефекаатом.

Влияние удобрений и мелиорантов на плодородие чернозема

Вариант опыта	Урожайность		рН	Фитотоксичность %
	общая, ц/га	прирост, %		
контроль	–	–	5,65	10
озимая пшеница без удобрений	15,9	–	5,78	17
фон	17,7	11	5,85	19
фон + NPK	18,7	18	5,74	41
фон + 2NPK	20,5	29	5,32	48
фон + дефекат	17,5	10	6,34	20
КАХОП	20,2	27	6,13	23

Создание ИМС путем внесения легкометаболизируемого крахмала значительно увеличивает биомассу почвенных микроорганизмов и повышает уровень фитотоксичности почвы по сравнению с нативной. Фитотоксичность ИМС чернозема возрастала под озимой пшеницей по сезону и была максимальной в фазе полной спелости (табл.1). Внесение минеральных удобрений повышало фитотоксичность в 4,1-4,8 раза. Дефекат снижал фитотоксический эффект ИМС чернозема практически до уровня неудобренного варианта.

Численность грибных зачатков слабо варьировала по сезону в контроле, под озимой пшеницей несколько возрастала к фазе спелости. Внесение минеральных удобрений привело к росту численности микромицетов в 1,6-2,3 раза. Дефекат, напротив, резко снижал численность грибов в почве (табл.2).

Эффект внесения минеральных удобрений проявился и в значительном изменении показателей видовой структуры комплекса почвенных микромицетов (табл. 2).

Индекс видового разнообразия Шеннона снижался с 2,66 без удобрений до 2,11 при внесении 2NPK, что свидетельствует о снижении видового разнообразия грибов. Индекс выравненности Пиелу также в этом направлении снижался, что указывает на усиление доминирования нескольких видов. Коэффици-

ент сходства Серенсена с контрольным вариантом низкий и составляет 0,31-0,37.

Структура комплекса типичных видов микромицетов чернозема представлена в табл. 3. В контроле доминантами являлись *Penicillium daleae*, *P.funiculosum* и *Aspergillus ustus*. К часто встречающимся относятся *P.rubrum*, *Fusarium solani*, *Talaromyces flavus* (= *P.vermiculatum*). Все эти виды грибов являются активными продуцентами фитотоксинов: *P.funiculosum* и *P.rubrum* – рубратоксина, *A. ustus* – устовой кислоты, *F. solani* – фузариевой кислоты, *T. flavus* – патулина [3]. Среди типичных редко встречающихся и случайных видов также много фитотоксичных: *A. wentii*, *A. alliaceus*, *A. niger*, *T.wortmannii* и др.

Нами исследованы фитотоксические свойства типичных видов микромицетов чернозема по отношению к растениям различных семейств, определены стабильность и степень фитотоксичности изолятов. Органотропное действие фитотоксинов на семена озимой пшеницы показано на рис. 1.

Появление в составе комплекса описанных фитотоксичных видов, а тем более переход их в ранг доминантов указывает на то, что антропогенная нагрузка превысила уровень зоны гомеостаза и комплекс микромицетов почвы находится в диапазоне стрессовых воздействий [2]. Этот факт подтверждается проявлением микробного токсикоза в ИМС чернозема (табл.1).

Таблица 2

Влияние удобрений и мелиорантов на численность и структуру комплекса микромицетов чернозема

Вариант опыта	Численность грибов, тыс/г	Индекс видового разнообразия	Индекс выравненности	Коэффициент сходства с контролем
контроль	12,6	2,73	1,05	–
озимая пшеница без удобрений	15,9	2,66	1,02	0,74
фон	19,2	2,59	1,00	0,81
фон + NPK	22,4	2,33	0,80	0,37
фон + 2NPK	29,7	2,11	0,82	0,31
фон + дефекат	5,2	2,46	0,95	0,77
КАХОП	8,8	2,66	1,03	0,76

