

БИОЛОГИЯ

УДК 631.466:1

ИЗМЕНЕНИЯ В СООБЩЕСТВЕ МИКРОМИЦЕТОВ В ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЮЖНОГО ЧЕРНОЗЕМА КУЛУНДЫ

Л.Н. Коробова

Новосибирский государственный аграрный университет,
Россия, 630039, г. Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160

E-mail: lnkorobova@mail.ru

Показано, что в пахотном южном черноземе Кулунды (Западная Сибирь) происходит экологическая перестройка сообщества микромицетов по температурному фактору в сравнении с целиной. При этом таксономическая структура микоценоза освоенной почвы утрачивает региональную эндемичность по отношению к европейским аналогам. В залежи 5-8 лет своеобразии структуры микоценоза южного чернозема постепенно восстанавливается. Видовое богатство грибов в процессе восстановления бросового чернозема меняется согласно классической схеме сукцессии: обедненность видами окультуренной почвы, их накопление в промежуточных залежных сообществах и некоторое снижение в климаксовом целинном микоценозе. В составе почвенного грибного сообщества Кулунды содержится больше потенциально патогенных для человека и животных и фитотоксичных форм грибов, чем в европейской части страны. Эти виды микромицетов больше свойственны освоенной почве.

Ключевые слова: микромицеты, видовая структура, видовое богатство, токсичные грибы, южный чернозем, залежь, целина, агроценоз.

Введение

Микромицеты (почвенные грибы) – это важнейшая экологическая группа, участвующая в почвообразовательных процессах и функционировании почвы. Она осуществляет минерализацию органических остатков, синтез гумусовых веществ, влияет на физико-химические характеристики почвы и ее структуру, агрегируя почвенные частицы [1-4 и др.]. Поэтому микромицеты играют важную роль в восстановлении плодородия залежей. Актуальность таких исследований для Сибири несомненна, поскольку здесь в 90-е годы прошлого века по экономическим причинам было заброшено не менее 20% пашни [5], и задача возврата плодородных залежей в пахотный клин считается приоритетной.

Селективную роль в формировании ризосферных сообществ (ценозов) играют растительные ассоциации, влияя на микрофлору через состав корневых экссудатов и корневого депозита [6, 7]. Отсюда в определенном биотопе микоценоз представляет собой стабильное сообщество, способное в конкретное время года поддерживать свою структуру [8].

Цель настоящих исследований – проанализировать структуру и обилие сообщества микромицетов травяных экосистем Кулунды в процессе их восстановления от пашни до залежей разных лет и целины.

Объекты и методы исследования

Работа выполнялась в южной части Северной Кулунды, на территории землепользования АОЗТ «Верный путь» Купинского района Новосибирской области, в степной зоне с годовым количеством осадков 270-290 мм. Исследовался чернозем южный маломощный малогумусный (табл. 1).

Микромицеты изучали на протяжении четырех, разных по влагообеспеченности лет. Два года были засушливыми, один год умеренно-влажный и один с повышенным количеством осадков и пониженной температурой воздуха. Залежь 3-6 лет (с доминирующими корнеотпрысковыми и стержнекорневыми многолетниками) и 5-8 лет (доминировали виды полыней и однолетние злаки) сравнивали с некосимым лугом со злаково-полынной ассоциацией и агроценозом яровой пшеницы (почвозащитное земледелие).



Таблица 1
Гумус и pH освоенного, залежного и целинного южного чернозема

Вариант	Гумус, %	pH
Агроценоз (пашня)	3.21	6.7
Залежь 5 лет	4.25*	6.6
Залежь 8 лет	4.45*	6.7
Целина	4.45*	6.8

* $P_{0,1}$ по сравнению с агроценозом.

Отбор образцов для микологических исследований проводили на стационарных площадках в период нарастания максимальной первичной продуктивности, 15–20 июля. Образцы почвы брали из горизонта A_1 , а на пашне из слоя 0–20 см. Численность грибов определяли методом посева на агар Чапека. Изоляты микромицетов идентифицировали до вида по соответствующим определителям. Для характеристики α -разнообразия микоценозов использовали индекс видового богатства d .

Результаты и их обсуждение

Видовое инвентаризационное разнообразие микромицетов в южном черноземе Кулунды в июле составляет 85 видов, принадлежащих к 36 родам, и в каждом из исследованных вариантов (агроценоз → залежи → целина), насчитывается по 30–40 видов грибов (табл. 2).

