

Н. Е. Елланська, к.б.н., ст. наук. співробітник,
О. П. Юношева, к.б.н., наук. співробітник,
Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, відділ
алелопатії, вул. Тімірязєвська, 1, Київ 01014, Україна

МІКРОБІОТА УРБАЗЕМІВ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ м. КИЄВА ЗА ВНЕСЕННЯ КРЕМНІЄВМІСНИХ СПОЛУК

Досліджено особливості структурно-функціональної організації мікробних угруповань антропогенно порушених зон зелених насаджень м. Києва за використання кремнієвмісного мінералу анальцим. Відмічено позитивний вплив даної суміші на мікробіоту дослідного ґрунту. Виявлено збільшення чисельності мікроорганізмів, які беруть участь у трансформації сполук Нітрогену, що вказує на сприятливі умови для синтезу гумусових сполук.

Ключові слова: мікробіота; урбаземі; мікроміцети; бактерії; анальцим.

У великих густонаселених містах, таких як Київ, зелені насадження зазнають суттєвого антропогенного навантаження, тому природні механізми саморегулювання та самовідновлення порушені. Це призводить до розбалансування ценотичних та трофічних зв'язків, пригнічення розвитку агрономічно корисної мікробіоти та мікрофауни, зниження стійкості насаджень до будь-яких стресових чинників у т. ч. до фітопатогенів і шкідників, порушення нормальних процесів ґрунтоутворення, накопичення фітотоксинів як біотичного (токсичні виділення рослин та мікроорганізмів), так і абіотичного (токсичні метали, пестициди) походження.

Ґрунт слугує своєрідним депо різноманітних забруднювачів за рахунок накопичення токсичних сполук та продуктів їх трансформації упродовж тривалого терміну [3].

Ґрунти міської території вважаються одним з найбільш складних об'єктів для ґрунтознавців. В першу чергу, це пов'язано з неоднозначністю процесів ґрунтоутворення з погляду екології. На початку 1990-х рр. було висловлено припущення, що міський ґрунт – це ґрунт самостійного типу, так званий «урбазем» [10].

Стан урбаземів Київського мегаполісу активно досліджується впродовж останніх десятиріч вченими різних наукових галузей [3, 7]. Сьогодні при оцінці процесів, що відбуваються в урбаземах, значна увага приділяється їх фізичній та хімічній трансформації, зміні мікробіологічної активності [11].

Мікробне угруповання ґрунту є складною, організованою на трофічних і екологічних взаємодіях системою організмів, надзвичайно різноманітною і ба-

гатовисельною за кількістю видів, виконуваних функцій та відношенням до чинників навколишнього середовища [14].

Активно відбувається пошук нових підходів і показників з метою збільшення інформативності та об'єктивності оцінки стану ґрунтового покриву міських екосистем та вирішення задач їх охорони, попередження деградації і підтримання біорізноманіття. На сьогодні найбільш відомими заходами поліпшення стану урбаземів є внесення органічних (біогумус, компост, сидерати) меліорантів.

Тому актуальним є пошук нових ефективних, економічно рентабельних та екологічно безпечних методів подолання ґрунтовими в багаторічних міських насадженнях.

Проведені нами попередні дослідження меліоративного потенціалу та біологічної активності природних кремнієвмісних мінералів (зокрема анальциму) довели перспективність їх застосування для поліпшення родючості ґрунтів [4, 12, 13].

Необхідне розуміння того, як стійкість мікробних угруповань, що визначається здатністю протистояти та відновлюватися після будь-яких порушень, буде мати наслідки для функціонування екосистем загалом. Цим і визначається теоретичне та прикладне значення екологічних досліджень мікробних угруповань ґрунту, їх структури і активності за впливу екологічних та антропогенних чинників.

