

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МІКРОБОЦЕНОЗІВ У РИЗОСФЕРІ
ЯЛІВЦЯ КОЗАЦЬКОГО, ЯКИЙ ЗРОСТАЄ В ОСЕРЕДКАХ ІЗ
НЕБЕЗПЕЧНИМ РІВНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ РУХОМИМИ
ФОРМАМИ СВИНЦЮ**

О. Ф. Бровко, кандидат біологічних наук

Національна академія керівних кадрів культури і мистецтв

Показано, що за небезпечних та дуже небезпечних рівнів забруднення ґрунтів свинцем, його накопичення у хвої ялівця не досягає критичних доз. Проте, простежується негативний вплив на розвиток мікробоценозів у його ризосфері. У разі зростання рівня забруднення ґрунту від небезпечного до дуже небезпечного, спостерігалось зменшення: загальної чисельності колоній мікроорганізмів, що ростуть на МПА – на 32–54 %; олігонітрофілів – на 5–50 %; актиноміцетів – на 25–57 %; мікроміцетів – на 41–87 %.

Ключові слова: ялівець козацький, мікробоценоз, оліготрофні мікроорганізми, мікроміцети, актиноміцети, свинець.

Свинець – один із найменш рухливих металів, а тому зазнає слабкої міграції й зосереджується у верхніх прошарках ґрунтів, де спостерігається найбільша чисельність та активність мікроорганізмів. Свинець легко поєднується з глинистими мінералами й органічними речовинами, у зв'язку з чим його накопичення зумовлюється вмістом цих сполук у ґрунті, а токсичний вплив на мікрофлору проявляється в обмеженні ензимної активності мікробіоти. Ці обставини викликають затримку розкладу органічних речовин і перетворення сполук азоту та позначаються на видовому складі й чисельності мікробоценозів [9, 13].

Мікроорганізми належать до невід'ємних компонентів ризосфери, в якій вони виконують важливі біоіндикаційні функції та стабілізувальну роль, адже саме мікробіота та її поліфункціональна діяльність є основним чинником

грунтоутворювальних процесів, живлення рослин, фітосанітарного стану ґрунтів, а також метаболічної рівноваги у природі [1]. У фітоценозах, де ґрунти забруднені важкими металами, спостерігається значне зниження загальної біомаси мікроорганізмів [16], а також чисельності їхніх окремих таксономічних груп [2, 7]. Як зазначають фахівці, найбільшу чутливість до важких металів проявляють актиноміцети [5], а найстійкішими до їхніх великих концентрацій у ґрунтах виявились мікроскопічні гриби [15]. За їхніми спостереженнями, навіть за незначного забруднення ризосфери важкими металами, незважаючи на уявне благополуччя, знижується не лише рівень усіх біохімічних перетворень, але й редукуються цілі ланцюги у кругообігу окремих елементів [9]. Враховуючи, що мінералізація органічних сполук азоту в ґрунтах здійснюється за участі бактерій, актиноміцетів та грибною мікрофлори [11], саме ці групи мікроорганізмів і стали об'єктом наших досліджень.

Мета досліджень – виявлення впливу небезпечних рівнів вмісту рухомих форм свинцю у ґрунті на їх заселеність мікроорганізмами у ризосфері ялівця козацького.

Матеріали та методика досліджень. Об'єктом досліджень слугували дванадцятирічні моноценози типової форми ялівця козацького, які зростали у місті Києві на антропогенно-порушених сірих лісових ґрунтах з 20 % домішкою піску, цегли та каміння. В якості контролю слугувало угруповання ялівцю, яке зростало на Одеській площі, а в якості дослідного – розташоване поблизу контори комунального підприємства з утримання зелених насаджень у Голосіївському районі.

Вміст рухомих форм свинцю у ґрунтах і хвої ялівця визначали у 3-кратній повторності на аналізаторі М-ХА1000–5, з використанням методу атомної абсорбції [17], а їх фоновий рівень та гранично допустимі концентрації (ГДК) оцінено за даними В. С. Джигиря [6]. Рівень забруднення досліджуваних ґрунтів свинцем оцінювали за сумою надфонових концентрацій важких металів та ідентифікували як: незначний – коли не перевищував ГДК, але перевищував фон; середній – у разі незначного перевищення ГДК; небезпечний – коли у

декілька разів перевищував ГДК; дуже небезпечний – коли перевищував ГДК у десятки разів [6].