Широкая адаптированность микромицетов рода *Penicillium* к различным субстратам и условиям окружающей среды, а также их высокая конкурентноспособность обеспечили роду доминирующее положение в видовой структуре всех степных микоценозов. Род *Penicillium* представлен 37 видами (43,5 % от числа видов в черноземе южном), среди которых наибольшей частотой встречаемости отличаются *P. funiculosum*, *P. purpurogenum*, *P. simplicissimum*, *P. stoloniferum*.

Таблица 2
Таксономическая структура и обилие грибов в южном черноземе Кулунды

Виды	Обилие, тыс. в 1 г абс.-сух. почвы			
	агроценоз	залежь 3-6 лет	залежь 5-8 лет	целина
1	2	3	4	5
<i>Acremonium album</i> Preuss	2.7	0.7	0.8	1.4
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	0.5	0.4	1.4	0.5
<i>Aspergillus awamorii</i> Nakazawa	-	1.6	2.9	0.5
<i>A. flavus</i> Link	-	0.3	-	-
<i>A. fumigatus</i> Fres.	-	0.35	0.3	0.7
<i>A. niger</i> van Tieghem	0.65	3.2	-	2.15
<i>A. ustus</i> Bainier	18.7	6.15	12.15	8.75
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi	-	0.35	-	-
<i>A. wentii</i> Wehmer	-	-	0.8	-
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker	+	+	+	+
<i>Botryotrichum piluliferum</i> Saccardo et March.	0.3	-	-	-
<i>Chaetomium</i> sp. Kunze	+	+	+	+
<i>Chrysosporium pannorum</i> (Lk.) Hughes.	-	-	0.15	0.35
<i>Cladosporium</i> sp. Lk.	+	+	+	+
<i>Cylindrocarpon candidum</i> (Lk.) Wr.	-	-	0.3	-
<i>Cylindrocarpon magnusianum</i> Wr.	2.35	-	0.3	-
<i>Dicoccum asperum</i> (Corda) Saccardo	0.35	0.35	0.45	-
<i>Fusarium gibbosum</i> App. et Wr.	-	0.25	-	-
<i>F. oxysporum</i> Schlecht.	0.3	-	-	-
<i>F. solani</i> (Mart.) App. et Wr.	0.3	0.35	-	0.35
<i>F. solani</i> var. <i>solani</i>	2.7	-	-	-
<i>F. sp.</i> Lk.	0.7	0.8	1.65	2.15
<i>Geotrichum candidum</i> Link ex Persoon	-	-	-	0.35
<i>Gliocladium penicilloides</i> Corda	-	-	0.3	0.7
<i>Gliomastix cerealis</i> Karst.	-	-	-	1.35
<i>Humicola grisea</i> Traaen	0.1	0.25	4.25	-
<i>Macrosporium</i> sp. Fr.	+	+	+	+
<i>Melanospora anomala</i> Hotson	0.3	-	-	-
<i>Mucor racemosus</i> Fres.	2.55	8.0	0.8	6.8
<i>M. ramosissimus</i> Samutsevitsch	-	-	-	0.45
<i>Myrothecium roridum</i> Tode	0.3	-	-	-
<i>Paecilomyces carneus</i> Bain.	-	1.05	0.15	-