Метою роботи було вивчення особливостей структурно-функціональної організації мікробних угруповань у антропогенно порушених зонах зелених насаджень м. Києва для подолання ґрунтовими за використання природних речовин – торфу та кремнієвмісного мінералу – анальциму.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження проводили на базі відділу алелопатії Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України та на шести дослідних ділянках у найбільш забруднених та антропогенно порушених зонах зелених насаджень Оболонського району м. Києва: ділянка № 1 – проспект С. Бандери, узбіччя автомагістралі (викиди автотранспорту, засолення (ясен звичайний)); ділянка № 2 – парк «Наталка» (підвищений вміст заліза у воді для поливу, руді стовбури дерев берези повислої); ділянка № 3 – парк «Наталка» (підвищений вміст заліза у воді для поливу (клумба)); ділянка № 4 – парк «Наталка» (підвищений вміст заліза у воді для поливу (газон)); ділянка № 5 – вул. Маршала Тимошенка, роздільна смуга (викиди автотранспорту, засолення (клен звичайний)); ділянка № 6 – вул. Маршала Тимошенка, роздільна смуга (викиди автотранспорту, засолення (газон)). Ділянки було рекомендовано екологами Оболонської районної адміністрації як найбільш забруднені та антропогенно порушені зони зелених насаджень Оболонського району.

В експериментах досліджувався вплив торфосуміші з анальцимом (10:1) при внесенні 400 кг/га. Було проведено два відбори зразків прикореневого

грунту на глибині 0-20 см до внесення кремнієвмісної суміші (травень) та за 3,5 місяці після внесення (вересень). Повторність досліду п'ятиразова.

Відбір, підготовку та зберігання зразків ґрунту для дослідження аеробної мікробіоти проводили відповідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001. Виділення мікроорганізмів із свіжо відібраних зразків ґрунту здійснювали методом посіву ґрунтових суспензій у відповідних розведеннях на селективні агаризовані живильні середовища за загальноприйнятими у ґрунтовій мікробіології методиками, описаними раніше [6]. Підраховували кількість: бактерій, які споживають переважно мінеральні (крохмаль-аміачний агар (КАА)) та органічні (м'ясо-пептонний агар (МПА)) сполуки азоту; мікроміцетів (середовище Чапека); актиноміцетів (КАА). Співвідношення окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів (коефіцієнт мінералізації – імобілізації) розраховували за К.І. Андреюк [1], показник трансформації органічної речовини визначали за В.Д. Мухомою [9].

Статистичну обробку даних зроблено з використанням пакету програм *Microsoft Excel 2007*, а саме розраховували середню величину та стандартну похибку у пакеті «Аналіз даних – описова статистика».

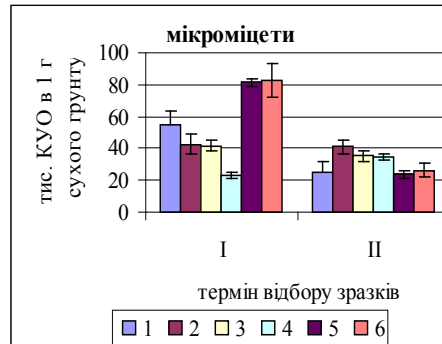
Результати дослідження та їх обговорення

Мікроорганізми, як важлива складова частини педосфери, здатні активно реагувати на антропогенні чинники, тому інформацію про кількісний та якісний склад ґрунтових мікробіоценозів доречно використовувати для моніторингу екологічного стану досліджуваних земель. Встановлено, що за ґрунтовими спостерігається зміна у складі мікробних комплексів в напрямку збільшення частки грибною мікробіоти, актиноміцетів та тенденція до зменшення кількості бактерій [8].

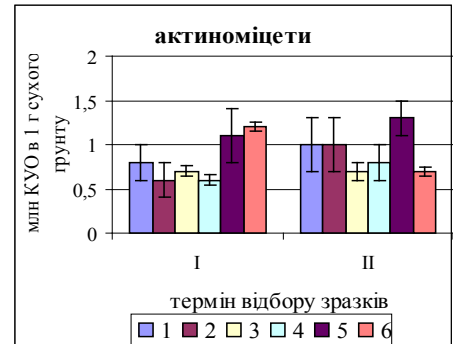
Встановлено, що до внесення кремнієвмісної суміші, найбільші показники чисельності мікроміцетів спостерігались у ґрунті ділянок № 1, № 5 та № 6 (рис. 1, А). У парку «Наталка», у варіантах, які поливаються водопровідною водою, що містила іони заліза, відмічено у 2 рази більша чисельність мікроміцетів, порівняно з ділянками, які поливаються просто водопровідною водою.