Вплив урбокультур фітоценозів ялівця козацького на формування мікробіоценозів у їх ризосфері визначено у 5-кратній повторності із залученням методів ґрунтової мікробіології та біохімії [14]: загальну кількість мікроорганізмів, які вимагають для свого розвитку органічних форм азоту – на м'ясо-пептонному агарі (МПА); олігонітрофільних бактерій, які відносять до азотофіксуючих мікроорганізмів – на середовищі Ешбі; актиноміцетів – на середовищі Гаузе; грибів – на середовищі Чапека.

Дослідні матеріали оброблені за допомогою методів математичної статистики із залученням пакета прикладних програм Statistica [4]. Статистичну значимість різниці між отриманими середніми даними оцінювали за критерієм Стьюдента [12]. У випадках, коли розраховані значення критерію Стьюдента були меншими за табличні – набувало чинності припущення щодо несуттєвої різниці між дослідженими показниками, а у разі більших за табличні – вважали, що середні значення мають істотну відмінність і належать до різних генеральних сукупностей.

Результати досліджень. Зважаючи, що за ступенем рухомості усі сполуки металів розподіляють на нерухомі, потенційно-рухомі та рухомі форми [3] і саме останні зумовлюють їх негативну дію щодо біоти. Тому в ґрунтах об'єктів досліджень та у хвої ялівця козацького нами було визначено концентрацію рухомих форм свинцю. За результатами досліджень було з'ясовано (табл. 1), що його вміст у верхньому 25-ти см прошарку ґрунтів у 10–56 разів перевищує фоновий рівень та у 2–14 разів – гранично допустимі концентрації і залежить від поєднання екологічних та антропогенних чинників. Так, у ґрунтах, де моноценози ялівцю (Одеська площа) зростають серед відкритих просторів, вміст свинцю у ґрунті знаходився у межах $5,0\text{--}14,7\text{ мг}\times\text{кг}^{-1}$ і відповідно до чинної класифікації [6] оцінювався як небезпечний, а в осередках, де ялівець культивувався серед закритих просторів (поблизу контори комунального підприємства), де мало місце незначне провітрювання

місцевості та сповільнене розсіювання повітряних мас, вміст свинцю у ґрунтах, порівняно з відкритим простором, зростав на 59–256 %. При цьому, рівень забруднення ґрунту рухомими формами свинцю у цьому моноценозі ялівця оцінювався, як дуже небезпечний у верхньому 15-ти см прошарку та, як небезпечний на 20–25-ти см глибині. Слід також зауважити, що із збільшенням у ґрунті вмісту рухомих форм свинцю зростає його концентрація й у хвої ялівця (табл. 2). Проте слід зазначити, що вміст свинцю у хвої становив лише 0,7–1,6 мг×кг⁻¹, а це менше критичних величин (понад 3 мг×кг⁻¹), які викликають у рослин пригнічення фотосинтезу, дихання, мітозу та ростових процесів [13].

1. Вміст рухомих форм свинцю у ризосфері моноценозів ялівця козацького, що зростають у м. Києві

Місце зростання ялівця козацького	Глибина відбору проби, см	Pb ⁺ , мг×кг ⁻¹	Відносно контролю:		Перевищення, разів:	
			%	t	фонового рівня	ГДК
Одеська площа, “контроль”	0–5	14,7±2,95	100	–	29,4	7,4
	10–15	7,9±1,56	100	–	15,8	4,0
	20–25	5,0±0,99	100	–	10,0	2,5
Поблизу контори комунального підприємства з утримання зелених насаджень у Голосіївському районі	0–5	23,3±4,46	159	1,6	46,6	11,6
	10–15	28,1±5,62	356	3,5	56,2	14,0
	20–25	16,2±2,25	324	7,5	32,4	8,1

Примітки: 1. Табличне значення квантилів критерію Стьюдента (t) за рівня ймовірності 0,05 – 2,31.
2. Вміст рухомих форм Pb⁺, у мг×кг⁻¹: фоновий – 0,5; гранично допустимий (ГДК) – 2,0.

