



УДК 631.461:579.873

В. Н. Гришко, О. В. Сыщикова, Г. М. Зенова, И. Ю. Чернов

**Особенности структурной организации сообществ  
мицелиальных актинобактерий в природных почвах  
Украины и России**

*(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины Г. А. Иутинской)*

*В генетических горизонтах черноземов доля актиномицетов в микробоценозе составляет 30% общего количества микроорганизмов. В черноземах обыкновенном и южном доминируют *S. violaceomaculatus* (секция *Roseus*), *S. sporotherbeus* (секция *Azureus*), *S. aerionidulus* (секция *Cinereus*), *S. enduracidicus* (секция *Cinereus*) и *S. grisinus* (секция *Cinereus*). В черноземе типичном обнаруживаются также актиномицеты родов *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium*. Представители рода *Streptosporangium* в черноземах типичных составляют минорный компонент. В черноземе обыкновенном значения индекса Бергера–Паркера или видовое разнообразие сообщества в 1,5 раза больше, чем в черноземе южном. Отмечено высокое подобие сообществ стрептомицетов этих черноземных почв (коэффициент Серенсена 0,78).*

Микробные системы играют важную роль в биогеоценозах. Они во многом определяют потоки энергии в круговороте веществ и являются ключевым компонентом почвы, обеспечивающим интенсивность ее биологических процессов, связанных с трансформацией органического вещества и циклом питательных элементов. Важнейшей микробиологической характеристикой любой почвы является общая численность и структура микробного сообщества. Анализ особенностей функционирования почвенных микроорганизмов в естественных экосистемах позволяет определить причины происходящих в них изменений и наметить пути их регулирования [1–3]. Особую актуальность в этой связи приобретают исследования структуры сообщества мицелиальных актинобактерий черноземов, так как показано, что разные подтипы черноземов отличаются количественным составом микроорганизмов, в том числе актиномицетов, однако на сегодня не охарактеризованы соотношения таксономических групп актиномицетов в сообществе [4, 5].

Поэтому наша цель состояла в изучении изменений численности и структуры почвенного актиномицетного комплекса черноземов обыкновенного, южного и типичного по всему профилю исследуемых почв.

---

© В. Н. Гришко, О. В. Сыщикова, Г. М. Зенова, И. Ю. Чернов, 2014

Объектами исследований были чернозем обыкновенный маломощный — суглинистый участок балки Власова пгт Петрово Долинского района Кировоградской области, чернозем южный солонцеватый среднемогучный, расположенный в балке Свистунова г. Кривой Рог, чернозем типичный (Курский государственный заповедник). Образцы отбирали из разных горизонтов почвенных разрезов на глубине 0–5; 5–10; 10–25; 25–30; 30–40; 40–50; 50–60; 60–70 и 70–90 см. Анализировали средний почвенный образец, который составляется смешиванием пяти индивидуальных проб массой по 100–200 г [6]. Посев почвенной суспензии проводили на крахмало-аммиачный агар (КАА) для определения общей численности амилитических микроорганизмов (бактерий, грибов и актиномицетов) и для выделения актиномицетов. Подсчет колоний проводили на 7–10-е сутки. Идентификацию актиномицетов рода *Streptomyces* осуществляли по определителю актиномицетов Г. Ф. Гаузе [7], описанию видов актиномицетов рода *Streptomyces* и компьютерной программе их идентификации [8]. Для определения структуры сообщества стрептомицетов использовали общепринятые в экологии информативные критерии: выравненность сообщества или меру доминирования вида оценивали с помощью индекса Бергера–Паркера, видовое богатство — по индексу Маргалефа, а сходство сообществ актиномицетов различных почв — по коэффициенту Серенсена [5, 9].

