

МІКРОБІОЛОГІЯ

УДК 631.46.631.445.41:631.84

ПЕРЕБІГ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ, ЗАБРУДНЕНОМУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

© 2013 р. **І. М. Малиновська¹, Ю. І. Літвін²**

¹*Національний науковий центр «Інститут землеробства*

Національної академії аграрних наук України»

(Чабани, Київська обл., Україна)

²*Національний авіаційний університет*

(Київ, Україна)

Досліджували перебіг мікробіологічних процесів у сірому лісовому ґрунті, забрудненому зростаючими дозами важких металів протягом доби. Встановлено, що підвищення рівня забруднення поллютантами призводить до зміни чисельності і фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних і функціональних груп. Індикаторними групами на забруднення важкими металами виявилися азотобактер, пігментують мікроміцети і денітрифікатори, чисельність яких у ґрунті без рослин зменшується прямо пропорційно збільшенню дози забруднення: при 5 ГДК – на 1,85%, при 10 ГДК – у 2,4 раза, при 100 ГДК – у 55,7 раза. В результаті забруднення змінюється спрямованість мінералізаційних процесів: в ґрунті без рослин мінералізація сполук азоту інтенсифікується у 2,54 – 3,35 раза, у кореневій зоні – у 1,70-5,96 раза; істотно прискорюється процес освоєння органічної речовини ґрунту. За відсутності рослин короткотермінове забруднення ґрунту важкими металами не впливає на активність мінералізації гумусу, а у кореневій зоні рослин призводить до уповільнення розкладання гумусових сполук на 17,2-35,8%.

Ключові слова: *мікроорганізми, еколого-трофічні групи, азотобактер, мінералізація, гумус, фітотоксичність, забруднення важкими металами*

Ґрунт є основним середовищем, в якому накопичуються важкі метали, в тому числі з атмосфери і водного середовища. Він також служить джерелом вторинного забруднення повітря і вод, які потрапляють з нього у Світовий океан. З ґрунту важкі метали засвоюються рослинами, а далі за трофічними ланцюгами потрапляють до організму тварин та людини, що становить загрозу стану їх здоров'я. Встановлено, що 57-74% цих металів при антропогенному забрудненні фіксуються в шарі ґрунту 0-10 см і тільки 3-8% мігрують до глибини 30-40

см (Соколова и др., 2006; Головка и др., 2008). З часом вони повільно видаляються при вилуговуванні, споживанні рослинами, ерозії і дефляції ґрунтів.

Україна – аграрна країна, більша частина якої зайнята землями сільськогосподарського призначення, велика кількість яких вже забруднена важкими металами. Інша частина земель знаходиться у зонах потенційної небезпеки забруднення. У зв'язку з цим набуває актуальності питання необхідності організації і проведення постійних спостережень, оцінки і прогнозування екологічного стану ґрунтів. Найбільш чутливими об'єктами до впливу важких металів у цих процесах виступають мікроорганізми. Тому представників окремих груп мік-

Адреса для кореспонденції: Малиновська Ірина Михайлівна, ННЦ «Інститут землеробства НААН України», вул. Машинобудівників, 2Б, с.м.т. Чабани, Київська обл., Україна;
e-mail: selectio@ukrpack.net

роорганізмів можна використовувати як індикатор для такого моніторингу.

Мета роботи – дослідження впливу короткочасного забруднення зростаючими дозами важких металів на перебіг мікробіологічних процесів у сірому лісовому ґрунті.

МЕТОДИКА

Модельний дослід був проведений з використанням сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту моніторингового полігону відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур та кукурудзи ННЦ «Інститут землеробства НААН» (дослідне господарство "Чабани", Києво-Святошинський район Київської області). У 0-20 см шарі ґрунту містилося: гумусу 2,74%, лужногідролізованого азоту 9,33 мг, рухомого фосфору 36,8 мг та обмінного калію 15,3 мг на 100 г сухого ґрунту, $pH_{(KCl)}$ – 5,6. Фітоценоз ділянок перелогу сформувався у результаті спонтанного заростання протягом 23 років і представлений, в основному, злаковими травами. Ґрунт відбирали восени і перед проведенням дослідів відновлювали його біологічну активність шляхом зволоження та термостатування за 25°C протягом 21 доби. Досліджували варіанти із штучно створеними фонами цинку і свинцю: перевищення ГДК у 5 разів (30 мг Pb і 115 мг Zn на 1 кг ґрунту); перевищення ГДК у 10 разів (60 мг Pb і 230 мг Zn на 1 кг ґрунту); перевищення ГДК у 100 разів (600 мг Pb і 2300 мг Zn на 1 кг ґрунту). Важкі метали вносили у вигляді солей $Pb(NO_3)_2$ і $ZnCl_2$. При створенні фонів забруднення зважали на кислоторозчинну фракцію металів, оскільки саме вона вважається основною техногенною складовою у запасі важких металів у ґрунті. Контрольним зразком слугував ґрунт із природною концентрацією важких металів.