2. Вміст рухомих форм свинцю у хвої ялівця козацького, що зростає у моноценозах м. Києва

Місце зростання ялівця козацького, рівень забруднення ґрунту свинцем	Pb ⁺ , мг×кг ⁻¹	Відносно контролю:	
		%	t
Одеська площа “контроль”, небезпечний	0,7±0,32	100	–
Поблизу контори комунального підприємства з утримання зелених насаджень у Голосіївському районі дуже небезпечний	1,6±0,13	228	2,7

Примітка. Табличне значення квантилів критерію Стьюдента (t) за рівня ймовірності 0,05 – 2,31.

У ризосфері досліджуваних моноценозів ялівця вміст свинцю не досягав критичних значень (понад 1000 мг×кг⁻¹ ґрунту). Тому, домінантний вплив під час формування мікробіологічного профілю належав гідротермічним та іншим екологічним чинникам [8]. При цьому, максимальні значення чисельності досліджених мікроорганізмів спостерігались у верхньому 5-ти см прошарку ґрунтів, а вниз за їх профілем кількість колоній зменшувалась, так само як і у зональних сірих лісових ґрунтах, котрі не зазнавали негативного впливу важких металів [11].

3. Чисельність мікроорганізмів, виявлених у ризосфері моноценозів ялівця козацького, з різним вмістом рухомих форм свинцю

Місце зростання ялівця козацького у м. Києві, рівень забруднення ґрунту свинцем	Глибина відбору проби, см	Млн КУО × (1 г ґрунту) ⁻¹	Відносно контролю:	
			%	t
<i>Загальна чисельність мікроорганізмів, що ростуть на МПА</i>				
Одеська площа, “контроль”, небезпечний	0–5	5,7±0,17	100	–
	10–15	5,5±0,49	100	–
	20–25	2,8±0,22	100	–
Поблизу контори комунального підприємства з утримання зелених насаджень у Голосіївському районі, дуже небезпечний	0–5	3,6±0,21	64	7,6
	10–15	2,6±0,22	46	5,4
	20–25	1,9±0,13	68	3,5
<i>Чисельність оліготрофних (олігонітрофільних) мікроорганізмів</i>				
Одеська площа, “контроль”, небезпечний	0–5	1,5±0,05	100	–
	10–15	2,4±0,17	100	–
	20–25	1,9±0,52	100	–
Поблизу контори комунального підприємства з утримання зелених насаджень у Голосіївському районі, дуже небезпечний	0–5	1,4±0,25	93	0,3
	10–15	1,2±0,04	50	5,7
	20–25	1,8±0,13	95	0,2
<i>Чисельність актиноміцетів (стрептоміцетів)</i>				
Одеська площа, “контроль”, небезпечний	0–5	1,4±0,11	100	–
	10–15	1,2±0,15	100	–
	20–25	0,7±0,04	100	–
Поблизу контори комунального підприємства з утримання зелених насаджень у Голосіївському районі, дуже небезпечний	0–5	1,0±0,07	71	5,7
	10–15	0,9±0,04	75	3,5
	20–25	0,3±0,04	43	2,2

Примітка. Табличне значення квантилів критерію Стюдента (t) за рівня ймовірності 0,05 – 2,45.

Як свідчать дані табл. 3, токсична дія рухомих форм свинцю на мікрофлору ризосфери в обстежених моноценозах типових форм ялівця, мала

реальний прояв і підсилювалась із зростанням вмісту в ґрунті сполук свинцю від небезпечних до дуже небезпечних рівнів (від 5,0–14,7 мг×кг⁻¹ до 16,2–28,1 мг×кг⁻¹ ґрунту). Слід також відмітити, що серед досліджених мікроорганізмів найменш чутливими до небезпечного рівня забруднення ґрунту свинцем виявились мікроорганізми, що ростуть на МПА, а їх чисельність у верхній 25-ти см товщі сягала 2,8–5,7 млн КУО×на 1 г абсолютно сухого ґрунту. В осередках, з дуже небезпечним рівнем забруднення ґрунту рухомими формами свинцю, мало місце зменшення – загальної чисельності колоній мікроорганізмів – на 32–54 %; олігонітрофілів – на 5–50 %; актиноміцетів – на 25–57 %. При цьому, суттєві відмінності (t_{ϕ} – 3,5–7,6) між чисельністю мікроорганізмів в осередках із небезпечним та дуже небезпечним рівнями забруднення сполуками свинцю, були характерні для мікробоценозів, де різниця у чисельності сягала понад 7 %.