Выявлены особенности изменений общей численности микроорганизмов и структуры актиномицетного комплекса. В органо-гумусовом горизонте (слой почвы 0–5 см) чернозема обыкновенного общее количество амилитических микроорганизмов на КАА составляет 17,9, а актиномицетов — 3,6 млн/г почвы, в гумусово-аккумулятивном горизонте (0–30 см) — 16,3 и 5,1 млн/г почвы соответственно. В черноземе южном (гумусово-аккумулятивный горизонт 0–25 см) общая численность микроорганизмов уменьшалась на 58%, а количество актиномицетов — в 1,2 раза в сравнении с соответствующим горизонтом чернозема обыкновенного, но их доля в микробоценозе составляет 30% общего числа амилитических микроорганизмов (рис. 1).

В нижележащих почвенных горизонтах черноземов установлено уменьшение численности микробиоты [10–12]. В черноземе обыкновенном в горизонтах АВ и В<sub>Ca</sub> (30–50 см и 50–60 см) общая численность микроорганизмов была в 2,4 раза меньше, чем в соответствующих верхних почвенных горизонтах, а количество актиномицетов снижалось в 1,7 раза (см. рис. 1). Сходные результаты получены и для чернозема южного: в горизонте АВ<sub>сн</sub> (25–40 см) общее количество микроорганизмов составляет 4,8 млн/г почвы, что в 3 раза меньше, чем в гумусово-аккумулятивном, а доля актиномицетов — 29% общего количества амилитических микроорганизмов.

При уменьшении количества доступных для микроорганизмов основных биогенных элементов в переходном гумусово-аккумулятивном генетическом горизонте с преобладанием материнской породы общая численность микроорганизмов снижается в 4,2 и 1,7 раза в сравнении с двумя верхними почвенными горизонтами (А и АВ) соответственно. Аналогичная тенденция отмечена и для актиномицетов, количество которых было меньшим в 2–3 раза по сравнению с горизонтами А и АВ (см. рис. 1).

В структуре сообщества стрептомицетов гумусово-аккумулятивного горизонта чернозема обыкновенного преобладают *S. violaceomaculatus* — 20,5% и *S. sporotherbeus* — 18,5%. Также значительна доля участия *S. aerionidulus* и *S. griseinus* — 12,4 и 9,3% соответственно, тогда как для большинства стрептомицетов она не превышает 3% (табл. 1). В горизонте Ад (0–25 см) чернозема южного в ценозе стрептомицетов также преобладают *S. sporotherbeus* — 20,1% и *S. griseinus* — 18,2%. Однако в 7,2 раза возрастает доля участия *S. enduracidicus* и