За вісім діб до внесення важких металів у частину посудин висівали насіння кукурудзи. У контрольні посудини для вирівнювання вмісту азоту вносили розчин KNO_3 у відповідній концентрації.

Стан мікробіоценозу вивчали через одну добу після внесення важких металів. Чисельність і фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп, спрямованість мікробіологічних процесів визначали методами, описаними раніше (Малиновська та ін., 2011).

Статистичний аналіз результатів проводили з використанням комп'ютерного програмного пакета Microsoft Office.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У результаті проведених досліджень встановлено, що внесення важких металів у дозах 5-100 ГДК протягом доби призводить до зміни кількості мікроорганізмів: чисельність мікроорганізмів окремих груп із підвищенням рівня забруднення зростає (нітрифікатори), інших – зменшується (амоніфікатори, автохтонні мікроорганізми), або не реагує на дію поллютанту на популяційному рівні (педотрофи) (табл. 1). Виявлені групи мікроорганізмів, чисельність яких у ґрунті без рослин в результаті забруднення знижується, а у кореневій зоні – збільшується. Це – мікроміцети і целюлозоруйнуючі мікроорганізми. Для стрептоміцетів і олігонітрофілів спостерігалася зворотна тенденція: у ґрунті без рослин їхня чисельність збільшувалася, а у кореневій зоні – зменшувалася. Таку різноплановість дії важких металів можна пояснити різними механізмами дії поллютантів на мікроорганізми певних еколого-трофічних груп, а також протекторною дією рослин та їх метаболітів на представників різних груп мікроорганізмів.

Зниження чисельності амоніфікуючих мікроорганізмів спостерігалася як у варіантах без рослин, так і з фітоценозом (табл.1). Внесення важких металів у дозі 5 ГДК призводило до зниження чисельності амоніфікуючих мікроорганізмів порівняно з контролем у ґрунті без рослин в 2,26 раза, у ґрунті із фітоценозом – в 3,04 раза, при збільшенні дози важких металів до 10 ГДК відповідні показники склали 2,63 і 6,90 раза. У варіанті із внесенням 100 ГДК фітоценоз починав гинути протягом перших годин після додавання поллютанту, тому у ризосфері збільшувалася чисельність амоніфікаторів, які розкладають кореневі волоски і залишки коренів відмерлих рослин. За цієї ж причини вказаний варіант дослідів відрізнявся підвищеною чисельністю целюлозоруйнуючих мікроорганізмів і нітрифікаторів. Отримані дані щодо зниження чисельності органотрофів під впливом важких металів збігаються з результатами експериментів К.І. Андреюк із співавт. (2001).

Вплив важких металів на чисельність іммобілізаторів мінерального азоту не такий істотний, як на кількість амоніфікаторів, і виявляється, головним чином, у варіантах із фітоце-

ПЕРЕБІГ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Таблиця 1. Вплив важких металів на чисельність мікроорганізмів у сірому лісовому ґрунті протягом першої доби, млн. КУО*/г абсолютно сухого ґрунту