Видовий склад мікроміцетів дуже обмежений і представлений типовими сапротрофами – видами, що відносяться до родів *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Penicillium*, *Mucor*. У перших трьох варіантах відмічена велика кількість меланінвмісних колоній та представників роду *Fusarium*, які є найбільш небезпечними фітопатогенами, що продукують токсини [2].

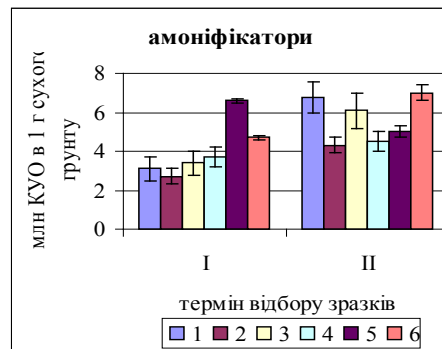
Тобто, набуття пігментації, в першу чергу, меланізація клітин – також один із проявів активної адаптивної стратегії грибів до найрізноманітніших несприятливих умов середовища. Це свідчить про напруженість мікробного ценозу ґрунту. Відомо, що гриби є індикаторами стабільності екосистеми, тому отримана залежність доводить про наявність порушення структури ґрунту й забруднення оточуючого середовища.



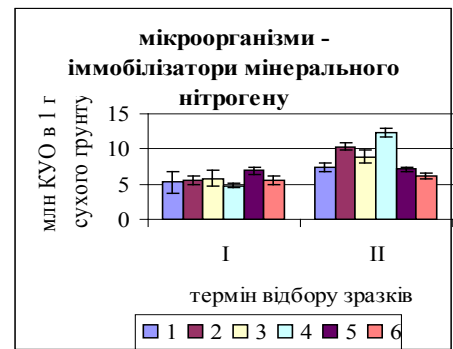
А



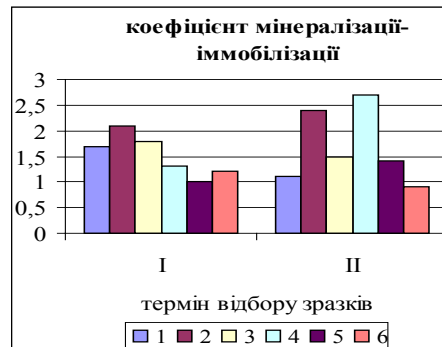
Б



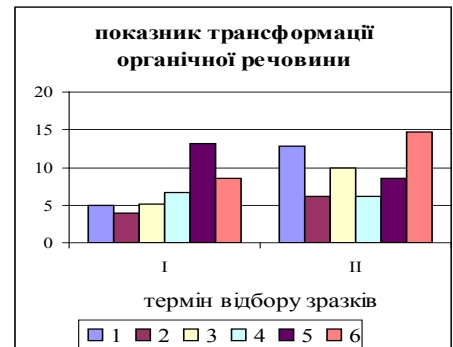
В



Г



Д



Ж

Рис. 1. Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у ґрунтових зразках Оболонського району:

1 –проспект С. Бендери; 2 – парк «Наталка» (полив водою із великим вмістом заліза); 3 – парк «Наталка» (клумба); 4 – парк «Наталка» (полив водопровідною водою, газон); 5 – вул. Маршала Тимошенка (клени); 6 – вул. Маршала Тимошенка (газон).

I – до внесення, II – за 3,5 місяці після внесення кремнієвмісної суміші

Після внесення кремнієвмісної суміші відбулося зменшення кількості мікроміцетів, особливо у зразках ґрунту № 1, № 5, № 6 (у 2,3, 3,1 та 3,5 рази відповідно), за виключенням ділянки газону у парку «Наталка» (де здійснюється полив) (рис. 2).

