

РІЗНОМАНІТТЯ СТРЕПТОМИЦЕТІВ У ТЕХНОЗЕМАХ ВІДВАЛІВ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗОРУДНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ЗА ЇХ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ДЕРЕВНИМИ РОСЛИНАМИ

Криворізький ботанічний сад НАН України

Показано, що найбільше видове багатство стрептомицетів відмічено на ділянці відвалу під насадженнями робінії псевдоакації (в 1,6 разу вище в порівнянні із сосною кримською та в 2,6 разу – у порівнянні зі свіжовідсипаним відвалом), що може свідчити про створення найбільш сприятливих умов для формування сталого ценозу стрептомицетів на даній моніторинговій ділянці. Серед виділених видів доміантними були *St. dayalbaghensis*, *St. sporostellatus*, *St. conganensis* і *St. albocrustus*.

Ключові слова: стрептомицети, біорізноманіття, техноземи, рекультивація.

О. В. Сыщикова, В. Н. Гришко

Криворожский ботанический сад НАН Украины

РАЗНООБРАЗИЕ СТРЕПТОМИЦЕТОВ В ТЕХНОЗЕМАХ ОТВАЛОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРИ ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Показано, что наибольшее видовое богатство стрептомицетов отмечено на участке отвала под насаждениями робинии псевдоакации (в 1,6 раза выше по сравнению с сосной крымской и в 2,6 раза – по сравнению со свежесыпанным отвалом), что может свидетельствовать о создании благоприятных условий для формирования устойчивого ценоза стрептомицетов на данном мониторинговом участке. Среди выделенных видов доминантными были *St. dayalbaghensis*, *St. sporostellatus*, *St. conganensis* и *St. albocrustus*.

Ключевые слова: стрептомицеты, биоразнообразие, техноземи, рекультивация.

O. V. Syshchikova, V. N. Grishko

Krivoy Rog Botanical Garden of NAS of Ukraine

VARIETY OF STREPTOMYCETES IN TECHNOZEMS OF IRON-ORE INDUSTRY ENTERPRISES DUMPS AT THEIR RECULTIVATION BY WOODY PLANTS

The most species diversity of streptomyces is recorded on the area of dump under the planting of locust (in 1,6 time higher as compared with a pine Crimean and in 2,6 time – with the dump). This indicates of favorable conditions for stable streptomyces cenosis formation on this monitoring area. Among the selected species the dominant ones were *St. dayalbaghensis*, *St. sporostellatus*, *St. conganensis* and *St. albocrustus*.

Keywords: streptomyces, biodiversity, technozems, recultivation.

Інтенсивний видобуток і переробка корисних копалин у Криворізькому залізрудному басейні призводить до утворення відвалів розкритих порід і значного негативного впливу на природне середовище. У процесі видобутку та подальшої переробки сировини порушуються, а в деяких випадках повністю руйнуються сформовані біогеоценози, тому суттєво змінюються й умови існування мікробіоти в зазначених техноземах. Безсумнівно, це відображається і на здійсненні ґрунтом біогеоценотичних функцій, які проявляються у формуванні специфічних мікробних ценозів.

Дослідженнями І. Х. Узбека показано, що вік відвалу та формування рослинного покриву значно впливають на пул мікроорганізмів у цих ґрунтах. Культурфітоценози сприяють збільшенню кількості мікроорганізмів у верхніх шарах едафотопів та стабілізації конструкції мікробного ценозу відповідно до фізико-хімічних властивостей різних техноземів (Узбек, 2001, 2006). Позитивний вплив рослинності на формування мікробного ценозу та покращення структури верхнього шару фосфогіпсових відвалів підтверджений також і в роботі В. Марска (1999). Л. В. Єстеревською та ін. доведено, що рослинний по-

крив активно впливає на ґрунтовірний процес через збалансування структури і підвищення функціональної активності мікробних угруповань. Збільшується кількість грибів, актиноміцетів, бактерій, які засвоюють азот з органічних сполук і виконують первинну деструкцію рослинного матеріалу вищих рослин (Етеревская, 2006).