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок ґрунту	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлозоруйнуючі	Полісахарид-синтезуючі	Автохтонні	Стрептоміцети	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	K _r	Кислотоутворюючі	Меланінутворючі мікроміцети	Загальна кількість мікроорганізмів
Контроль без рослин	637,2	78,3	17,5	37,4	137,4	0,037	51,6	99,1	5,00	13,2	7,9	0,383	26,9	0,825	39,2	0,025	1148,0
Контроль + фітоценоз	668,9	120,9	40,3	34,8	137,2	0,046	46,5	79,8	7,06	11,1	24,5	0,220	33,0	1,399	32,8	0,050	1238,3
5 ГДК** без рослин	282,3	88,0	26,2	19,6	135,0	0,070	34,4	82,2	1,64	8,5	15,5	0,143	49,1	0,470	9,41	0,098	758,3
5 ГДК + фітоценоз	219,7	67,6	27,8	43,2	24,9	0,191	45,6	86,2	6,22	8,0	16,6	0,282	8,70	0,362	15,3	0,050	556,6
10 ГДК без рослин	428,0	99,6	37,7	20,4	57,2	0,178	45,3	133,1	2,93	9,9	22,5	0,191	75,8	0,910	14,0	0,121	957,2
10 ГДК + фітоценоз	97,0	104,6	38,0	14,4	27,1	0,067	52,7	141,7	0,844	9,8	21,5	0,569	20,9	0,687	22,8	0,055	656,5
100 ГДК без рослин	494,8	57,3	29,3	17,4	2,47	0,058	40,4	61,4	0,825	11,1	16,1	0,235	12,0	0,671	13,6	0,165	769,7
100 ГДК + фітоценоз	850,6	96,3	29,8	12,0	25,9	0,250	53,1	152,8	1,94	10,8	18,1	0,138	33,2	1,52	22,5	0,123	1323,3
НІР ₀₅	21,2	7,82	6,54	3,00	3,02	0,007	5,04	2,14	0,25	0,73	1,02	0,06	2,35	0,70	0,002		

*КУО – колонієутворююча одиниця, **ГДК – гранично допустима концентрація.

нозом (табл. 1). Можливо, механізм впливу важких металів на імобілізатори мінерального азоту є опосередкованим, важкі метали діють саме на рослини, які змінюють склад корневих виділень, і це знаходить відбиття у зміні чисельності мікроорганізмів певних груп.

До важливої групи мікроорганізмів, які відіграють важливу роль у накопиченні у ґрунті біологічного азоту і є індикаторами екологічної чистоти ґрунту, належить азотобактер, чисельність якого зменшується при внесенні багатьох політантів, зокрема нафтопродуктів (Малиновська та ін., 2010, 2011). Підтвердженням цього припущення є експериментальні дані щодо чисельності азотобактера за внесення важких металів: вона зменшувалася при дозі важких металів 5 ГДК у ґрунті без рослин на 90,8%, у кореневій зоні фітоценозу – на 50,0%, за 10 ГДК відповідні показники склали 83,3 і 141,7%, за 100 ГДК – 114,9 і 190,0%. Отже, за невеликих рівнів забруднення кількість азотобактера повільніше зменшується у кореневій зоні фітоценозу, а при 10 і 100 ГДК – за відсутності фітоценозу. Можливо, за невисоких рівнів забруднення рослини виконують протек-

торну функцію щодо азотобактера, а при високих рівнях забруднення не можуть її виконувати через біохімічний стрес. Чутливість азотобактера до антропогенних забруднювачів і можливість використання його чисельності як показника забруднення ґрунту підтвердили й інші дослідники (Kolosvary, 1998). При внесенні у ґрунт суміші солей важких металів ($Cd^{2+} + Cu^{2+} + Pb^{2+} + Zn^{2+}$) чисельність азотобактера зменшувалася пропорційно кількості політантів, а швидкість відновлення природних популяцій цих діазотрофів була зворотною рівню забруднення. Так, при дозі металів 10 ГДК вона становила 30 діб, а при 20 ГДК навіть через 90 діб кількість азотобактера була в 1,8 раза меншою, ніж у незабрудненому ґрунті.

Денітрифікатори виявилися дуже чутливими до забруднення важкими металами при короткострокових термінах спостережень (табл. 1). Їхня чисельність у ґрунті без рослин зменшується прямо пропорційно збільшенню дози забруднення: при 5 ГДК – на 1,85%, при 10 ГДК – у 2,40 раза, при 100 ГДК – у 55,7 раза. У присутності рослин чисельність денітрифікаторів знижується до певної величини, на яку не

Таблиця 2. Імовірність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻²) у сірому лісовому ґрунті за різних рівнів забруднення важкими металами