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
<i>Papularia pullulans</i> (d By) Berkh	+	+	+	+
<i>Papulaspora irregularis</i> Hotson	0.3	-	-	-
<i>Penicillium albo-cinerascens</i> Chalabuda	-	-	0.15	-
<i>P. atrovenetum</i> Smith	0.3	0.65	0.45	-
<i>P. brevicompactum</i> Dierckx.	-	-	0.15	-
<i>P. canescens</i> Sopp.	-	-	0.6	2.75
<i>P. citrinum</i> Thom	-	-	-	3.2
<i>P. commune</i> Thom	-	-	-	0.7
<i>P. cremo-griseum</i> Chalabuda	-	-	0.45	-
<i>P. chrysogenum</i> Thom	2.15	-	-	-
<i>P. cyclopium</i> var. <i>echinulatum</i> Abe	-	0.4	-	-
<i>P. decumbens</i> Thom	-	-	-	0.9
<i>P. estinogenum</i> Komatsu et Abe: Smith	-	0.65	-	0.35
<i>P. echinulo-nalgiovense</i> Abe	-	-	0.3	-
<i>P. expansum</i> Link emend. Thom	0.3	0.35	7.8	-
<i>P. frequentans</i> Westl.	-	-	0.8	-
<i>P. funiculosum</i> Thom	0.7	0.5	1.65	0.7
<i>P. glauco-lanosum</i> Chalabuda	-	0.25	-	1.05
<i>P. implicatum</i> Biourge	-	-	-	2.05
<i>P. janthinellum</i> Biourge	1.45	-	-	0.9
<i>P. lanoso-viride</i> Thom	0.3	-	-	-
<i>P. lilacinum</i> Thom	-	-	0.3	-
<i>P. luteo-aurantium</i> Smith	-	-	0.15	-
<i>P. martensii</i> Biourge	-	2.85	0.3	-
<i>P. nigricans</i> Bainier	-	-	1.7	-
<i>P. ochro-chloron</i> Biourge	-	-	-	0.9
<i>P. paxilli</i> Bain	-	0.65	-	-
<i>P. purpureogenum</i> Stoll	-	0.8	0.8	0.7
<i>P. purpurescens</i> (Sopp.) Rap. et Thom	0.9	-	-	-
<i>P. restrictum</i> Gilman et Abbot	-	-	-	4.45
<i>P. roqueforti</i> Thom	2.9	-	-	-
<i>P. roseo-purpureum</i> Dierckx	-	-	-	0.35
<i>P. rubrum</i> Stoll	0.6	-	0.15	-
<i>P. simplicissimum</i> (Oud.) Thom	1.15	0.5	0.8	0.9
<i>P. stoloniferum</i> Thom	2.15	0.35	-	1.7
<i>P. urticae</i> Bain.	-	-	0.45	-
<i>P. variabile</i> Sopp	-	-	-	1.7
<i>P. verruculosum</i> Peynonel	-	2.6	-	-
<i>P. waksmanii</i> Zal.	0.7	0.35	-	-
<i>Phoma</i> sp. Fr.	0.35	0.15	0.12	0.13
<i>Pullularia</i> sp. Berkh.	+	+	+	+
<i>Radiomyces spectabilis</i> Embree	-	-	-	0.45
<i>Rhizoctonia</i> sp. DC.	+	+	+	+
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb.	1.75	0.35	-	0.35
<i>Spicaria violacea</i> Abb.	-	0.35	0.8	-
<i>Sporotrichum carnis</i> Brooks et Hansf.	-	-	0.65	2.05
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	-	-	0.45	0.45
<i>T. viride</i> Pers.	0.35	0.25	3.35	2.3
<i>Trichothecium roseum</i> (Pers.) Lk.	+	+	+	+
<i>Verticillium</i> sp. Nees	-	-	0.8	-
<i>Micellia sterilia</i>	-	-	0.15	-
Пикнидиальные грибы	-	-	0.3	-
Всего видов	36	38	46	41

Примечание.

(-) – вид не встречается;

4.8 – выделены токсинообразующие виды;

(+) – вид выделен методом флотации или растительных приманок.

В систематическом положении выделенных видов рода *Penicillium* прослеживается преобладание секции *Asymmetrica* Raper & Thom (58,8%). Остальные виды принадлежат к секциям *Monoverticillata* Raper & Thom и *Biverticillata* Raper & Thom. При этом в агроценозе и за-



лежах представительство *Monoverticillata* составляет от 16 до 8%, а на целине – в два раза больше. Для видов *Biverticillata* это соотношение противоположное. Если проанализировать температурные требования пенициллов согласно общепринятым в последнее время определениям Д. Питта, то оказывается, что секция *Monoverticillata* содержит только треть видов, способных к росту при температуре 37°C, зато в секции *Biverticillata* таких грибов подавляющее большинство (80%) [9]. Следовательно, увеличение представительства видов секции *Biverticillata* в пахотных и залежных почвах указывает не только на видовую, но и на экологическую (по температурному фактору) перестройку грибных сообществ по отношению к целинным аналогам.

При общем доминирующем положении пенициллов в структуре грибного сообщества южного чернозема по обилию они уступают грибам рода *Aspergillus*. Например, под посевом пшеницы на долю *A. ustus* приходится почти 39% численности грибов. Но микромицеты рода *Aspergillus* менее разнообразны, чем пенициллы. Из 85 видов микоценоза они составляют только 9%. Род *Fusarium* объединяет 6 видов (7%).

В агроценозах степи разнообразнее, чем в залежах и целине, видовой состав целлюлозоразрушающих грибов. На их долю приходится 56% видового богатства. В залежи 3-6 лет число видов целлюлозолитиков уменьшается до 46%, в дальнейшем до 43,5-43,9 %. Темноцветные грибы, имеющие темно-коричневые пигменты типа меланинов и обладающие повышенной толерантностью, больше представлены в пахотной почве и в почве, восстанавливающейся в течение первых 5 лет, – 21,6%. По мере зацеplинения чернозема их численность снижается до 17%.