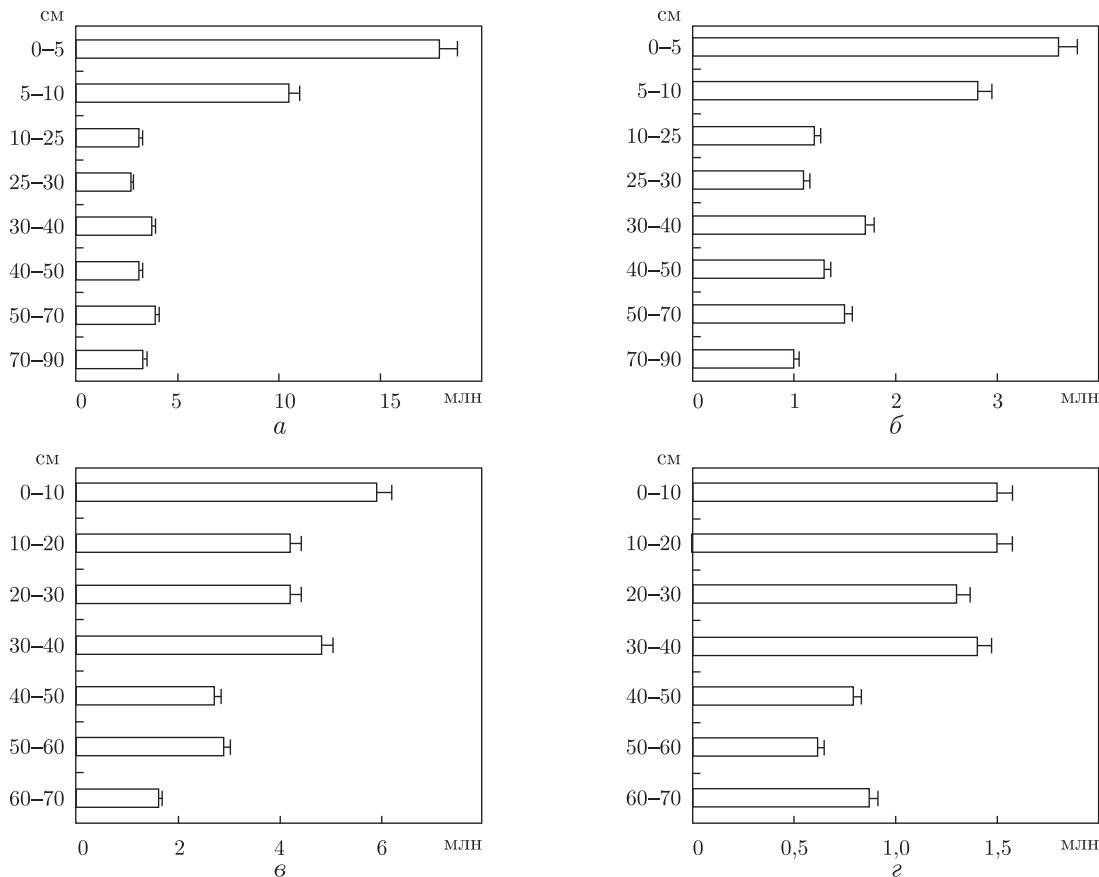


Рис. 1. Общее количество микроорганизмов (а, в) и стрептомицетов (б, г) млн/г почвы в профиле чернозема обыкновенного (а, б) и чернозема южного (в, г)

в 2,4 раза уменьшается доля *S. violaceomaculatus*, в то время как участие в микробоценозе всех остальных видов колеблется от 0,6 до 5,8%.

В переходных горизонтах АВ и В<sub>Са</sub> чернозема обыкновенного возрастает доля участия *S. aerionidulus* на 87% и в 3,5 раза *S. griseinus*, а количество *S. violaceomaculatus* не изменяется (17,9%). В горизонтах АВ<sub>сн</sub> и В чернозема южного доминантами остаются виды, которые характерны и для верхнего горизонта (см. табл. 1). Существенные изменения происходят в структуре ценоза стрептомицетов чернозема обыкновенного и чернозема южного в нижних горизонтах. Доминантами чернозема обыкновенного являются *S. griseinus* и *S. dayalbaghensis*, доля которых в ценозе составляет более 20% всех выделенных видов, тогда как в черноземе южном доминирует только *S. violaceomaculatus*.

Исследованные черноземы характеризуются довольно высоким видовым богатством, о чем свидетельствуют значения индекса Маргалефа (4,3 и 4,1) (табл. 2). В сообществе стрептомицетов черноземов идентифицировано наибольшее (25–26) количество видов. Однако необходимо подчеркнуть, что в черноземе обыкновенном видовое разнообразие стрептомицетов в 1,5 раза больше, чем в черноземе южном (значения индекса Бергера–Паркера увеличиваются до 8,3). Отмечен высокий уровень подобия сообщества стрептомицетов чернозема обыкновенного и южного. Индекс Серенсена для указанных сообществ черноземов соответствует 0,78.