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Денітрифікатори	Педографі	Автохтонні	Целюлозоруйнуючі	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів
Контроль без рослин	1,43	1,49	0,634	0,975	0,503	3,56	4,20	0,110	3,44
Контроль + фітоценоз	0,390	1,13	0,451	0,533	0,528	3,99	2,30	0,194	0,760
5 ГДК* без рослин	1,46	1,81	0,608	0,096	0,511	4,32	1,02	0,302	5,26
5 ГДК + фітоценоз	0,596	1,29	0,788	2,89	0,743	5,13	3,03	0,150	3,38
10 ГДК без рослин	0,993	1,94	0,124	0,439	0,334	4,13	1,52	0,224	13,2
10 ГДК + фітоценоз	3,29	0,930	0,463	3,06	0,688	4,09	0,692	0,074	1,56
100 ГДК без рослин	0,601	1,45	0,111	0,930	0,287	5,12	5,50	0,181	2,89
100 ГДК + фітоценоз	0,548	0,993	0,423	4,18	0,796	4,18	1,14	0,313	0,930

* – тут і в табл. 3 ГДК – гранично допустима концентрація.

впливає доза поллютанту. Отже, групу денітрифікаторів можна вважати діагностичною на забруднення важкими металами при короткострокових термінах забруднення на ґрунтах без вегетуючого фітоценозу. Механізм швидкого впливу важких металів на чисельність денітрифікаторів пов'язаний, можливо, із їх дією на окисно-відновні ферменти (Nies et al., 2007).

Чисельність нітрифікаторів у ґрунті без рослин збільшується в результаті внесення важких металів у декілька разів, і тільки при максимальній дозі важких металів – 100 ГДК – зменшується, можливо через токсичну дію важких металів на ферменти дихального ланцюга (Nies et al., 2007). У кореневій зоні фітоценозу внесення важких металів за всіх використаних доз призводить до суттєвого збільшення чисельності нітрифікаторів.

У деяких випадках нами отримано результати, які не збігаються із загальноприйнятою думкою про стійкість різних груп мікроорганізмів до важких металів. Наприклад, вважається, що мікроміцети, а в окремих випадках і стрептоміцети, стійкіші до дії важких металів порівняно із бактеріями (Колесников, 1991; Doelman, 1994). В умовах нашого дослідження в перші строки після внесення іонів металів чисельність КУО мікроміцетів зменшувалася більшою мірою, ніж бактерій. Зокрема, чисельність мікроміцетів зменшувалася порівняно із незабрудненим ґрунтом при 5 ГДК в 2,68 раза,

10 ГДК – 2,0, при 100 ГДК – 1,63 раза, тоді як загальна чисельність прокариотів в ґрунті без рослин зменшувалася приблизно однаково незалежно від дози поллютанту – приблизно в 1,5 раза. Потребує додаткових пояснень факт більшого інгібування росту мікроміцетів при менших дозах поллютанту. В кореневій зоні рослин мікроміцети дійсно є більш стійкими до токсичної дії іонів важких металів, і їх чисельність навіть зростає із збільшенням дози забруднювача, можливо, через відмирання кореневих волосків або збільшення проникності клітинних мембран.

Здатність до утворення меланоїдних пігментів у мікроорганізмів часто розцінюється як захисна реакція на антропогенне забруднення (Жданова, 1988). В наших дослідженнях забруднення важкими металами вже через добу інтенсифікувало синтез меланіноподібних пігментів і збільшення чисельності меланінсинтезуючих мікроміцетів за 5 ГДК склало 3,92 раза, за 10 ГДК – 4,84, за 100 ГДК – 6,6 раза (табл. 1). У кореневій зоні рослин кількість меланінутворюючих мікроміцетів не залежить від дози забруднювача, за винятком варіанта із 100 ГДК, де спостерігалось збільшення кількості їх КУО у 2,46 раза. Отже, вже за короткострокового забруднення мікроорганізми використовують синтез меланоїдних пігментів для захисту від токсичної дії іонів важких металів. Особливо активно процес проходить в ґрунті без рослин і

ПЕРЕБІГ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Таблиця 3. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості сірого лісового ґрунту за різних рівнів забруднення важкими металами

Варіант	Індекс педотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Інтенсивність респірації ґрунту, мг CO ₂ /кг ґрунту	Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г		
						стебло	коріння	загальна маса
Контроль без рослин	0,081	0,027	0,123	25,5	219,9	9,16	6,88	16,4
Контроль + фітоценоз	0,070	0,060	0,181	23,9	494,2	9,26	7,18	16,9
5 ГДК без рослин	0,122	0,093	0,312	24,8	263,7	8,20	8,13	16,6
5 ГДК + фітоценоз	0,208	0,126	0,308	17,6	534,0	8,32	8,27	16,9
10 ГДК без рослин	0,106	0,088	0,233	21,9	305,3	7,91	6,75	14,9
10 ГДК + фітоценоз	0,543	0,391	1,08	18,6	331,8	7,46	6,87	14,7
100 ГДК без рослин	0,082	0,059	0,116	27,3	95,8	Внаслідок великої токсичності ґрунту насіння тест-культури не проросло		
100 ГДК + фітоценоз	0,062	0,035	0,113	20,4	56,0	0,05	0,04	0,04
НІР ₀₅								