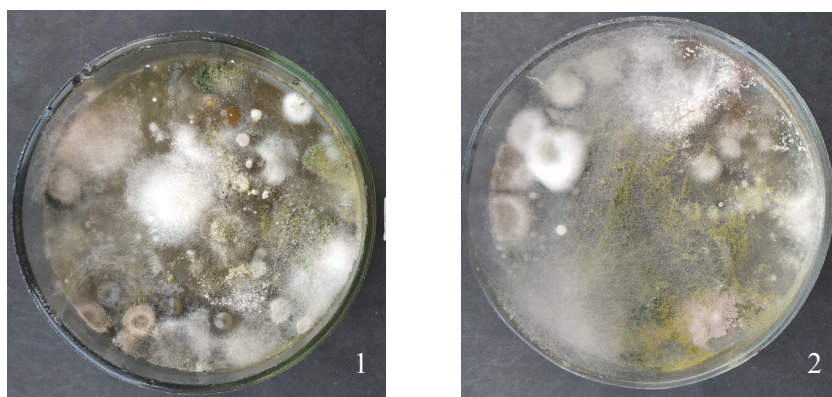


Рис. 2. Видовий склад мікроміцетів (середовище Чапека) у ґрунтових зразках проспекту С. Бандери; 1 – до внесення, 2 – за 3,5 місяців після внесення кремнієвмісної суміші (фото Н.Е. Елланської)

Таку дію кремнієвмісної суміші можна розглядати як позитивний вплив, так як надмірна кількість мікроміцетів може свідчити про накопичення токсичних метаболітів [2].

Актиноміцети – одна з найпоширеніших груп ґрунтових мікроорганізмів, здатних виживати у несприятливих умовах існування та розкладати речовини, що містять Карбон, стимулюючи процес амоніфікації [5]. Найбільша їх чисельність була виявлена у ґрунті на проспекті С. Бандери, (0,8 млн КУО) та вул. Маршала Тимошенка (1,1 - 1,2 млн КУО), (рис. 1, Б). За внесення кремнієвмісної суміші відзначалося збільшення мікроорганізмів цієї групи у всіх зразках (за виключенням № 6).

Внесення суміші істотно змінює чисельність мікроорганізмів циклу Нітрогену, в першу чергу амоніфікаторів та іммобілізаторів мінерального Нітрогену. Відмічено збільшення їх чисельності у ґрунтах більшості експериментальних ділянок (у 1,1 – 2,6 разів), що свідчить про перебудову мікробного ценозу ґрунту та вказує на наявність алохтонної мікробіоти (рис. 1, В, Г; рис. 3).

Відомо, що мікробіологічний стан ґрунту характеризує його потенціальну активність. Основною функцією мікроорганізмів у ґрунті є мінералізація органічної речовини. Оцінити напруженість мінералізаційних процесів можна за допомогою коефіцієнту мінералізації та трансформації органічної речовини, які засвідчують інтенсивність процесів мінералізації та деструкції органічних сполук. Коефіцієнт мінералізації-іммобілізації мав найвищі значення від 1,7 до 2,1 на перших трьох ділянках (рис. 1, Д). За внесення кремнієвмісної суміші

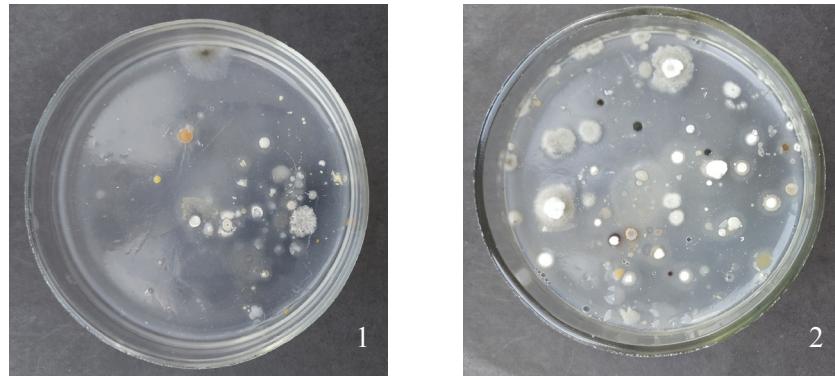


Рис. 3. Чисельність актиноміцетів та мікроорганізмів-іммобілізаторів мінерального Нітрогену (середовище КАА) у ґрунтових зразках проспекту С. Бендери; 1 – до внесення, 2 – за 3,5 місяців після внесення кремнієвмісної суміші (фото Н.Е. Елланської)

