

УДК 574.2+579.26:63+581.9

Н. Ю. Бобрик, М. В. Кривцова, В. І. Ніколайчук

Ужгородський національний університет

МІКРОБОЦЕНОЗ ҐРУНТУ ЛУЧНОЇ ЕКОСИСТЕМИ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Проаналізовано стан мікробного ценозу ґрунту лучної екосистеми на різній відстані від залізничної колії на прикладі смт Великий Березний Закарпатської області. В умовах підвищеного техногенного забруднення змінюється комплекс мікробіологічних показників, відбуваються якісні та кількісні зміни функціонування мікробного угруповання ґрунту, які негативно впливають на його потенційну родючість. Підвищена фітотоксична активність ґрунтів примагістральних екосистем корелює з кількістю актиноміцетів, БГКП, олігонітрофілів і спорових мікроорганізмів.

Н. Ю. Бобрик, М. В. Кривцова, В. І. Ніколайчук

Ужгородский национальный университет

МИКРОБОЦЕНОЗ ПОЧВЫ ЛУГОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Проанализировано состояние микробного ценоза почвы луговой экосистемы на разном расстоянии от железнодорожного пути на примере пгт Великий Березный Закарпатской области. В условиях повышенного техногенного загрязнения изменяется комплекс микробиологических показателей, происходят качественные и количественные изменения функционирования микробного сообщества почвы, которые отрицательно влияют на его потенциальное плодородие, повышается фитотоксичность почв. Повышенная фитотоксичность почв примагистральных экосистем коррелирует с количеством актиномицетов, БГКП, олигонитрофилов и споровых микроорганизмов.

N. J. Bobryk, M. V. Kryvtsova, V. I. Nikolajchuk

Uzhgorod National University

MEADOW SOIL MICROBIOCOENOSIS UNDER INFLUENCE OF RAILWAY TRANSPORT

A case study of the microbial coenosis status of the soil of meadow ecosystem at different distances from the railway track was carried out in the urban settlement Velykyi Bereznyi in the Transcarpathian Region. The increasing technogenic pollution causes changes in the complex of microbiological indices, brings about qualitative and quantitative changes in the functioning of microbial coenosis of the soil. That has a negative impact on its potential fertility, and raises phytotoxic levels in soils. The results show that soils phytotoxic hyperactivity of ecosystems along the main line correlates with the quantity of actinomycetes, coliforms, oligonitrophilic and cryptogamous microorganisms.

Вступ

Нині одна з найгостріших екологічних проблем – забруднення навколишнього середовища транспортом. Вплив об'єктів транспорту на природне середовище зумовлений будівництвом магістральних доріг, їх експлуатацією, спалюванням значної

кількості палива, забрудненням прилеглих територій викидами, стоками, відходами, які порушують природну рівновагу в екосистемах [5]. Цей негативний вплив на середовище включає порушення стійкості природних ландшафтів транспортною інфраструктурою шляхом розвитку ерозії та зсувів; забруднення атмосфери відпрацьованими газами; постійний ріст рівня забруднення ґрунту нафтою, свинцем, продуктами видування та опадання сипучих вантажів (вугілля, руда, цемент) [7]. До токсичних речовин, які виділяються дизелями, відносять оксид вуглецю, оксиди азоту, сажу, вуглеводневі сполуки, двоокис сірки, сірководень. У відпрацьованих газах міститься також бенз(а)пірен і поліциклічні ароматичні сполуки, важкі метали. Ці шкідливі речовини у підвищених кількостях при інтенсивному русі залізничного транспорту безперечно негативно впливають на всі компоненти прилеглих екосистем, у тому числі на атмосферне повітря. Залізничний транспорт – також джерело фізичного впливу (шум, вібрація, електромагнітне випромінювання) та біологічного забруднення примігистральних біогеоценозів. Водночас відбувається поширення та нагромадження шкідливих речовин на прилеглих полях і земельних угіддях, що не менш шкідливо для довкілля та здоров'я людини [7; 9; 10].