4. Чисельність грибної мікрофлори (мікроміцетів), виявленої у ризосфері моноценозів ялівця козацького з різним вмістом рухомих форм свинцю

Місце зростання ялівця козацького, рівень забруднення ґрунту свинцем	Глибина відбору проби, см	Тис. КУО × (1 г ґрунту) ⁻¹	Відносно контролю:	
			%	t
Одеська площа, “контроль”, небезпечний	0–5	59,3±2,37	100	–
	10–15	49,0±1,45	100	–
	20–25	12,9±1,00	100	–
Поблизу контори комунального підприємства з утримання зелених насаджень у Голосіївському районі, дуже небезпечний	0–5	8,4±0,84	14	20,2
	10–15	6,3±0,73	13	31,6
	20–25	7,6±1,27	59	3,3

Примітка. Табличне значення квантилів критерію Стьюдента (t) за рівня ймовірності 0,05–2,45.

Із даних, наведених у табл. 4 видно, що чисельність мікроміцетів у ґрунтах, забруднених рухомими формами свинцю менша, ніж інших досліджених мікроорганізмів і на час визначення обмежувалась максимальним значенням у 59,3 тис. КУО× (1 г абсолютно сухого ґрунту)⁻¹, яке спостерігалось у верхньому 5-ти см прошарку ґрунту, де забруднення ризосфери ялівця свинцем знаходилось на небезпечному рівні. Необхідно також зауважити, що

мікроміцети чутливіше за інші досліджувані мікроорганізми реагували на зростання вмісту свинцю у ґрунті. Зокрема, в осередках із дуже небезпечним вмістом свинцю, чисельність мікроміцетів суттєво ($t_{\text{ф}} - 3,3-31,6$) зменшувалась (на 41–87 %). При цьому, у верхньому 25-ти см прошарку ґрунтів чисельність мікроміцетів була найменшою і знаходилась на рівні 6,3–8,4 тис. КУО×(1 г ґрунту)⁻¹.

Висновки

1. У досліджених моноценозах ялівця козацького забруднення ґрунту свинцем знаходилося на рівні небезпечного та дуже небезпечного (5,0–28,1 мг×кг⁻¹) і не досягало критичних значень (понад 1000 мг×кг⁻¹ ґрунту). За таких умов зростання хвоя ялівця накопичує 0,7–1,6 мг×кг⁻¹ свинцю, що менше критичних величин (понад 3 мг×кг⁻¹), за яких у рослин відбувається пригнічення фотосинтезу, дихання, мітозу та ростових процесів.

2. Токсична дія рухомих форм свинцю на мікрофлору ризосфери моноценозів ялівця, підсилюється із зростанням його вмісту у ґрунті. Зокрема, в осередках з дуже небезпечним рівнем забруднення ґрунту рухомими формами свинцю, спостерігалось зменшення загальної чисельності колоній мікроорганізмів, що ростуть на МПА – на 32–54 %; олігонітрофілів – на 5–50 %; актиноміцетів – на 25–57 %.

3. Найчутливіше на зростання вмісту свинцю у ґрунті реагували мікроміцети. В осередках із дуже небезпечним вмістом свинцю їх чисельність зменшувалась на 41–87 % і у верхньому 25-ти см прошарку ґрунтів сягала 6,3–8,4 тис. КУО×(1 г ґрунту)⁻¹.

Список літератури

1. Андреюк Е. И. Иерархическая система биоиндикации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами / Андреюк Е. И., Иутинская Г. А., Козырицкая В. Е. [и др.] // Почвоведение. – 1997. – № 12. – С. 1491–1496.

2. Бабаева М. П. Изменение численности микроорганизмов в почвах при загрязнении тяжёлыми металлами / М. П. Бабаева, С. В. Левин, М. С. Решетова

// Тяжёлые металлы в окружающей среде. – М. : Изд-во Московского ун-та. – 1980. – С. 115–122.