Наведені вище літературні дані дають можливість констатувати, що на сьогодні актуальними є дослідження впливу рослинного фактора на формування сталих угруповань стрептоміцетів у техноземах, які до цього практично не вивчалися. Зокрема, недостатньо досліджені зміни кількісного й таксономічного складу ценозу стрептоміцетів за біологічної рекультиваци відвалів гірничорудних підприємств різними породами деревних рослин. Розв'язання зазначеного питання сприятиме створенню штучних рослинних насаджень з оптимальними умовами мінерального живлення рослин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на відвалах Першотравневого кар'єру ВАТ «Північний гірничозбагачувальний комбінат» (м. Кривий Ріг) у 35-річних насадженнях робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia* L.) та сосни кримської (*Pinus pallasiana* D. Don.), а також на ділянці свіжовідсипаного відвалу (1 рік відсипки). Відбір ґрунтових зразків проводили за загальноприйнятими методиками на глибині 0–10, 10–20 та 20–30 см (Методы почвенной микробиологии ..., 1980). Для посіву й подальшого виділення стрептоміцетів готували ґрунтову суспензію, яку висівали на тверде живильне середовище – крохмале-аміачний агар. Підрахунок колоній проводили на 7–10-ту добу. Виділення чистої культури стрептоміцетів здійснювали чашковим методом виснажувального штриха з подальшим перенесенням культури з ізолюваної колонії в пробірку (Руководство к практическим занятиям по микробиологии, 1995). Ідентифікацію мікроорганізмів роду *Streptomyces* проводили з використанням методичних вказівок визначника актиноміцетів Г. Ф. Гаузе (Определитель актиномицетов, 1983), опису видів актиноміцетів роду *Streptomyces* (Валагурова, 2003) та комп'ютерної програми їх ідентифікації *StmId*. Для аналізу структури угруповань стрептоміцетів техноземів використовували загальноприйняті в екології інформативні критерії. Ступінь домінування виду, видове різноманіття, або вирівняність угруповання, розраховували за індексом Бергера-Паркера. Для оцінки видового багатства угруповань стрептоміцетів застосовували індекс Маргалефа, значення якого залежить від кількості рідкісних видів (Мэгарран, 1992).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті проведених досліджень встановлено, що в техноземі свіжовідсипаного відвалу навесні і влітку угруповання стрептоміцетів було моновидовим, оскільки з цього субстрату виділений лише один вид – *St. griseus* із секції *Cinereus* серії *Achromogenes* (табл. 1). Тому індекс Бергера-Паркера для зазначеного випадку дорівнював 1,0. Восени відмічене зростання видового різноманіття ценозу стрептоміцетів, свідченням чого є збільшення майже в 4 рази індексу Бергера-Паркера (табл. 2). Домінуючим видом восени в шарі 0–10 і 20–30 см був *St. griseus*, відсоток участі якого в угрупованні становив 34,6 і 21,4 % відповідно, а в шарі 10–20 см – *St. lactogriseus* із секції *Cinereus* серії *Achromogenes* (20 %). Таким чином, у техноземах свіжовідсипаного відвалу формуються специфічні мікробні консорції піонерного типу, які вже здатні до здійснення біохімічної трансформації та деструкції мінеральних і органічних речовин техноземів, що сприяє наростанню біогеохімічної активності екосистеми.

Аналіз змін у складі ценозу стрептоміцетів технозему під насадженнями робінії псевдоакації показав зростання індексу Маргалефа в середньому в 1,6 разу в порівнянні з ділянкою під сосною кримською і в 2,6 разу – зі свіжовідсипаним відвалом. Навесні в ценозі стрептоміцетів переважали *St. aerionidulus*, *St. griseus* і *St. subhalophilus* (із секцій *Cinereus* та *Albus*), доля участі яких становила 25 % у шарі 0–10 см, для всіх інших видів відсоток участі не перевищував 9 % (табл. 1). У шарі 10–20 см виділені лише 4 види, серед яких найбільш широко представленими були *St. sporostellatus* (40 %) і *St. septisporus* (46,6 %), а в шарі 20–30 см ідентифіковано 5 видів, серед яких домінував *St. sporostellatus* (72 %). Влітку в усіх шарах технозему

домінуючим видом був *St. griseus*, доля участі якого становила від 30 до 50 %, а во-
сени тільки 3 види стрептоміцетів займали провідне положення в угрупованні
(*St. conganensis*, *St. griseus* і *St. subhalophilus*).