Таблица 1. Доля видов в сообществе стрептомицетов в черноземах (% от всех идентифицированных стрептомицетов)

Вид рода <i>Streptomyces</i>	Почвенные горизонты*			
	А	АВ	В <sub>Са</sub>	С
Чернозем обыкновенный				
<i>S. acidiscabies</i> (A–Ac)	0,8	—	—	6,9
<i>S. aerionidulus</i> (C–Ch)	12,4	23,2	6,5	13,8
<i>S. albocrustus</i> (R–Fu)	2,3	5,3	—	6,9
<i>S. brasiliensis-1</i> (A–Ac)	1,9	—	6,5	3,4
<i>S. canadensis</i> (C–Ch)	—	—	—	3,4
<i>S. conganensis</i> (C–Ach)	2,3	2,1	—	—
<i>S. dayalbaghensis</i> (A–Ac)	7,7	13,7	16,1	20,7
<i>S. ederensis</i> (C–Ach)	0,8	1,0	—	—
<i>S. enduracidicus</i> (C–Ch)	2,7	—	—	—
<i>S. fragmentosporus</i> (A–A)	2,7	—	6,5	—
<i>S. globosus</i> (C–Ch)	—	1,0	—	—
<i>S. grisinus</i> (C–Ach)	9,3	10,5	32,3	20,7
<i>S. hirsutus</i> (C–Ach)	1,2	2,1	6,5	—
<i>S. lactogriseus</i> (C–Ach)	2,3	3,2	—	—
<i>S. luteolucescens</i> (Hf–H)	0,8	—	—	3,4
<i>S. marinolimosus</i> (R–F)	1,9	—	—	—
<i>S. nidulosus</i> (C–Ach)	2,7	—	—	6,9
<i>S. ravulus</i> (C–Ach)	0,4	—	—	—
<i>S. septisporus</i> (C–Ch)	2,3	3,2	3,2	3,4
<i>S. spitsbergensis</i> (R–Fu)	0,4	2,1	—	—
<i>S. sporocaneri</i> (Hf–H)	0,4	—	—	—
<i>S. sporoherbeus</i> (Az–Co)	18,5	8,4	—	—
<i>S. spororutilis</i> (C–Ach)	1,5	2,1	—	—
<i>S. sporostellatus</i> (C–Ach)	3,1	3,2	—	—
<i>S. subhalophilus</i> (A–Ac)	0,8	1,0	—	—
<i>S. violaceomaculatus</i> (R–Ro)	20,5	17,9	22,4	10,3
Вид рода <i>Streptomyces</i>	Ад	АВсн	В	С
1	2	3	4	5
Чернозем южный				
<i>S. aerionidulus</i> (C–Ch)	3,9	2,2	6,5	—
<i>S. albocrustus</i> (R–Fu)	0,6	2,2	2,2	—
<i>S. alboflaveolus</i> (Hf–H)	0,6	—	—	—
<i>S. brasiliensis-1</i> (A–Ac)	1,9	2,2	—	3,8
<i>S. caelestis</i> (Az–Co)	1,9	—	—	—
<i>S. canadensis</i> (C–Ch)	1,3	2,2	2,2	3,8
<i>S. conganensis</i> (C–Ach)	1,3	4,3	2,2	3,8
<i>S. dayalbaghensis</i> (A–Ac)	5,8	10,9	8,7	—
<i>S. ederensis</i> (C–Ach)	—	2,2	—	—
<i>S. enduracidicus</i> (C–Ch)	19,5	23,8	10,9	7,7
<i>S. fragmentosporus</i> (A–A)	1,3	—	2,2	3,8
<i>S. globosus</i> (C–Ch)	—	—	10,9	19,2
<i>S. grisinus</i> (C–Ach)	18,2	19,6	21,6	7,7
<i>S. hirsutus</i> (C–Ach)	0,6	2,2	2,2	—
<i>S. hofunensis</i> (A–Ac)	1,3	—	—	—
<i>S. lactogriseus</i> (C–Ach)	3,9	6,5	6,5	—
<i>S. ravulus</i> (C–Ach)	—	—	—	3,8
<i>S. spitsbergensis</i> (R–Fu)	2,6	2,2	4,3	3,8