В ряду агроценоз → залежи → целина общее видовое богатство грибного сообщества достигает максимума к 8 годам залежности (табл. 2). В целинной почве его видовая структура несколько упрощается, что согласуется с исследованиями [10, 11 и др.], свидетельствующими об обеднении видового спектра в завершающемся (климаксовом) сообществе сукцессии по сравнению с ее промежуточными этапами.

Видовое богатство самого представительного рода *Penicillium* тоже подчиняется этой закономерности: в агроценозе выявляется 12 видов пенициллов, через восемь лет залежности – 17, позже – 16 видов. У рода *Aspergillus* представленность в агроценозе составляет 2 вида, в залежи 3-6 лет – 6 видов, а к 8 годам зацеplинения и на целине – 4 вида. В последних вариантах растет распространенность видов *Trichoderma spp.* и *Mucor spp.*, а рода *Fusarium* снижается.

Итак, южный чернозем степной Кулунды Сибири, в отличие от европейских почв, имеет повышенное содержание видов *Penicillium* секции *Asymmetrica* Raper & Thom, что связано с особенностями сибирского климата. По температурным требованиям представители этой секции чаще способны к росту при пониженных температурах. Поэтому в европейских почвах *Asymmetrica* обильнее выделяется в северных широтах [9, 12]. Для окультуренного чернозема Кулунды характерно увеличение представительства видов *Penicillium*, способных расти при 37°C. Такая экологическая перестройка сближает сельскохозяйственно освоенный южный чернозем Кулунды с зональными европейскими почвами, нарушая его эндемичность.

В целом для сообщества микромицетов освоенного южного чернозема характерно самое низкое видовое разнообразие, которое в процессе восстановления почвы повышается, а при переходе к целине вновь снижается, что в интегральном виде может быть выражено изменением индекса видового богатства (d) (рис. 1). Его значения подтверждают закономерности взаимосвязи биоценоза с биотопом, обозначенные А. Тинеманом как экологические принципы разнообразия и отклонения условий существования от нормы. Разнообразный состав растительности залежных участков приводит к накоплению видов почвенных грибов по сравнению с эталонной целинной почвой.

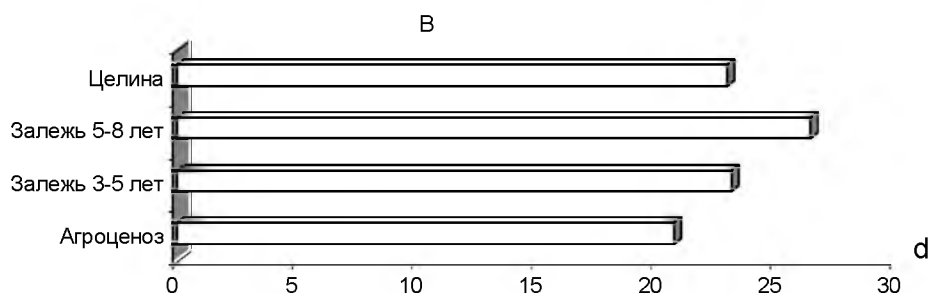


Рис. 1. Изменение видового богатства микромицетов в процессе восстановления южного чернозема

Представляет интерес анализ сообщества почвенных микромицетов с точки зрения накопления опасных для человека и животных видов. Проблема «fungi of medical interest» активно отслеживается в литературе в последние годы [9]. Медики назвали почвенные грибы, способные вызывать заболевания человека, потенциально патогенными. Они вызывают аллергии или локальные микозы, но в организме ослабленных людей распространяются шире, чем у здоровых. Сейчас известно примерно 350 видов подобных оппортунистических мицелиальных грибов и дрожжей. Оценку содержания этой группы микромицетов в восстанавливаемом черноземе провели, основываясь на руководстве по идентификации патогенных и условно патогенных для человека грибов, подготовленном Справочной микологической лабораторией Медицинского центра при Техасском университете [13].

Из чернозема Кулунды было выделено 22 вида оппортунистических микромицетов. Основная часть их относится к группе грибов, которые сравнительно редко вызывают заболевания, а треть известны как возбудители глубоких микозов человека. Это, прежде всего, аспергиллы, широко представленные в теплых сухих зонах: *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. ustus*, а также *Fusarium oxysporum*, *F. solani* и др.