Актуальність всебічного дослідження примігистральних екосистем в умовах Закарпаття зумовлена високою інтенсивністю транспортних перевезень і транскордонним розташуванням області. На території Закарпатської області є значна кількість ділянок, де у безпосередній близькості проходить залізнична магістраль, тому актуальним є дослідження зміненої структури мікробіоценозів ґрунту примігистральних екосистем під впливом даного типу антропогенного навантаження.

Значна кількість праць присвячена впливу автотранспорту на природне середовище, при цьому питання впливу залізничного транспорту на екосистеми прилеглих територій залишається малодослідженим. Вивчення закономірностей та особливостей впливу залізничного транспорту на примігистральні території є, без сумніву, актуальною проблемою для прогнозу стану навколишнього середовища та розробки природоохоронних заходів на цих територіях [11–13].

Мікробіологічні та біохімічні показники дозволяють визначити глибину впливу антропогенного навантаження вже на ранніх стадіях трансформації екосистеми, надати інтегральну оцінку стану ґрунту [6]. Саме на них базується біологічна діагностика ґрунтів – розпізнавання фактичного стану ґрунту за біологічними показниками та прогнозування динамічних тенденцій у ньому, із визначенням впливу на ґрунт конкретних факторів антропогенного походження.

Мета нашої роботи – оцінити мікробіоценози ґрунту примігистральних екосистем, визначити фітотоксичність ґрунту.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили в декілька етапів:

- 1) порівняння мікробіоценозів ґрунту примігистральних територій на різних відстанях від залізничної колії;
- 2) визначення фітотоксичності ґрунтів примігистральних екосистем;
- 3) визначення кореляційного зв'язку між кількістю різних еколого-трофічних груп мікрорганізмів і проявом фітотоксичності ґрунтів.

Відбирання проб ґрунту досліджуваних екосистем здійснювали у смт Великий Березний Закарпатської області на відстані 0, 50 та 100 м від залізничної колії відповідно до діючого ДСТУ [8]. Аналіз мікробного біоценозу ґрунту проводили з використанням диференційно-діагностичних живильних середовищ методом серійних

розведень ґрунтової суспензії [1]. Амоніфікувальні бактерії враховували на м'ясо-пептонному агарі (МПА), актиноміцети – на крохмаль-аміачному агарі (КАА), бактерії групи кишкової палички – на Ендо, мікроміцети – на середовищі Сабура, *Azotobacter* – на середовищі Федорова методом обростання грудочок ґрунту, оліготрофні мікроорганізми – на голодному агарі (ГА). Результати виражали числом КУО на 1 г абсолютно сухого ґрунту.

Фітотоксичність досліджуваних ґрунтів оцінювали методом Красильникова [3]. Як тест-об'єкт використовували пшеницю озиму (*Triticum aestivum* L.). Враховували схожість насіння, довжину пагона та кореня в усіх варіантах, співвідношення надземної та підземної частин рослин і фітотоксичний ефект (ФЕ). Фітотоксичний ефект вираховували за формулою:

$$\text{ФЕ} = \frac{L - L_x}{L} * 100, \%,$$

де L – середня довжина кореня (контроль), L_x – середня довжина кореня на варіантах.

Лабораторні дослідження проводили у трьох повторностях.

Результати та їх обговорення

Ґрунтові мікроорганізми становлять значну частину будь-якої екосистеми, мають високу чутливість до антропогенного навантаження, тому зміни якісного та кількісного складу мікробоценозу ґрунту – індикатор забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з високою чутливістю до змін довкілля мікроорганізми виступають зручним об'єктом спостережень. Вони тісно контактують із середовищем існування, характеризуються високою швидкістю росту та розмноження, що дозволяє вивчати дію на них екологічних чинників за порівняно короткий термін. Окрім того, реакції мікроорганізмів на дію антропогенних чинників швидкі та проявляються різними змінами параметрів життєдіяльності (росту, морфології, накопичення хімічних елементів, активності метаболізму, стану регуляторних механізмів у клітині) [6].