Таблица 1. Продолжение

1	2	3	4	5
<i>S. sporocaneris</i> (Hf-H)	0,6	—	—	—
<i>S. sporotherbeus</i> (Az-Co)	20,1	8,7	6,5	15,4
<i>S. spororutilis</i> (C-Ach)	2,6	4,3	2,2	—
<i>S. subhalophilus</i> (A-Ac)	1,3	2,2	2,2	—
<i>S. tateyamensis</i> (Hf-H)	0,6	—	—	—
<i>S. violaceomaculatus</i> (R-Ro)	8,4	4,3	8,7	26,9
<i>S. violobrunneus</i> (A-A)	1,3	—	—	—

\*Глубина горизонтов составляет: А — 0–5 см, Ад — 0–25 см, АВ — 30–47 см, АВсн — 25–40 см, В — 40–60 см, ВСа — 47–60 см, С — 60–90 см. Сокращенные названия секций и серий стрептомицетов: А — Albus, Ас — Albocoloratus, Az — Azureus, Co — Coerulescens, C — Cinereus, Ch — Chromogenes, Ach — Achromogenes, Fu — Fuscus, Hf — Helvolo-flavus, H — Helvolus, R — Roseus, F — Fradiae, Ro — Roseoviolaceus; “—” вид не выявлен.

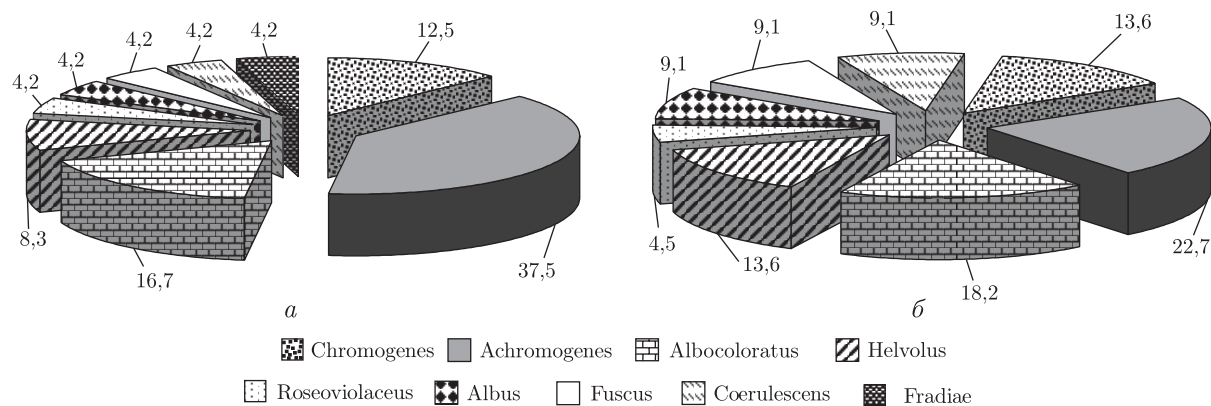


Рис. 2. Структура сообщества стрептомицетов (процент идентифицированных видов) гумусовых горизонтов чернозема обыкновенного (а) и чернозема южного (б) по указанным сериям

Анализ структуры сообщества стрептомицетов черноземных почв показал, что эти почвы отличаются высокой биогенностью. В горизонтах А, АВ и ВСа доминируют *S. violaceomaculatus*, *S. sporotherbeus*, *S. aerionidulus*, *S. enduracidicus*, *S. grisinus* и 75% видов являются общими для ценозов этих почв, что доказывает высокое подобие видового разнообразия сообществ стрептомицетов исследованных черноземов.

В черноземе обыкновенном и южном максимальная доля принадлежит стрептомицетам секций Cinereus серий Chromogenes (12,5 и 13,6%), Achromogenes (37,5 и 22,7%) и секции Albus серии Albocoloratus (16,7 и 18,2% соответственно). Довольно высока численность (8,3 и 13,6%) в сообществе также видов серии Helvolus (рис. 2, а, б).