В агроценозах доля видов потенциально и условно патогенных видов колеблется в пределах 50-60%. В залежах опускается до 40% (рис. 2). Обилие грибов (в долях от общего обилия) повторяет эту закономерность, за исключением целинного чернозема, где их содержание падает.

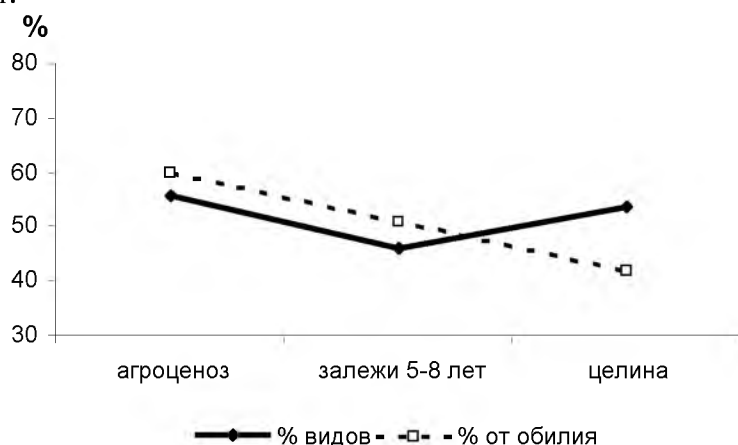


Рис. 2. Потенциально патогенные грибы в восстанавливаемом южном черноземе

Другая сторона характеристики почвенного грибного сообщества – наличие в нем микроорганизмов, образующих фитотоксические вещества. Экологическая роль токсинов сапрофитных грибов проявляется как во влиянии на микроорганизмы почвы, так и в воздействии через почву на растения [14]. В последнем случае снижается фотосинтетическая активность растений, и нарушаются их обменные процессы, что для сельскохозяйственных культур влечет падение урожайности. В таблице 2 (отмечено жирным шрифтом) можно видеть, что фитотоксины продуцировали многие выделенные нами грибы. Среди них наиболее токсичными были виды: *A. fumigatus*, *A. niger*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *P. canescens*, *P. citrinum*, *P. expansum*, *P. funiculosum*, *P. martensii*, *P. paxilli*, *P. rubrum*. Большая доля токсинообразователей в структуре грибного сообщества приходилась на агроценоз. Она достигала в среднем по шести учетам (30 анализов) 80-89,1%. В залежах и целине видовое богатство микоценозов определялось токсинообразующими видами ~ на 60%.

В соответствии с изменениями структуры микоценоза менялась фитотоксичность почвы. Суммарное присутствие токсинов в почве показано на рисунке 3 по их биологическому действию на проростки биотеста редиса (сорт редис с красным кончиком). На залежах ростовые процессы в редисе нарушались слабо. В пашне выявлена максимальная фитотоксичность, что связано с развитием утомляемости почвы. Основной вклад в ее создание вносили почвенные грибы, поскольку между их численностью и прорастанием тест-культуры установлена тесная обратная корреляция, $r = -0,80 \pm 0,16$.

Таким образом, южный чернозем Западной Сибири в составе микоценозов содержат гораздо больше токсичных форм грибов, чем в европейской части страны, где, по данным ВНИИСХМикробиологии [15] их количество колеблется в пределах 15-26% от числа выделенных. Токсичные виды микромицетов распространены больше в освоенной почве.

Выводы

1. Южному чернозему Кулунды Западной Сибири, в отличие от европейских аналогов,

свойственна высокая насыщенность грибных сообществ видами *Penicillium* секции *Asymmetrica* Raper & Thom.

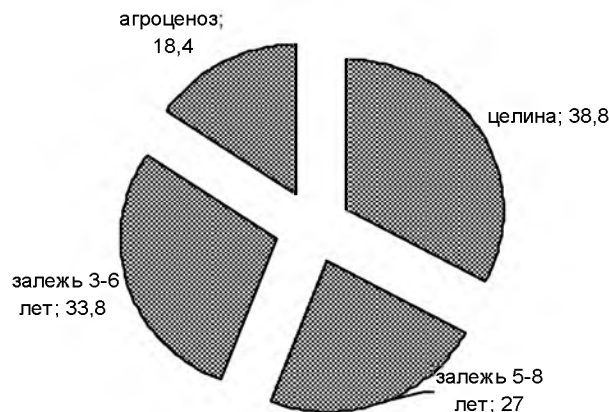


Рис. 3. Фитотоксический эффект южного чернозема разной степени восстановления по отношению к растениям редиса (площади секторов соответствуют суммарной длине проростков редиса в см, по 100 повторениям)

2. Для пахотного южного чернозема характерно обеднение видовой структуры микоценоза и экологическая перестройка по температурному фактору по отношению к целинному аналогу, что свидетельствует о потере региональной эндемичности.