Таблиця 1

Співвідношення різних еколого-трофічних груп ($M \pm m$) у ґрунті примагістральних екосистем

Групи мікроорганізмів, млн КУО/г абсолютно сухого ґрунту	Відстань від залізничної колії, м		
	0	50	100
Амоніфікатори	15,5 ± 1,5	157,5 ± 8,2	39,6 ± 3,0
БГКП	9,3 ± 2,0	12,6 ± 4,5	5,9 ± 1,6
Мікроміцети	3,6 ± 0,5	7,4 ± 1,4	8,6 ± 0,8
Актиноміцети	1,4 ± 0,2	1,3 ± 0,3	1,1 ± 0,5
Олігонітрофіли	1,9 ± 0,1	0,9 ± 0,2	0,3 ± 0,1
Азотобактер (%)	23,3 ± 3,1	38,3 ± 5,0	55,0 ± 5,0
Оліготрофи	9,3 ± 1,1	8,4 ± 2,2	12,3 ± 3,5
Спорові	56,6 ± 2,5	73,5 ± 6,3	42,8 ± 5,6

Примітка: * – $p < 0,05$.

Дослідження дали змогу виявити загальні закономірності розподілу основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ґрунті примагістральної лучної екосистеми смт В. Березний (табл. 1). Найвищий показник амоніфікаторів зареєстровано на відстані 50 м від залізничного полотна (39,6 ± 3,0 млн КУО/г), при цьому найменший показник представників цієї групи зафіксовано на відстані 0 м від залізничної колії, а вже на відстані 100 м він підвищується майже утричі (рис. 2). Таким чином, вміст амоніфікаторів від

нульового забору до 100 м збільшується. Це свідчить про перебудову мікробного ценозу ґрунту та вказує на наявність алохтонної мікрофлори поблизу колії.