В черноземе типичном (Курский государственный заповедник, Россия) численность актиномицетов достигает сотен тысяч КОЕ/г почвы. Максимальная численность актиномицетов отмечена в верхних гумусированных горизонтах (Ад и А — от 100–150 тыс. КОЕ/г

Таблица 2. Индексы Маргалефа ( $D_{Mg}$ ), Бергера-Паркера ( $1/d$ ) и Серенсена ( $C_s$ ) для сообществ стрептомицетов в черноземах

Почва	$D_{Mg}$	$1/d$	$C_s$
Чернозем южный	4,3	5,6	0,78
Чернозем обыкновенный	4,1	8,3	0,78

почвы). Вниз по профилю почвы происходит снижение количества мицелиальных актинобактерий на два порядка (до 2 тыс. КОЕ/г почвы) и некоторое возрастание численности актиномицетов со вторым максимумом, отмеченным в карбонатных и/или гипсоносных горизонтах черноземов.

В черноземах обнаруживаются виды родов *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* [5]. Представители последнего составляют минорный компонент, по частоте встречаемости не превышающий 30% (отношение числа образцов, в которых род обнаружен, к общему числу проанализированных образцов). Наиболее часто виды рода *Streptosporangium* встречаются в горизонте Ад чернозема. Роды *Micromonospora* и *Streptomyces* являются доминирующими формами мицелиальных актинобактерий в этих почвах (частота встречаемости составляет 70 и 90% соответственно), причем численность микромоноспор в горизонтах А и Ад чернозема типичного часто превосходит количество представителей рода *Streptomyces*. Так, в горизонте А чернозема типичного численность стрептомицетов составляет 10 тыс. КОЕ/г почвы, в то время как численность микромоноспор — 70 тыс. КОЕ/г почвы. В горизонте Ад и подстилке эта разница может составить порядок.

Среди стрептомицетов в черноземах распространены виды, принадлежащие к секции *Cinereus* серий *Achromogenes*, *Chromogenes*, *Violaceus* и *Aureus*. На основании изучения динамики численности почвенных актиномицетов в ходе микробных сукцессий в черноземе определены показатели перекрывания экониш и установлены наиболее благоприятные условия для выделения популяций определенного таксономического спектра. Наиболее близкими оказались экониши у видов секции *Cinereus* серий *Violaceus* и *Aureus*, наиболее далекими — у видов секции *Cinereus* серий *Achromogenes* и *Chromogenes*. Установлено, что для большинства видов стрептомицетов наиболее благоприятные условия складываются на последних этапах сукцессии.

Гумусово-аккумулятивные горизонты (А0 и А) исследованных черноземов обладают большей биогенностью по сравнению с нижележащими слоями почвы, о чем свидетельствует уменьшение численности микроорганизмов вниз по профилю. Так, общее количество амилотических микроорганизмов снижается в 2,4–4,2 раза, а актиномицетов — в 1,3–3,4 раза. В черноземе типичном обнаруживаются актиномицеты родов *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium*. Представители рода *Streptosporangium* в черноземе типичном составляют минорный компонент. Наиболее близкими в черноземе типичном оказались экониши у видов секции *Cinereus* серий *Violaceus* и *Aureus*, наиболее далекими — у видов секции *Cinereus* серий *Achromogenes* и *Chromogenes*. Среди стрептомицетов чернозема обыкновенного и южного доминируют *S. violaceomaculatus*, *S. sporoherbeus*, *S. aerionidulus*, *S. enduracidicus* и *S. grisinus*.