в кореневій зоні рослин за максимального рівня забруднення. Рослини за рівнів забруднення 5-10 ГДК на першому етапі виконують протекторну функцію щодо мікроорганізмів власної ризосфери, тому останні не мають необхідності синтезувати меланоїдні пігменти.

Чисельність і фізіолого-біохімічна активність полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів у ґрунті, забрудненому важкими металами, є важливим індикаторним показником, оскільки бактеріальні полісахариди є неспецифічними протекторами щодо токсичної дії важких металів (Dudman, 1977). Однак, за короткочасного забруднення синтез полісахаридів ще не стає перевагою продуцентів у конкурентній боротьбі за виживання, тому чисельність полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів знижується у ґрунті без рослин: при 5 ГДК – у 3,05 раза, при 10 ГДК – 1,71, при 100 ГДК – у 6,06 раза (табл. 1). Аналогічні показники зниження чисельності полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів у кореневій зоні фітоценозу складають: при 5 ГДК – 1,14 раза, при 10 ГДК – 8,37, при 100 ГДК – 3,64 раза.

Для визначення метаболічної активності мікроорганізмів безпосередньо у ґрунті був використаний показник імовірності формування колоній (ІФК). Проведені дослідження показали, що фізіолого-біохімічна активність мікроорганізмів у ґрунті без рослин і з рослинами змінюється по-різному: ІФК амоніфікаторів у ґрунті без рослин із підвищенням рівня забруднення знижується, а у кореневій зоні рослин –

збільшується, за винятком варіанта із 100 ГДК; у олігонітрофілів і педотрофів за відсутності рослин – різко знижується, у присутності рослин – майже не змінюється (табл. 2). Фізіолого-біохімічна активність автохтонних мікроорганізмів майже не залежить від рівня забруднення ґрунту важкими металами і присутності рослин. ІФК денітрифікаторів збільшується пропорційно зростанню рівня забруднення. Фізіолого-біохімічна активність целюлозоруйнучих мікроорганізмів із збільшенням рівня забруднення важкими металами знижується однаково як у ґрунті без рослин, так і у кореневій зоні рослин, за винятком максимального рівня забруднення, де відбулася загибель рослин і з'явився субстрат для росту мікроорганізмів цієї групи.

Згідно з літературними даними, важкі метали пригнічують мінералізацію органічних сполук у ґрунті (Лебедева и др., 1976; El-Shinnawi et al., 1976; Landa et al. 1978). Отримані нами дані свідчать про те, що протягом першої доби коефіцієнт мінералізації сполук азоту збільшувався у ґрунті без рослин при забрудненні 5 ГДК – у 2,54 раза, 10 ГДК – у 3,35 раза, при 100 ГДК – у 3,28 раза, у ґрунті з рослинами при забрудненні 5 ГДК – у 1,70 раза, при 10 ГДК – у 5,96 раза (табл. 3). Після 30 діб інкубування забрудненого ґрунту спрямованість мінералізаційних процесів змінювалася на протилежну і інтенсивність мінералізаційних процесів у забрудненому ґрунті ставала нижчою порівняно із незабрудненим ґрунтом. Отже, спря-

мованість мікробіологічних процесів у ґрунті, забрудненому поллютантом, залежить від тривалості забруднення, що ускладнює створення системи діагностичних показників забруднення ґрунтів важкими металами.

У результаті забруднення важкими металами суттєво збільшувався також коефіцієнт оліготрофності та індекс педотрофності, за винятком варіанта забруднення 100 ГДК ґрунту із фітоценозом, де спостерігалось зменшення інтенсивності мінералізаційних процесів на 39,5-29,3%.