коефіцієнт мінералізації зменшився на ділянках № 1, № 3, та № 6, що вказує на більш сприятливі умови для синтезу гумусових сполук. На ділянках № 2, № 5, та особливо № 4, спостерігалось зростання коефіцієнта мінералізації, вірогідно за рахунок великої кількості мікроорганізмів, що споживають органічний та мінеральний Нітроген. А, як відомо, переважання мобілізаційних процесів у ґрунті над іммобілізаційними не завжди є позитивним, тому що може призвести до значних втрат гумусу, нагромадження токсинів у ґрунті та зниження його родючості.

Показник трансформації органічної речовини вказує на інтенсивність процесів гуміфікації, його значення залежить від співвідношення чисельності мікроорганізмів, асиміляторів циклу Нітрогену. Значення показника трансформації органічної речовини зросли за внесення кремнієвмісної суміші у всіх варіантах (за винятком № 5). Найвищі значення відмічені у варіантах № 1, № 3, та № 6, що засвідчує накопичення органічних речовин у ґрунті, підтверджуючи позитивний вплив кремнієвмісних сполук (рис. 1, Ж).

Отже, проведені дослідження дозволили оцінити склад мікробних угруповань і їх функціональну активність у забруднених та антропогенно порушених ґрунтах окремого району міста Києва до та після внесення кремнієвмісної суміші. Ряд мікробіологічних показників (зміна кількісного складу ґрунтових мікроміцетів, актиноміцетів та мікроорганізмів, що беруть участь у трансформації сполук Нітрогену, а також їх активність), доцільно використовувати при здійсненні моніторингових досліджень ґрунту з метою оцінки антропогенного впливу на екосистеми.

Отримані експериментальні дані можна рекомендувати до впровадження організаціям, що опікуються зеленими насадженнями міст щодо поліпшення родючості ґрунтів та стану рослин, які розвиваються на порушених і трансформованих ділянках.

Висновки

1. В результаті дослідження встановлено, що за внесення кремнієвмісної суміші відбулися суттєві зміни у складі мікробіоценозу урбанізованих ґрунтів Оболонського району.

2. Найбільші зміни спостерігались на примігстральних екосистемах (проект С. Бандери, роздільна смуга вул. Маршала Тимошенка) та у парку, де зафіксовано підвищений вміст іонів заліза у воді для поливу

3. Внесення кремнієвмісної суміші сприяло зменшенню коефіцієнта мінералізації на деяких дослідних ділянках (№ 1, 3, 6), що вказує на більш сприятливі умови для синтезу гумусових сполук. У свою чергу, зростання стабільних форм гумусу приводить до відновлення структури ґрунту, зменшення його щільності та активізації мікробіологічних процесів.