Таблиця 1

Участь видів в угрупованні стрептоміцетів (%) у технозомах відвалу

Вид	0–10 см			10–20 см			20–30 см		
	Весна	Літо	Осінь	Весна	Літо	Осінь	Весна	Літо	Осінь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Свіжовідсипаний відвал									
<i>St. aerionidulus</i> (C-Ch)	—	—	14,3	—	—	15,0	—	—	7,1
<i>St. albocrustosus</i> (R-Fu)	—	—	—	—	—	—	—	—	10,7
<i>St. atratus</i> (C-Ach)	—	—	—	—	—	7,5	—	—	—
<i>St. brasiliensis-1</i> (A-Ac)	—	—	—	—	—	5,0	—	—	—
<i>St. canadensis</i> (C-Ch)	—	—	—	—	—	2,5	—	—	3,6
<i>St. conganensis</i> (C-Ach)	—	—	—	—	—	—	—	—	17,9
<i>St. dayalbaghensis</i> (A-Ac)	—	—	8,2	—	—	12,5	—	—	—
<i>St. enduracidicus</i> (C-Ch)	—	—	—	—	—	2,5	—	—	—
<i>St. fragmentosporus</i> (A-A)	—	—	—	—	—	5,0	—	—	—
<i>St. globosus</i> (C-Ch)	—	—	8,2	—	—	12,5	—	—	—
<i>St. griseus</i> (C-Ach)	—	100	34,6	100	—	12,5	100	—	21,4
<i>St. lactogriseus</i> (C-Ach)	—	—	4,1	—	—	20,0	—	—	3,6
<i>St. spitsbergensis</i> (R-Fu)	—	—	—	—	—	—	—	—	7,1
<i>St. sporostellatus</i> (C-Ach)	—	—	16,3	—	—	—	—	—	17,9
<i>St. subhalophilus</i> (A-Ac)	—	—	14,3	—	—	5,0	—	—	10,7
Відвал з насадженнями робінії псевдоакації									
<i>St. aerionidulus</i> (C-Ch)	25,0	6,7	3,2	—	5,0	4,8	—	—	—
<i>St. albocrustosus</i> (R-Fu)	—	—	9,7	—	—	—	—	—	—
<i>St. atratus</i> (C-Ach)	—	—	—	—	5,0	—	—	—	—
<i>St. brasiliensis-1</i> (A-Ac)	—	—	—	—	—	4,8	—	—	11,1
<i>St. conganensis</i> (C-Ach)	—	—	19,4	—	—	19,0	—	—	22,2
<i>St. curacoi</i> (Az-Co)	—	—	—	—	—	14,3	—	—	11,1
<i>St. dayalbaghensis</i> (A-Ac)	—	—	—	—	—	—	—	16,7	—
<i>St. ederensis</i> (C-Ach)	—	10,0	3,2	—	5,0	—	11,1	8,3	—
<i>St. enduracidicus</i> (C-Ch)	2,3	10,0	—	6,7	—	14,3	5,6	—	11,1
<i>St. fragmentosporus</i> (A-A)	9,1	6,7	—	—	—	—	—	—	—
<i>St. globosus</i> (C-Ch)	—	3,2	—	—	5,0	—	—	—	—
<i>St. griseus</i> (C-Ach)	25,0	26,7	3,2	6,7	30,0	19,0	—	50,0	22,2
<i>St. lactogriseus</i> (C-Ach)	6,8	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>St. luteolucescens</i> (Hf-H)	—	—	3,2	—	—	—	—	—	—
<i>St. nigriaromaticus</i> (C-Ch)	—	—	12,9	—	—	14,3	—	—	11,1
<i>St. septisporus</i> (C-Ch)	—	20,0	—	40,0	15,0	—	5,6	—	—
