

**МИКРОБНАЯ СУКЦЕССИЯ В ЧЕРНОЗЕМАХ ТИПИЧНЫХ ЗАПОВЕДНИКА
«СТРЕЛЕЦКАЯ СТЕПЬ»
ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО АГРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

И.Д. Свистова¹, доктор биологических наук
Л.Д. Стахурлова², кандидат биологических наук
(Представлено членом-корреспондентом РАН **Г.Н. Черкасовым**)

¹Воронежский государственный педагогический университет, 394043, Воронеж, ул. Ленина, 86

²Воронежский государственный университет, 394000, Воронеж, Университетская площадь, 1
E-mail: stakhurlova@rambler.ru

Для оценки экологического состояния черноземов в агроценозах наиболее информативны показатели биологической активности. Выявлено, что направленность микробной сукцессии при распашке целинного чернозема зависит от способа его использования. В севообороте микробное сообщество переходит в адаптивную зону стресса, такие изменения могут регулироваться агротехническими приемами, в длительно парующей почве – в зону резистентности. В почвах пашни изменяется видовая структура микромицетов. В отсутствие растений снижается ранг или полностью исчезают виды грибов-гидролитиков. Выявлены индикаторные виды грибов для черноземов различных биоценозов.

**MICROBIAL SUCCESSION IN THE TYPICAL CHERNOZEMS OF "STRELETSKAYA STEPPE" RESERVE UNDER
THE INFLUENCE OF LONG AGROGENIC IMPACT**

Svistova I.D.¹, Stakhurlova L.D.²

¹ Voronezh State Pedagogical University, 394043, Voronezh, ul. Lenina, 86

² Voronezh State University, 394000, Voronezh, Universitetskaya ploshchady, 1

For assessment the ecological status of chernozems in agrocenoses the indicators of biological activity are most informative. It was revealed that the direction of microbial succession at plowing of virgin chernozems depend on the method of its use. In crop rotation, the microbial community moves into adaptive stress zone, such changes can be regulated by agricultural techniques. In a long fallow to zone of resistance. In the arable soil species structure of micromycetes are changing. In the absence of plants the rank of fungi-hydrolitics are declining. Indicator fungus species for different biocenoses were revealed.

Ключевые слова: чернозем типичный, залежь, биоиндикация, сукцессия, грибы

Key words: typical chernozem, virgin soil, bioindication, succession, microbial community, fungi

В каждом почвенном типе развиваются определенные группы микроорганизмов и устанавливается биологическое равновесие, характерное для конкретных условий [1]. Ранее при обследовании почвенного покрова стационарных участков Воронежской области было установлено, что для диагностики процессов, происходящих при вовлечении целинных черноземов в сельскохозяйственное использование, предпочтительно использовать показатели биологической активности [2, 3].

В связи с этим целью настоящей работы был выбор информативных параметров для микробиоиндикации черноземов типичных заповедника «Стрелецкая степь» (Курская область) под влиянием 70-летнего агрогенного воздействия.

Методика. Государственный биосферный заповедник «Стрелецкая степь» расположен в юго-западной части Среднерусской возвышенности в пределах средней полосы лесостепной зоны. Здесь можно увидеть первозданную растительность, давшую удивительный природный феномен – чернозем типичный, признанный во всем мире эталоном почвенного пло-

дородия. Почвы, не подвергавшиеся распашке, можно использовать для сравнения при исследовании агрогенного влияния на их свойства. С этой целью в 1946 г. незначительную площадь целины Стрелецкого участка распашали и используют под паром и в севообороте до настоящего времени.

Объект исследования – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый на карбонатном суглинке. В верхнем (0-10 см) слое содержится около 9 % гумуса, степень насыщенности основаниями – более 95 %, рН 6,5 ед. Варианты опыта: залежь некосимая (контроль), чистый пар и зерно-паро-пропашной севооборот (под озимой пшеницей). Пробы почвы отбирали в середине июня, идентификацию микроорганизмов проводили в смешанной пробе слоя 0-20 см. Численность групп микроорганизмов определяли методом посева почвы на питательные среды. Таксономическую структуру микробного сообщества (МСО) рассчитывали по отношению численности микромицетов (среда Чапека) или актиномицетов (КАА) и бактерий – аммонификаторов (БПА). Видовую структуру МСО изучали на примере комплекса микромицетов. Изоляты грибов идентифи-