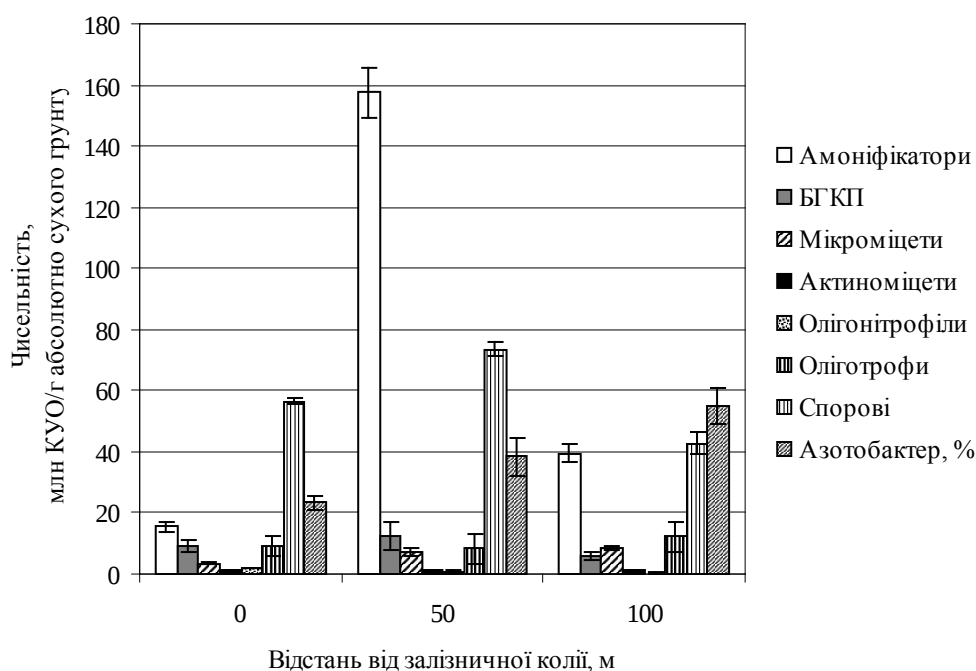


Рис. 2. Структура мікробіоценозів приміагістральних лучних екосистем

Санітарно-гігієнічний показник забруднення ґрунтів – кількість БГКП. Високий вміст ентеробактерій виявлено у точці 50 м від залізничної колії ($12,6 \pm 4,5$ млн КУО/г), найменший – на відстані 100 м ($5,9 \pm 1,6$ млн КУО/г). Отже, у ґрунтах, наближених до залізничного шляху, виявлено високий вміст ентеробактерій. Це – свідчення того, що здатність ґрунту до самоочищення від бактерій значно знижується поблизу залізничних шляхів.

Кількість мікроскопічних грибів закономірно підвищується з віддаленням від залізничної колії. Мікроміцети відносять до бактерій, які впливають на родючість ґрунту, вони є важливими консортами, що беруть активну участь у процесах, пов'язаних із перетворенням органічних речовин, а особливо важкогідролізованих. Саме тому знижений вміст мікроскопічних грибів у ґрунтах, розташованих у безпосередній близькості до залізничного транспорту, вказує на несприятливі ґрунтові умови.

Кількість актиноміцетів достовірно не змінювалась ($1,4-1,1$ млн КУО/г), проте їх кількість у ґрунтах виявилась також прямо пропорційною від відстані до залізничних шляхів. Відомо, що вони беруть участь у мінералізації органічної речовини, недоступної для інших мікроорганізмів, постачанні рослинам елементів живлення.

Порівняно високу розповсюдженість олігонітрофілів і азотфіксаторів можна пояснити промивним типом ґрунтоутворення, при якому більшість сполук нітрогену вимивається з ґрунту [6]. Олігонітрофіли – бактерії, що ростуть при незначній кількості азоту у ґрунті, беруть участь у трансформації залишкової кількості органічних решток. Кількість олігонітрофілів закономірно знижується, що вказує на зменшення кількості азоту у ґрунті при наближенні до залізниці: у точці 100 м від залізничної колії ($0,3 \pm 0,1$ млн. КУО/г) їх кількість зменшена у шість разів порівняно з 0 м ($1,9 \pm 0,1$ млн КУО/г).

Азотобактер – чутливий індикатор змін ґрунтових умов, наявності фосфору, калію, кальцію у ґрунті та його фітотоксичності, невід’ємна складова мікробних угруповань [6]. На безазотному середовищі Ешбі представники роду *Azotobacter* нарастають слизистими прозорими колоніями (метод обростання ґрунтових грудочок). Проведені дослідження показали, що відсоток азотобактера у ґрунті лучних примагістральних екосистем поступово зменшується при наближенні до залізничної колії: у 2,5 рази на відстані 0 м від залізничного полотна ($23,3 \pm 3,1$ %) порівняно з точкою відбору ґрунту 100 м ($55,0 \pm 5,0$ %). При цьому з відстанню від залізничної колії відсоток азотобактера у ґрунті поступово підвищувався. Оскільки бактерії роду *Azotobacter* чутливі до впливу екзогенних факторів антропогенного походження, виявлена закономірність свідчить про підвищення дії техногенного навантаження на бактерії даної групи при наближенні до залізничного полотна.

Точки, розташовані поблизу залізничної колії, характеризуються підвищеним вмістом споротвірних організмів. Кількість спорової мікрофлори на відстані 50 м від залізничної колії ($73,5 \pm 6,3$ млн КУО/г) виявилась майже удвічі більшою порівняно з точкою 100 м ($42,8 \pm 5,6$ млн КУО/г). Ці ґрунти містять незначну кількість органічних речовин, зменшують свою родючість.

Таким чином, залізничний транспорт негативно впливає на стан мікробного біоценозу ґрунту. Ґрунти, розташовані у безпосередній близькості до залізничних шляхів, характеризуються зниженим вмістом амоніфікаторів, мікроміцетів, азотобактера. Поряд із цим домінантними в мікробіоценозах виступають БГКП, оліготрофи, олігонітрофіли, спорові, підвищена кількість яких указує на порушення процесів природного самоочищення екосистем, а отже, погіршений екологічний стан.