<i>St. spitsbergensis</i> (R-Fu)	—	—	3,2	—	—	—	—	—	—
<i>St. sporoherbeus</i> (Az-Co)	6,8	—	—	—	—	—	5,6	—	—
<i>St. sporostellatus</i> (C-Ach)	—	6,7	19,4	46,6	25,0	9,5	72,1	25,0	11,1
<i>St. subhalophilus</i> (A-Ac)	25,0	—	22,6	—	10,0	—	—	—	—
<i>St. violaceomaculatus</i> (R-Ro)	—	10,0	—	—	—	—	—	—	—
Відвал з насадженнями сосни кримської									
<i>St. aerionidulus</i> (C-Ch)	—	8,4	8,5	—	1,7	19,7	—	—	18,8
<i>St. albocrustosus</i> (R-Fu)	—	—	—	—	34,2	—	—	27,7	—
<i>St. alboflaveolus</i> (Hf-H)	—	—	3,5	—	—	—	—	—	—
<i>St. atratus</i> (C-Ach)	—	—	—	—	9,2	—	—	—	—
<i>St. brasiliensis-1</i> (A-Ac)	—	—	—	—	—	—	—	—	7,8
<i>St. caelestis</i> (Az-Co)	—	—	12,5	—	—	—	—	—	—
<i>St. canadensis</i> (C-Ch)	20,0	—	—	6,7	—	—	4,3	—	—
<i>St. conganensis</i> (C-Ach)	—	10,0	14,5	—	—	—	—	8,5	4,7
<i>St. curacoi</i> (Az-Co)	—	—	—	—	—	—	—	17,0	—
<i>St. dayalbaghensis</i> (A-Ac)	—	12,0	—	—	9,2	27,6	—	14,9	15,6
<i>St. ederensis</i> (C-Ach)	—	—	—	—	8,3	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>St. enduracidicus</i> (C-Ch)	—	—	6,5	—	—	14,5	—	—	37,5
<i>St. fragmentosporus</i> (A-A)	—	—	—	5,2	—	—	14,5	—	—
<i>St. globosus</i> (C-Ch)	—	—	19,0	—	—	9,2	—	—	10,9
<i>St. griseus</i> (C-Ach)	28,4	10,0	12,5	20,9	3,3	—	36,2	6,4	—
<i>St. nidulosus</i> (C-Ach)	—	7,1	—	—	—	—	—	—	—
<i>St. nigriaromaticus</i> (C-Ch)	—	26,7	—	—	18,3	—	—	14,9	—
<i>St. salmonicolor</i> (C-Ch)	—	—	4,5	—	—	—	—	—	—
<i>St. septisporus</i> (C-Ch)	21,1	15,8	—	6,7	5,8	—	5,8	2,1	—
<i>St. sporoherbeus</i> (Az-Co)	—	—	6,5	—	—	—	—	—	—
<i>St. spororutilis</i> (C-Ach)	5,3	—	—	4,5	—	—	2,9	—	—
<i>St. sporostellatus</i> (C-Ach)	25,2	10,0	7,5	56,0	10,0	—	36,2	8,5	—
<i>St. subhalophilus</i> (A-Ac)	—	—	—	—	—	14,5	—	—	3,1
<i>St. violaceomaculatus</i> (R-Ro)	—	—	4,5	—	—	14,5	—	—	—

Примітка. Скорочені назви секцій та серій стрептоміцетів: A – Albus, Ac – Albocoloratus, Az – Azureus, Co – Coerulescens, C – Cinereus, Ch – Chromogenes, Ach – Achromogenes, Fu – Fuscus, Hf – Helvolorum-flavus, H – Helvolus, R – Roseus, F – Fradiae, Ro – Roseoviolaceus.