1. Полянская Л. М., Суханова Н. И., Чакмазян К. В., Звягинцев Д. Г. Особенности изменения структуры микробной биомассы почв в условиях залежи // Почвоведение. – 2012. – № 7. – С. 792–798.
2. Кутузова Р. С., Сирота О. В., Орлова О. В., Воробьев Н. И. Микробное сообщество и анализ почвенно-микробиологических процессов в дерново-подзолистой почве // Там же. – 2001. – № 3. – С. 320–332.
3. Лысак Л. В., Семюнова Н. А., Буланкина М. А. и др. Бактерии в окультуренных почвах монастырей таежно-лесной зоны // Там же. – 2004. – № 8. – С. 976–985.
4. Андреев Е. И., Валагурова Е. В. Основы экологии почвенных микроорганизмов. – Киев: Наук. думка, 1992. – 190 с.
5. Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М. Экология актиномицетов. – Москва: ГЕОС, 2001. – 256 с.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 213 с.
7. Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А. и др. Определитель актиномицетов. Роды *Streptomyces*, *Streptoverticillum*, *Chainia*. – Москва: Наука, 1983. – 248 с.

8. Валагурова Е. В., Козырицкая В. Е., Иутинская Г. А. Актиномицеты рода *Streptomyces*, описание видов и компьютерная программа их идентификации. – Киев: Наук. думка, 2003. – 618 с.
9. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – Москва: Мир, 1992. – 184 с.
10. Гришко В. М., Сищикова О. В. Зміни чисельності і видового складу угруповань стрептоміцетів у забрудненому важкими металами ґрунті // Мікробіол. журн. – 2010. – 72, № 3. – С. 20–28.
11. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биология почв Юга России. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. – 350 с.
12. Cai Y., Xue Q., Chen Z. et al. Relation of soils actinomycetes specific composition with the environment of Cinhai-Tibet tableland east part // Chin. J. Appl. and Environ. Biol. – 2004. – 10, No 3. – P. 378–383.

Криворожский ботанический сад НАН Украины  
 Московский государственный университет  
 и.м. М. В. Ломоносова

Поступило в редакцию 25.03.2014

**В. М. Гришко, О. В. Сищикова, Г. М. Зенова, І. Ю. Чернов**

### **Особливості структурної організації угруповань міцеліальних актинобактерій у природних ґрунтах України і Росії**

*У генетичних горизонтах чорноземів частка актиномицетів у мікробіоценозі становить 30% загальної кількості мікроорганізмів. У чорноземах звичайному та південному серед стрептоміцетів домінують *S. violaceomaculatus* (секція *Roseus*), *S. sporotherbeus* (секція *Azureus*), *S. aerionidulus* (секція *Cinereus*), *S. enduracidicus* (секція *Cinereus*) і *S. grisinus* (секція *Cinereus*). У чорноземі типовому виявлено також актиномицети родів *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium*. Представники роду *Streptosporangium* в чорноземах типових становлять мінорний компонент. У чорноземі звичайному значення індексів Бергера–Паркера або видове різноманіття угруповання стрептоміцетів у 1,5 рази більше, ніж у чорноземі південному. Відмічена доволі висока схожість угруповання стрептоміцетів цих чорноземних ґрунтів (коефіцієнт Серенсена 0,78).*

**V. M. Gryshko, O. V. Syshchykova, G. M. Zenova, I. Yu. Chernov**

### **Features of the structural organization of mycelial actinobacteria communities in natural soils of Ukraine and Russia**

*In the genetic horizons of chernozems, the share of actinomycetes in microbocenosis makes 30% of the total number of microorganisms. In the usual and southern chernozems, *S. violaceomaculatus* (section *Roseus*), *S. sporotherbeus* (section *Azureus*), *S. aerionidulus* (section *Cinereus*), *S. enduracidicus* (section *Cinereus*), and *S. grisinus* (section *Cinereus*) dominate. In the typical chernozem, actinomycetes from the genus *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* are also found. Representatives of the genus *Streptosporangium* in typical chernozems make a minor component. In the usual chernozem, the values of Berger–Parker index (or the specific variety of a community) is by 1.5 times more than in the southern chernozem. The high similarity of the communities of streptomycetes of these chernozem soils (Serensen's coefficient is equal to 0.78) is found.*