На прикладі рослин пшениці і сої було показано, що активність мінералізації гумусових сполук у ризосфері рослин є нижчою, ніж у ґрунті міжрядь (Малиновська та ін., 2007). Отримані дані підтверджують цю закономірність: активність мінералізації гумусу у кореневій зоні рослин кукурудзи нижча від такої ґрунту без рослин: без забруднення на 6,69%, при 5 ГДК – 40,9, 10 ГДК – 17,7, при 100 ГДК – на 33,8% (табл. 3). Отже у ґрунті без рослин, де відсутнє постійне надходження речовин кореневих виділень, що легко утилізуються, деградація гумусових сполук відбувається інтенсивніше. Короткочасне забруднення важкими металами за відсутності рослин майже не впливає на активність мінералізації гумусу, а у присутності рослин – призводить до зниження показника на 17,2-35,8%.

Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що короткочасне забруднення ґрунту важкими металами призводить до зміни інтенсивності респірації ґрунтової мікрофлори залежно від дози забруднення (табл. 3). Так, у ґрунті без рослин продукування CO₂ зростало порівняно з контролем при 5 і 10 ГДК – на 19,9 і 38,8% відповідно, при 100 ГДК спостерігалось пригнічення дихання у 2,30 рази. Аналогічна закономірність спостерігалась у кореневій зоні рослин: при невисоких рівнях забруднення інтенсивність дихання підвищувалася, але вже за 10 ГДК – знижувалася. Підвищення рівня продукування CO₂ можна пояснити тим, що біологічні об'єкти намагаються нейтралізувати токсичну дію поллютанту, на що витрачають додаткову енергію, яка одержується в процесі дихання. Часткове отруєння клітин супроводжувалося інтенсифікацією дихання, однак подальше збільшення дози забруднювача призводило до інгібування біохімічної активності частини клітин популяції, у тому числі рослинних, що спричиняло зниження респірації.

Забруднення важкими металами призвело до суттєвого збільшення фітотоксичності ґрунту тільки при 10 і 100 ГДК: при 10 ГДК фітотоксичність ґрунту без рослин збільшилася на 10,1%, а ґрунту із фітоценозом на 15,0% (табл. 3). Доза важких металів у 100 ГДК виявилася токсичною настільки, що насіння тест-рослин не проросло.

Таким чином, короткочасне забруднення сірого лісового ґрунту зростаючими дозами важких металів призводить до суттєвих змін у функціонуванні мікробного угруповання, при цьому масштаби і спрямованість цих змін залежать від дози забруднювача, наявності або відсутності вегетуючих рослин у досліджених варіантах досліджу.

ЛІТЕРАТУРА

- Андреюк К.І., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф., Валагурова О.В., Козирицька В.Є., Пономаренко С.П. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. – К.: Обереги, 2001. – 240 с.
- Головко Т., Гармаш Е., Скугорева С. Тяжелые металлы в окружающей среде и растительных организмах // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2008. – № 7 – С. 2-7.
- Жданова Н.Н., Василевская А.Н. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях. – Киев: Наук. думка, 1988. – 196 с.
- Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема // Почвоведение. – 1991. - №4. – С. 505-511.
- Лебедева Ж.Д., Волкова И.М., Рубан Е.Л. Влияние ионов металлов на липолитическую активность *Mycobacterium rubrum* и *Actinomyces streptomycini* // Микробиология. – 1976. – Т. 45, вып. 1. – С. 104-110.
- Малиновська І.М. Стан мікробіоценозу ризосфери сої за комплексного оброблення насіння фосфатмобілізуючими мікроорганізмами і *Bradyrhizobium japonicum* 71T // Агроекологічний журн. – 2007. – № 3. – С. 79-83.
- Малиновська І.М., Зінов'єва Н.А. Мікробіологічні процеси в ризосфері рослин у забрудненому нафтопродуктами ґрунті // Микробиологія і біотехнологія. – 2011. – № 2. – С. 83-91.
- Малиновська І.М., Зінов'єва Н.А. Спрямованість та інтенсивність мікробіологічних процесів у забрудненому нафтопродуктами темно-сірому опідзоленому ґрунті // Вісн. Полтавської державної аграрн. академії. – 2010. – № 4. – С. 17-23.