Дослідження структури угруповання стрептоміцетів технозему під насадженнями сосни кримської показали збіднення їх ценозу навесні, підтвердженням чого є дуже низькі значення індексу видового багатства угруповання і біологічного різноманіття (табл. 2). Установлено, що в шарі 0–10 см *St. griseus* був домінантом з долею участі в ценозі 28,4 %, а *St. sporostellatus* переважав в усіх шарах технозему (з коливаннями відсотку участі від 25 до 56 %). Влітку в шарі технозему 0–10 см домінував *St. nigriaromaticus* (секція Cinereus серія Chromogenes), а в глибших шарах – *St. albocrustus* (секція Roseus серія Fuscus), відсоток участі якого – від 28 до 34 %. Підвищення видового різноманіття угруповання обумовлює і зростання значень індексу Бергера-Паркера. Восени в едафотопі цієї моніторингової ділянки домінують *St. dayalbaghensis* (27,6 %) і *St. enduracidicus* (37,5 %).

Таблиця 2

Індекси екологічного різноманіття угруповань ґрунтових стрептоміцетів

Моніторингова ділянка	Dmg			1/d		
	Весна	Літо	Осінь	Весна	Літо	Осінь
Ділянка 1	0	0	2,9	1,0	1,0	3,9
Ділянка 2	2,0	2,7	2,9	3,4	3,1	5,1
Ділянка 3	0,8	1,8	2,2	2,7	4,4	7,1

Примітка. Ділянка 1 – свіжовідсипаний відвал; ділянка 2 – відвал з насадженнями робінії псевдоакації; ділянка 3 – відвал з насадженнями сосни кримської; Dmg – індекс Маргалєфа, 1/d – індекс Бергера-Паркера.

Таким чином, у результаті проведених досліджень установлено, що в петроморфних техноземах відвалів під насадженнями робінії псевдоакації створюються найбільш сприятливі умови для формування сталого ценозу стрептоміцетів, у порівнянні з насадженнями сосни кримської, свідченням чого може бути збільшення видового багатства ценозу стрептоміцетів в 1,6 рази, а домінантними (за проведеними нами раніше дослідженнями (Сыщикова, 2007)) були резистентні до забруднення важкими металами види (*St. dayalbaghensis*, *St. sporostellatus*, *St. conganensis* і *St. albocrustus*).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Валагурова Е. В. Актиномицеты рода Streptomyces, описание видов и компьютерная программа их идентификации / Е. В. Валагурова, В. Е. Козырицкая, Г. А. Иутинская. – К.: Наук. думка, 2003. – 618 с.

Етеревская Л. В. Научные основы и прикладные аспекты восстановления почвенного покрова в техногенных ландшафтах Украины / Л. В. Етеревская, А. Ф. Момот, Л. В. Лехциер // История і сучасність ґрунтознавства і агрохімії в Україні. – Х., 2006. – С.112-129.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 213 с.

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 184 с.

Определитель актиномицетов. Роды *Streptomyces*, *Streptoverticillum*, *Chainia* / Г. Ф. Гаузе, Т. П. Преображенская, М. А. Свешникова, Л. П. Терехова, М.С. Максимова. – М.: Наука, 1983. – 248 с.

Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Н. С. Егорова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 224 с.

Сыщикова О. В. Видовое разнообразие стрептомицетов в почвах, загрязненных тяжелыми металлами / О. В. Сыщикова // Материалы Междунар. науч. конф. «Микроорганизмы и биосфера». – М., 2007. – С. 119-120.

Узбек І. Х. Еколого-біологічна оцінка едафотопів техногенних ландшафтів степової зони України: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.16 / І. Х. Узбек / Дніпропетровський національний університет. – Д., 2001. – 36 с.

Узбек И. Х. Микробоценозы эдафотопов техногенных ландшафтов степной зоны Украины / И. Х. Узбек, В. И. Шемавнев // Грунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 1-2. – С. 128-132.

Marska B., Gdula B., Malinowska K. Wplyw biohumusu na mikroflorę wierzchniej warstwy hatdy fosfogipsu // Folia Univ. agr. Stetin. Agr. – 1999. – № 78. – С. 161-165.

Надійшла до редколегії 05.08.09