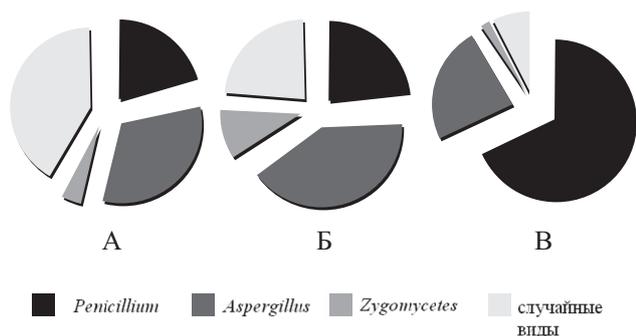
цировали по соответствующим определителям, типичными считали виды с частотой встречаемости выше 30 %. Рассчитывали показатели α - и β -разнообразия комплекса [2, 4].

Результаты и обсуждение. Численность групп микроорганизмов и показатели таксономической структуры МСО залежного чернозема типичного биосферного заповедника (табл. 1) соответствуют

Табл. 1. Таксономическая структура МСО чернозема типичного

Численность, млн КОЕ/г	Целина		Пар		Севооборот	
	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см
Бактерии-аммонификаторы	12,4	13,2	3,2*	7,7*	21,0*	23,0*
Микромицеты $\times 10^3$	14,2	11,8	29,3*	24,8*	13,3	16,3
[Грибы] $\times 10^3$ / [Бактерии]	1,2	0,9	9,2	3,2	0,6	0,7
Актиномицеты	2,0	1,1	0,8*	1,6	0,6*	1,2
[Актиномицеты] / [Бактерии]	0,16	0,08	0,25	0,21	0,03	0,05
P _{0,05} с контролем.						

данным по черноземам других особо охраняемых природных территорий [2, 3]. Распашка целины и многолетнее поддержание почвы под чистым паром ведет к росту численности и доли микромицетов в МСО, что указывает на усиление споруляции почвенных грибов в условиях голодания. В севообороте доля мицелиальных форм (прокариот и эукариот) в составе МСО изменялась незначительно. Всего из черноземов типичных Стрелецкой степи были выделены 35 видов микромицетов, из них из классов *Zygomycetes* и *Ascomycetes* – по 1 виду, другие относились к классу *Deuteromycetes* или Несовершенные грибы, из них преобладали представители родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Состав комплекса микромицетов отражает специфику экосистем (рис.).



Основные роды типичных микромицетов, плотность вида, %;
А– целина, Б – севооборот, В– бессменный пар.

Табл. 2. Показатели биоразнообразия комплекса микромицетов

Показатель	Целина	Пар	Севооборот
Видовое богатство	23	18	22
Из них типичных видов	18	9	19
Плотность типичных видов, %	67	92	77
Индекс разнообразия Шеннона	3,89	2,31	4,09
Индекс доминирования Симпсона	0,08	0,23	0,09
Коэффициент сходства Серенсена	1,00	0,56	0,73
	-	1,00	0,44

Для целины и пашни в севообороте характерны высокие показатели видового разнообразия комплекса микромицетов (табл. 2). В черноземах природной экосистемы доля случайных видов составляла 22%, их суммарная плотность – 33%. Под севооборотом показатели видового богатства комплекса микромицетов различались незначительно, а индекс видового разнообразия Шеннона даже несколько возростал. Комплекс достаточно выровнен, доминирование выражено слабо, показатели α -разнообразия свидетельствуют о высокой стабильности комплекса почвенных грибов. В то же время показатель β -разнообразия (коэффициент сходства Серенсена) свидетельствует об изменении видовой структуры комплекса микромицетов черноземов под влиянием разных видов агрогенной нагрузки. Под бессменным паром видовое богатство микромицетов заметно снижалось. Доля случайных видов составляла 50%, их суммарная плотность – всего 8%. Такое резкое снижение плотности случайных видов грибов называют «концентрацией доминирования» комплекса, что подтверждается низким индексом выровненности и высоким индексом доминирования нескольких видов – экологическим следствием