3. Барановський В. А. Екологічна географія і екологічна картографія : [монографія] / Барановський В. А. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 252 с.

4. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере для профессионалов / В. Боровиков. – СПб : Питер, 2001. – 650 с.

5. Булавко Г. И. Влияние различных соединений свинца на почвенную микрофлору / Булавко Г. И. // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер.биол. – 1982. – Вып. 1, № 5. – С. 79–85.

6. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : [навч. посіб.] / Віктор Степанович Джигирей. [–5-е вид.] – К. : Знання, 2007. – 422 с.

7. Евдокимова Г. А. Микробиологическая активность почв при загрязнении тяжёлыми металлами / Евдокимова Г. А. // Почвоведение. – 1982. – № 6. – С. 125–132.

8. Етеревская Л. В. Почвообразование в техногенных ландшафтах на лёссовых породах / Етеревская Л. В., Лехциер Л. В., Михневская А. Д., Лапта Е. И. // Техногенные экосистемы. Организация и функционирование. – Новосибирск : СО “Наука”. – 1985. – С. 107–135.

9. Клевенская И. Л. Влияние тяжёлых металлов (Cd, Zn, Pb) на биологическую активность почв и процесс азотофиксации / Клевенская И. Л. // Микробоценозы почв при антропогенном воздействии. – Новосибирск : СО “Наука”. – 1985. – С. 73–94.

10. Клевенская И. Л. Сукцессии и функционирование микробоценозов в молодых почвах техногенных экосистем Кузбасса / Клевенская И. Л., Трофимов С. С., Таранов С. А., Кандрашин Е. Р. // Микробоценозы почв при антропогенном воздействии. – Новосибирск : СО “Наука”. – 1985. – С. 3–20.

11. Красильников Н. А. Микроорганизмы почв и высшие растения / Красильников Н. А. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 465 с.

12. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1984. – 831 с.

13. Макаренко Н. А. Рухомість свинцю у різних типах ґрунтів України під впливом природних та антропогенних чинників / Н. А. Макаренко, І. В. Парашенко // Агроекологічний журнал. – 2007. – № 3. – С. 34–39.

14. Методы почвенной микробиологии и биохимии : учеб. пособ. по спец."Агрохимия и почвоведение" / [И. В. Асеева и др.]; под ред. Д. Г. Звягинцева. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : МГУ, 1991. – 302 с.

15. Перцовская А. Ф. Схема гигиенического нормирования тяжёлых металлов в почве / Перцовская А. Ф., Патникова Е. Л., Тонкопий Н. И. [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1982. – № 3. – С. 12–13.

16. Стефурак В. П. Влияние промышленного загрязнения на почвенную микрофлору / Стефурак В. П. // Микробные сообщества и их функционирование. – К. : Наук. думка. – 1981. – С. 158–160.

17. Хавезов И. Атомно-абсорбционный анализ / И. Хавезов, Д. Цалёв. – Л. : Химия, 1983. – С. 111–113.

Показано, что при опасных и очень опасных уровнях загрязнения почвы свинцом, его накопление в хвое можжевельника не достигает критических доз. При этом, прослеживается отрицательное влияние на развитие микробоценозов в его ризосфере. При увеличении уровня загрязнения почвы от опасного к очень опасному, наблюдалось уменьшение: общей численности колоний микроорганизмов, что растут на МПА – на 32–54 %; олигонитрофилов – на 5–50 %; актиномицетов – на 25–57 %; микромицетов – на 41–87 %.

Ключевые слова: *Можжевельник казацкий, микробоценоз, олиготрофные микроорганизмы, микромицеты, актиномицеты, свинец.*

It is shown that dangerous and very dangerous levels of soil contamination by lead its accumulation in the needles of juniper reaches critical doses. However, there is a negative impact on the microbes coenosis in its rhizosphere. If the growth of soil contamination from dangerous to very dangerous, a decrease was observed: the total number of colonies of microorganisms growing on MPA – on 32-54%; olygo – by 5-50%; actinomycetes – by 25-57%; micromycetes – by 41-87%.

Keywords: *Juniper Cossack, microbes coenosis, oligotrophic microorganisms micromycetes, actinomycetes, lead.*