3. Процесс восстановления южного чернозема сопровождается классическим преобразованием видовой структуры сообщества: накоплением видов микромицетов в залежных (промежуточных сукцессионных) сообществах и некоторым обеднением в целинном (климаксовом) микоценозе.

4. В составе грибных сообществ южного чернозема Кулунды содержится гораздо больше потенциально патогенных для человека и животных и фитотоксичных форм грибов, чем в европейской части страны. Эти виды микромицетов больше свойственны освоенной почве.

Список литературы

1. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 220 с.
2. Заварзин Г.А. Развитие микробных сообществ в истории Земли // Тр. института микробиологии им. С.Н. Виноградского. – М.: Наука, 2004. – Вып. 12. – С. 149-160.
3. Newell S.Y. Estimating fungal biomass and productivity in decomposing litter // The Fungal Community. 2nd Ed. / ed. G.C. Carroll, D.T. Wicklow – New York, Basel, Marcel, Dekker, 1992. – P. 521-562.
4. Carlile M.J., Watkinson S.C., Gooday G.W. The Fungi // 2nd Ed. Academic press. – San Diego. San Francisco. New York. Boston, 2001. – 588 p.
5. Концепция развития агропромышленного комплекса Сибири до 2010 года / РАСХН. Сиб. отделение. – Новосибирск, 2001. – 112 с.
6. Grayston S.J., Shenquiang Wang, Colin D. Campbell, Anthony C. Edwards. Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere // Soil Biol. Biochem. – 1998. – V. 30, № 3. – P. 369-378.
7. Gransee A., Wittenmayer L. Qualitative and quantitative analysis of water-soluble root exudates in relation to plant species and development // Plant Nutrition and Soil Science. – 2000. – V. 163, № 4. – P. 381-385.
8. Gochenaour S.E. Distribution patterns of mesophilus and termophilus microfungi in two Bahamian soils / S.E. Gochenaour // Mycopathology. – 1975. – Vol. 57, N 3. – P. 155-164.
9. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. – М.: Медицина для всех, 2005. – 195 с.
10. Whittaker R.H. New concepts of kingdoms of organisms // Science. – 1969. – Vol. 163. – P. 160-170.
11. Ryszkowski L., Zyczynska-Baloniak I. Homestaza ekosystemow // Zesz. probl. post. nauk. rol. – 1985. – Vol. 306. – P. 105-125.
12. Сизова Т.П. Географическая зональность и распространение пенициллов и эволюция в пределах этого рода // Бюллетень МОИП. Отд. Биологии. – 1953. – Т. 58. – С. 71-75.
13. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. – М.: Мир, 2001. – 468 с.
14. Мирчинк Т.Г. Фитотоксины почвенных сапрофитных грибов и их роль в системе почва-растение // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л.: ВНИИ с.-х. микробиологии, 1978. – С. 31-39.
15. Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л.: ВНИИ с.-х. микробиологии, 1978. – С. 7-31.

CHANGES IN THE MICROMYCETS COMMUNITY IN RESTORATION OF KULUNDA SOUTHERN CHERNOZEM

L.N. Korobova

*Novosibirsk State Agrarian University,
Dobrolyubova St., 160, Novosibirsk,
630039, Russia*

E-mail: lnkorobova@mail.ru

It is shown that in the arable land of southern chernozem in Kulunda (West Siberia) the ecological reconstruction of micromycets community is going on in connection with temperature factor compared with the virgin lands. Herewith the taxonomic structure of the micocenosis of arable soil loses the regional endemicity in respect to European standards. In the fallow land of 5-8 years micocenosis structural pattern of the southern chernozem is gradually restored. Species richness of fungi in the process of the fallow land restoration varies according to the classical scheme of succession: depletion of species of cultivated soil, their accumulation in the intermediate communities of fallow land and a certain drop in the climax micocenosis of the virgin land. Kulunda soil fungal community structure contains more potentially pathogenic and phytotoxic forms of fungi for humans and animals than the European part of the country. These species of micromycets are more characteristic for arable soil.

Keywords: fungi, species structure, species richness, toxic fungi, southern chernozem, fallow land, virgin lands, agrocenosis.