Табл. 3. Биодинамика микромицетов черноземов типичных

Виды	Многолетний пар	Севооборот
Чувствительные	<i>Aspergillus wentii, A. terreus, Paecilomyces lilacinum</i>	
	<i>A. ustus, Mucorhiemalis, Penicillium funiculosum, P. rubrum, Stachybotrys chartarum, Sporotrichum pulverulentum, Fusarium solani, Alternaria alternata</i>	<i>A. candidus, Acremonium alternatum</i>
	<i>A. candidus, Acr. alternatum, P. tardum, P. simplicissimus</i>	<i>P. daleae, P. funiculosum, P. rubrum, P. purpurogenum, A. clavatus, Fusarium solani, Trichoderma harzianum, Alternaria alternata</i>
Индикаторные		
Примечание. Жирным шрифтом выделены токсигенные виды.		

этого служит снижение устойчивости комплекса почвенных грибов. Значения коэффициента Серенсена свидетельствуют о средней степени сходства видового состава комплекса микромицетов многолетнего пара как с контролем, так и с вариантом севооборота, что указывает на зависимость хода грибной сукцессии в почве от типа агроценоза.

Для понимания экологической направленности сукцессии микромицетов при разных видах агрогенной нагрузки мы выделили две группы видов. Чувствительными считали виды грибов, которые полностью исчезали, переходили в ранг случайных или снижали плотность при определенных видах использования почвы по сравнению с контролем (табл. 3).

Распашка целинного чернозема типичного привела к резкому снижению в агроэкосистемах ранга стено-топных для зоны степей олиготрофных ксерофильных видов грибов (*Paecilomyces lilacinum*, *Aspergillus terreus*, *Sporotrichum pulverulentum*). Кроме того в почве без растений снижался ранг или полностью исчезали виды грибов-гидролитиков, разлагающие растительные остатки (*Mucor hiemalis*, *Stachybotris chartarum*, *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus ustus*), а также грибов-фитопатогенов (*Fusarium solani*, *Alternaria alternata*).

Индикаторными на агрогенную нагрузку считали виды, которые появлялись, переходили из ранга случайных в типичные или повышали плотность по сравнению с целиной (табл. 3). Для разных видов агрогенного воздействия индикаторными оказались виды с различными экологическими стратегиями. В почве под чистым паром заметно возрастала доля олиготрофных видов (*Aspergillus candidus*, *Acremonium alternatum*, *Penicillium tardum*, *P. simplicissimus*). В черноземе под пшеницей повышался ранг целлюлолитических грибов (*Penicillium daleae*, *P. funiculosum*, *P. rubrum*, *P. purpurogenum*, *Aspergillus clavatus*, *Trichoderma harzianum*), копитроффов и фитопатогенов,

вызывающих болезни злаков. Многие индикаторные виды этого варианта синтезировали микотоксины.

Представляет интерес оценить наблюдаемые изменения МСО черноземов согласно предлагаемой градации «адаптивных зон» [2]. Биодинамика МСО в варианте севооборота соответствует адаптивной зоне «стресса», такие изменения обратимы и могут регулироваться агротехническими приемами. Биодинамика в бессменном пару соответствует критериям перехода МСО в адаптивную зону «репрессии». Однако высокая фитотоксическая активность почвы в этом варианте имеет не биогенную природу, то есть связана с накоплением не микотоксинов, а возможно токсичных продуктов деградации гумуса.

Направленность сукцессии микромицетов черноземов типичных целины при введении в сельскохозяйственное производство определяется способом их использования (распашка, вид агрофитоценоза). Следовательно, видовой состав и показатели биоразнообразия комплекса грибов можно применять в качестве параметров биоиндикации черноземов, подверженных агрогенному воздействию.

Литература.

1. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв – М.: Академия, 2004. – 248 с.
2. Свистова И.Д., Назаренко Н.Н. Почвенные микромицеты Ботанического сада им. Б.А. Келлера Воронежского госагроуниверситета // Современная микология в России. Материалы 4-го Съезда микологов России. – М.: Национальная академия микологии, 2016. – Т. 6. – С. 272-274.
3. Стахурлова Л.Д., Свистова И.Д. Биомониторинг черноземов в различных биоценозах // Вестник Россельхозакадемии. – 2011. – № 6. – С. 28-30.
4. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии – Москва: Дрофа, 2004. – 175 с.

Поступила в редакцию 04.04.18

После доработки 10.07.18

Принята к публикации 30.08.18