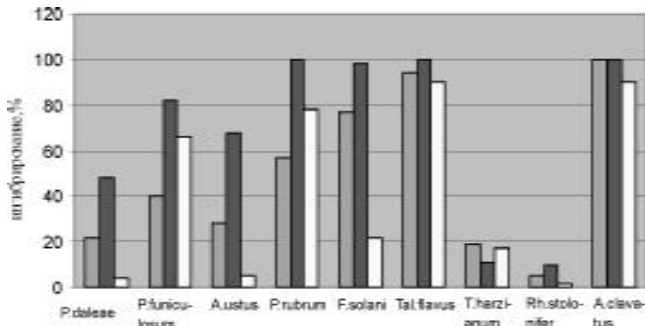


Рис. 1. Фитотоксические свойства типичных видов грибов (тест-объект пшеница)

Обозначения:

- – всхожесть семян
- – рост корня
- – рост coleoptиля

Под озимой пшеницей в ранг доминантов переходили *P.rubrum* и *T. flavus* за счет снижения плотности случайных видов, т.е. корневые выделения пшеницы стимулировали усиление доминирования нескольких фитотоксичных видов.

Плотность фитопатогенного вида *Fusarium*, входящего в состав возбудителей корневой гнили злаков, возрастала под озимой пшеницей в течение сезона. Удобрения повышали численность *F.solani* в фазу всходов, но к концу сезона доля этого вида была ниже, чем в варианте без удобрений. Вероятно, удобрения провоцируют прорастание конидий этого вида, часть из которых погибает, не успев колонизировать растение-хозяина.

Интересная закономерность отмечена нами во влиянии вида и дозы удобрений на динамику видов – продуцентов рубратоксина *P. funiculosum* и *P. rubrum* (рис. 2).

В вариантах без удобрений и с внесением органики в комплексе грибов преобладал *P.funiculosum* (3-5:1). Минеральные удобрения приводят к повышению в 5-15 раз доли *P.rubrum* и изменению соотношения видов

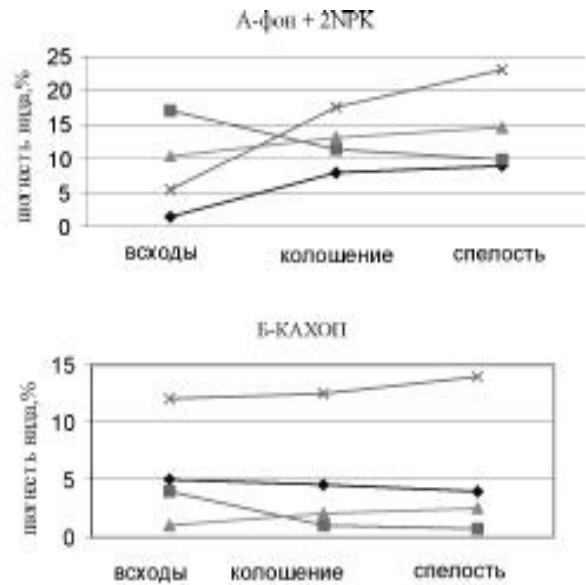


Рис. 2. Динамика плотности видов (в %) некоторых типичных видов микромицетов в вариантах опытов: А – фон+2NPK; Б – КАХОП

- Обозначения: □ - *P.rubrum* ◇ - *A.ustus*
 △ - *Tal.flavus* × - *P.funiculosum*

до 1:3 в фазу всходов. К концу сезона в этих вариантах соотношение восстановилось до 2:1, при этом суммарная доля видов – продуцентов рубратоксина возрастала до 34% по сравнению с 20% без удобрений. Вероятно, низкий pH почвы способствует преимущественному развитию вида *P.rubrum*.

Плотность видов *A. ustus* и *T.flavus* возрастала в течение вегетационного сезона, при внесении 2NPK они переходили в ранг доминантов I и II ранга соответственно (рис.2).