Визначити ступінь токсичності можна за допомогою біотестування едафотопу [3]. Із цією метою застосовано біотест на фітотоксичність (фітотест), здатний адекватно реагувати на екзогенні хімічні впливи, що проявляються в морфологічних і фізіологічних змінах процесів росту та розвитку рослин. Ґрунти, забруднені важкими металами, негативно впливають на процес елонгації корінців рослин, інгібують їх ріст [2]. Проведення фітотесту ґрунтів примагістральних територій дозволило визначити ступінь їх фітотоксичності (табл. 2).

За середньою довжиною пагона та кореня ґрунти примагістральних екосистем проявляють виражені (3,6–25,7 %) фітотоксичні ефекти (ФЕ). Найбільший ФЕ проявив ґрунт, відібраний на відстані 0 м від залізничної колії, оскільки морфометричні параметри тест-культур були найменшими порівняно з рослинами інших варіантів і з контролем (ФЕ = $25,7 \pm 3,3$).

Таблиця 2

Оцінка фітотоксичності ґрунтів ($M \pm m$) примагістральних екосистем

Відстань від залізничної колії, м	Довжина кореня, см		Довжина пагона, см		Співвідношення надземної і підземної частин	Фітотоксичний ефект (ФЕ), %
	середня	максимальна	середня	максимальна		
Контроль	$4,74 \pm 0,45$	11,3	$3,38 \pm 0,46$	11,5	1,4	
0	$3,52 \pm 0,41$	8,8	$1,57 \pm 0,15$	4,0	2,2	$25,7 \pm 3,3$
50	$3,61 \pm 0,29$	7,8	$3,19 \pm 0,32$	9,8	1,1	$23,8 \pm 4,6$
100	$4,91 \pm 0,42$	12,3	$4,74 \pm 0,40$	10,6	1,0	$3,6 \pm 0,1$

Примітка: * – $p < 0,05$.

Відповідно до сучасних уявлень, важливий індикатор нормального росту та розвитку рослини – співвідношення довжини підземної до надземної частини. Цей

критерій має мінімальне значення (1,0) у зразку ґрунту 100 м від залізничної колії, максимальне (2,2) у зразку 0 м від залізничної колії. У результаті наших досліджень виявлено обернено пропорційну залежність між ступенем прояву ФЕ ґрунтами та відстанню від залізничної колії.

Для пояснення отриманих результатів дослідження проведено кореляційний аналіз залежності між розподілом різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у досліджуваних ґрунтах і фітотоксичним ефектом, що вони проявляють. За шкалою Чеддока виявлено силу зв'язків між досліджуваними показниками (табл. 3).

Таблиця 3

Залежність між кількістю мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп і ФЕ ґрунтів примігстральних екосистем

Група мікроорганізмів	Коефіцієнт кореляції	Сила зв'язку
Мікроміцети	-0,74	відсутня
Амоніфікатори	0,28	слабка
БГКП	0,83	висока
Актиноміцети	0,96	дуже висока
Олігонітрофіли	0,83	висока
Азотобактер	-0,91	відсутня
Оліготрофи	-0,95	відсутня
Спорові	0,79	висока

Найвищий коефіцієнт кореляції виявлено між ФЕ та кількістю актиноміцетів у ґрунті (0,96). Високий коефіцієнт кореляції характерний також для ФЕ та БГКП (0,83), олігонітрофілів (0,83) і спорових мікроорганізмів (0,79), що за шкалою Чеддока означає високу силу зв'язку між досліджуваними параметрами. Щодо інших груп мікроорганізмів (мікроміцети, азотфіксатори, оліготрофи) встановлено відсутність залежності від їх кількості у ґрунтах і ФЕ.