ПЕРЕБІГ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

- Малиновська І.М., Черниш О.О., Романчук О.П. Особливості мікробних комплексів сірого лісового ґрунту перелогів та агроценозів // Збірник наукових праць Інституту землеробства. – К.: ЕКМО, 2007. – Вип. 2. – С. 29-34.
- Соколова О.Я., Стряпков А.В., Антимонов С.В., Соловьев С.Ю. Тяжелые металлы в системе элемент-почва-зерновые культуры // Вестник Оренбург. гос. ун-та. – 2006. – № 4. – С. 106-110.
- Doelman P., Jansen E., Michels M., Van Til M. Effects of heavy metals in soil on microbial diversity and activity as shown by the sensitivity – resistance index, an ecologically relevant parameter // Biol. Fertil. Soils. – 1994. – № 3. – P. 177-184.
- Dudman W.F. The role of surface polysaccharides in natural environments // Surface carbohydrates of the prokaryotic cell / Ed. I.W. Sutherland. – New York: Acad.Press, 1977. – P. 357-414.
- El-Shinnawi M.M., Omran M.S. Effect of different levels of a trace element nutritional mixture on organic matter decomposition and the number of certain heterotrophs in soil // Rostl. Vyroba. – 1976. – V. 22, № 1. – P. 11-17.
- Kolosvary I. Data concerning the possibility of using the abundance of the *Azotobacter* cells as bioindicator of soil pollution // Stud. Univ. Babeş-Bolyai. Biol. – 1998. – № 1-2. – P. 137-141.
- Landa E.R., Frank S.C. Effect of mercuric chloride on carbon mineralization in soils // Plant Soil. – 1978. – V. 49, № 1. – P. 179-183.
- Nies D.H., Silver S. Molecular microbiology of heavy metals. – Berlin: Springer. – 2007. – 460 p.

Надійшла до редакції
20.07.2012 р.

COURSE OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN GRAY FOREST SOIL POLLUTED BY HEAVY METALS

I. M. Malynovska¹, Y. I. Litvin²

¹*National Research Center «Institute of Agriculture
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine»
(Kyiv reg., Ukraine)*

²*National Aviation University
(Kyiv, Ukraine)*

We investigated the course of microbiological processes in the gray forest soil which are contaminated with increasing doses of heavy metals during the day. It is established that increased levels of pollution leads to a change in the number of physiological and biochemical activity of microorganisms of ecological-trophic and functional groups. In the short-term pollution indicator groups for heavy metal contamination are *Azotobacter* and denitrifying bacteria, whose numbers in the soil without plants is reduced in direct proportion to increasing doses of pollution: at 5 MPC – to 1,85%, at 10 MPC – to 2,4-fold, at 100 MPC – to 55,7-fold. During the first days varies the orientation of mineralization processes in contaminated soils: the soil without plants mineralization of nitrogen compounds is enhanced in 2,54-3,35 times, in the root zone – in 1,70-5,96 times. Short-term soil contamination by heavy metals does not affect the activity of the mineralization of humus, and in the root zone of plants it leads to a decrease the index at 17,2-35,8%.

Key words: *microbiocoenosis, ecological and trophic groups, mineralization, humus, phytotoxicity, heavy metals pollution*

**ПРОТЕКАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

И. М. Малиновская¹, Ю. И. Литвин²

¹*Национальный научный центр «Институт земледелия
Национальной академии аграрных наук Украины»
(Чабаны, Киевская обл., Украина)*

²*Национальный авиационный университет
(Киев, Украина)*

Исследовали протекание микробиологических процессов в серой лесной почве, загрязненной возрастающими дозами тяжелых металлов на протяжении суток. Установлено, что повышение уровня загрязнения поллютантами приводит к изменению численности и физиолого-биохимической активности микроорганизмов исследованных эколого-трофических и функциональных групп. При кратковременном загрязнении тяжелыми металлами индикаторными группами являются азотобактер, пигментообразующие микромицеты и денитрификаторы, численность которых в почве без растений уменьшается прямо пропорционально увеличению дозы загрязнения: при 5 ГДК – на 1,85%, при 10 ГДК – в 2,4 раза, при 100 ГДК – в 55,7 раза. В результате загрязнения изменяется направленность минерализационных процессов: в почве без растений минерализация соединений азота интенсифицируется в 2,54-3,35 раза, в корневой зоне – в 1,70-5,96 раза, существенно ускоряются процессы освоения органического вещества почвы. В почве без растений краткосрочное загрязнение почвы тяжелыми металлами не влияет на активность минерализации гумуса, а в корневой зоне растений приводит к снижению показателя на 17,2-35,8%.

Ключевые слова: *микроорганизмы, эколого-трофические группы, азотобактер, минерализация, гумус, фитотоксичность, загрязнение тяжёлыми металлами*