Внесение дефеката, даже совместно с минеральными удобрениями, снижало долю указанных фитотоксичных видов грибов в почве. Наблюдали увеличение плотности типичных для выщелоченного чернозема

Таблица 3

Структура комплекса типичных видов микромицетов чернозема, (плотность вида, %)

Виды грибов	Контроль	Без удобрений	Фон	Фон + NPK	Фон + 2NPK	Фон + дефекат	КАХОП
<i>Penicillium daleae</i>	17,0	21,3	15,1	17,4	17,2	14,0	12,3
<i>P. funiculosum</i>	17,4	15,4	17,7	20,8	23,4	11,0	18,2
<i>Aspergillus ustus</i>	5,2	4,7	10,3	16,4	15,2	5,8	4,9
<i>P. rubrum</i>	3,5	6,2	2,0	10,1	10,2	1,0	2,3
<i>Fusarium solani</i>	1,9	11,8	9,7	5,2	7,1	2,1	0,9
<i>Talaromyces flavus</i>	1,2	7,8	9,0	8,6	8,7	3,0	3,6
<i>Trichoderma harzianum</i>	1,2	2,2	0,9	1,5	1,2	3,2	4,0
<i>Rhizopus stolonifer</i>	1,0	4,1	6,2	1,3	1,0	8,3	6,4
<i>A. wentii</i>	1,4	1,9	0,9	0,7	0,9	1,1	1,0
Сумма	49,8	75,4	71,8	82,0	84,9	49,5	61,6

видов *Rhizopus stolonifer*, *Trichoderma harzianum*, *Tr. Koningii*, *Gliocladium virens*, *Humicola grisea*, *Sporotrichum piluliferum* по сравнению с контрольным вариантом, что свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на почву. Микробный комплекс чернозема при внесении мелиоранта приближался к характерному для этого вида почвы в зоне гомеостаза [2].

Таким образом, нами обнаружено отрицательное действие многолетнего внесения минеральных удобрений в выщелоченный чернозем, что выражается в росте численности грибов, снижении видового разнообразия и устойчивости микробной системы, накоплении фитотоксичных видов грибов. Ранее аналогичные изменения микробного комплекса обнаружены на длительно удобряемой дерново-подзолистой почве [2]. В модельных опытах для стрессовых реакций чернозема требовались дозы минеральных удобрений, на порядок превышающие производственные [2]. Дополнительными факторами антропогенной нагрузки может быть накопление тяжелых металлов и других вредных ингредиентов выбросов промышленных предприятий и автотранспорта, а также кислотные дожди, т.к. стационар расположен в пределах городской черты. Внесение минеральных удобрений в производственных дозах уже превышает предел гомеостаза микрофлоры чернозема.

Данные агрохимических исследований также подтверждают усиление деградационного тренда почвы опыта [5]. Высокая урожайность обеспечивается

только повышенными дозами удобрений, что еще больше нарушает структуру комплекса микромицетов, повышает фитотоксичность почвы.

Кальциевые мелиораты нормализуют микробный комплекс, вероятно, в результате подщелачивания почвы. Мелиорация длительно удобряемых выщелоченных черноземов является эффективным приемом для поддержания типичной структуры микробного комплекса и предотвращения почвоутомления.

Таким образом, изучение комплекса почвенных микроскопических грибов является информативным параметром биомониторинга сельскохозяйственно-го использования почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы почвенной биохимии и микробиологии, – М МГУ. 1980.223с.
2. Микроорганизмы и охрана почв. – М МГУ. 1989. 206 с.
3. *Мирчинк Т.Г.* Почвенная микология. – М . 1976. 206 с.
4. *Свистова И.Д., Гнетова Л.Н.* //Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов.- Воронеж. 2000. С.119-122.
5. *Стекольников К.Е., Кольцова О.М.* // Черноземы-2000. Воронеж. ВГАУ. 2000.С.140-146.
6. *Щербаков А.П., Васнев И.И.* Агроэкологическое состояние черноземов. Курск. 1996. 326 с.