Аналіз кількісного складу мікробоценозів та фітотестування дозволили виявити суттєвий негативний вплив залізничного транспорту на прилеглі екосистеми. Ґрунти поблизу залізничних шляхів характеризуються зниженою мікробіологічною активністю, що поступово підвищується на більших відстанях, і високим проявом ФЕ. Отримані результати підтверджуються подібними працями інших авторів [4]. Для поліпшення екологічного стану ґрунтів примігстральних екосистем і зменшення їх фітотоксичної активності необхідна розробка та проведення комплексу природоохоронних заходів.

Висновки

Показано порушення мікробоценозу ґрунту примігстральних екосистем. Ґрунти примігстральних залізничних екосистем характеризуються зниженим вмістом амоніфікаторів, мікроміцетів, азотобактера. Виявлено обернено пропорційну залежність між ступенем прояву ФЕ ґрунтів та відстанню від залізничної колії. Найвищий коефіцієнт кореляції виявлено між ФЕ та кількістю актиноміцетів у ґрунті (0,96), високий коефіцієнт кореляції характерний також для ФЕ та БГКП, олігонітрофілів і спорових мікроорганізмів.

Бібліографічні посилання

1. **Експериментальна ґрунтова мікробіологія** / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Л. М. Толмакова та ін. – К. : Аграрна наука, 2010. – 464 с.

2. **Ибрагимова Э.** Экологическая и фитотоксическая оценка загрязнения сельскохозяйственных почв Крыма пестицидами и солями тяжелых металлов / Э. Ибрагимова, Д. Баличиева, Э. Алиев // *Экологія та ноосферологія*. – 2006. – Т. 17, № 1–2. – С. 113–121.
3. **Кабилов Р.** Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р. Кабилов, А. Сагитова, Н. Суханова // *Экологія*. – 1997. – № 6. – С. 408–411.
4. **Комплексне вивчення екологічного стану залізничних примігстральних екосистем Закарпаття** / В. І. Ніколайчук, М. В. Кривцова, Л. Ю. Симочко та ін. // *Ґрунтознавство*. – 2009. – Т. 10, № 3–4. – С. 13–21.
5. **Процько Я. І.** Проблема впливу залізничного транспорту на екологію // *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. – 2009. – № 3. – С. 168–170.
6. **Функціонування мікробних угруповань в умовах антропогенного навантаження** / К. І. Андричук, Г. О. Іутинська, А. Ф. Античук та ін. – К. : Обереги, 2001. – 240 с.
7. **Юхновський І. Р.** Транспортний комплекс України. Залізничний транспорт: Проблеми та перспективи / І. Р. Юхновський, Г. Б. Лебеда, Т. І. Попова. – К. : ФАДА ЛТД, 2006. – 288 с.
8. **Якість ґрунту.** Відбір проб: ДСТУ ISO 10381-6-2001. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 181 с.
9. **Lockwood I. L.** Exploration and competition // *The Fungal Community: Its Orgazation and Rool in Ecosystem* / Eds. D. T. Wicklow, G. C. Carrol. – New York : Marsel Deccer, 1992. – P. 243–263.
10. **Renal** and neurologic effects of cadmium, lead, mercury, and arsenic in children: Evidence of early effects and multiple interactions at environmental exposure levels / C. de Burbure, J. P. Buchet, A. Leroyer et al. // *Environ. Health Perspect.* – 2006. – Vol. 114, N 4. – P. 584–590.
11. **Schnabel U.** Uncertainty assessment for management of soil contaminants with sparse data / U. Schnabel, O. Tietje, R. W. Scholz // *Environ. Manag.* – 2004. – Vol. 33, N 6. – P. 911–925.
12. **Targosz J.** Vibroisolation of railway crossing // *Archives of Transport.* – 2006. – Vol. 18. – P. 67–80.
13. **Uricchio V. F.** Toxicological database of soil and derived products (BDT) // *Ann Ist Super Sanita.* – 2008. – Vol. 44, N 1. – P. 81–87.

Надійшла до редколегії 14.07.2012