Стаття надійшла до редакції 02.02.2021

Список використаної літератури

1. Андрушок К. І. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К. І. Андрушок, Г. О. Іутинська, А. Ф. Антипчук та ін. – К. : Наук. думка, 2001. – 240 с.
2. Жданова Н. Н. Микобіота українського Полесья: наслідки Чорнобильської катастрофи / Н. Н. Жданова, В. А. Захарченко, А. И Василевская и др. – К: Наук. думка, 2013. – 383 с.
3. Жук Е. А. Эколого-геохимические исследования урбоэкосистем / Е. А. Жук // Пошукова та екологічна геохімія. – 2006. – № 5. – С. 55–57.
4. Заїменко Н. В. Перспективи застосування кремнієвмісної органічно-мінеральної суміші для зниження ґрунтової втрати в плодівих садах / Н. В. Заїменко, Н. А. Павлuchenko, Н. Е. Елланська, О. П. Юношева, Б. О. Іваницька, І. П. Харитоновна, Н. П. Дідик, Н. В. Росіцька // Допов. Нац. акад. наук України – 2017. – № 11. – С. 76–82. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.11.076>
5. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
6. Елланська Н. Е. Мікробні угруповання та біологічна активність прикореневого ґрунту різних *Phlox paniculata* L. / Н. Е. Елланська, Г. І. Скрипка, О. П. Юношева // Вісник Одеського нац. ун-ту. Біологія. – 2017. – Т.22, вип. 2(41). – С. 67–75. [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2017.2\(41\).113306](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2017.2(41).113306)
7. Котвіцька І. М. Важкі метали в ґрунтах київського мегаполісу / І. М. Котвіцька // Пошукова та екологічна геохімія. – 2003. – № 2/3. – С. 79–81.
8. Лобков В. Т. Биоразнообразие в агроэкосистемах как фактор оптимизации биологической активности почвы / В. Т. Лобков // Почвоведение. – 1999. – № 6. – С. 732–737.
9. Муха В.Д. Естественнo-антропогенная эволюция почв / В.Д. Муха. – М.: Колос, 2004. – 271 с.
10. Тютюнник Ю. Г. Генезис, різноманіття і екологія міських ґрунтів (на прикладі парку "Феофанія", м. Київ) / Ю. Г. Тютюнник // Gruntoznavstvo. – 2014. – Vol. 15, № 3-4. – С. 64–73. <https://doi.org/10.15421/041418>
11. Шеховцева О. Г. Екологічний моніторинг міських ґрунтів Донецького Приазов'я: матеріали V міжнарод. науч. конф. [«Регіональні екологічні проблеми»] (м. Одеса, 21-23 березня 2012 р.) / О. Г. Шеховцева. – Одеса: ОДЕКУ. – 2012. – С. 327–329.
12. Zaimenko N. V. Implementation of new technique for phyto- and chemical melioration of acidic and saline soils / N. V. Zaimenko, N. P. Didyk, N. E. Ellanska, B. O. Ivanytska, N. A. Pavluchenko, D. B. Rakhmetov, I. P. Kharytonova // Sci. innov. – 2016. – V. 12, № 1. – P. 58–68. <http://dx.doi.org/10.15407/scine12.01.058>
13. Zaimenko N.V. Natural silicates mixed with organic fertilizers enhance corn adaptation to salt stress and improve physical characteristics of sandy soil / N. V. Zaimenko, N. P. Didyk,

- N A. Pavliuchenko, B. O. Ivanytska, I. P. Kharytonova, N. V. Rositska // Journal of Crop Improvement. – 2018, – V. 32, № 2 – P. 188–207. <https://doi.org/10.1080/15427528.2017.1405856>
14. Nannipieri P, Microbial Diversity and Soil Functions / P. Nannipieri, J. Ascher, M.T. Ceccherini [et al]. // European Journal of Soil Science. – 2017. – 68 (1). – P. 12–26. https://doi.org/10.1111/ejss.4_12398

Н. Е. Елланська, О. П. Юношева

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, відділ алелопатії, вул. Тимірязєвська, 1, Київ 01014, Україна,
email: n.ellanska@gmail.com

МІКРОБІОТА УРБАЗЕМІВ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ м. КИЄВА ЗА ВНЕСЕННЯ КРЕМНІЄВМІСНИХ СПОЛУК

Резюме

Проблема. Інтенсивне антропогенне навантаження на урбоекосистеми у великих містах, таких як Київ, призводить до розбалансування ценотичних та трофічних зв'язків, пригнічення розвитку агрономічно корисної мікробіоти та мікрофауни, зниження стійкості насаджень до будь-яких стресових чинників, порушення нормальних процесів ґрунтоутворення. Тому актуальним є пошук нових ефективних, економічно рентабельних та екологічно безпечних методів подолання ґрунтовтоми в багаторічних міських насадженнях.

Мета. Вивчення особливостей структурно-функціональної організації мікробних угруповань ґрунту у антропогенно порушених зонах зелених насаджень м. Києва для подолання ґрунтовтоми за використання природних речовин – кремнієвмісного мінералу анальцим.

Методи. Дослідження проводили на базі відділу алелопатії Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України. Об'єктами були вибрані шість дослідних ділянок у найбільш забруднених та антропогенно порушених зонах зелених насаджень Оболонського району м. Києва. Двічі за рік відібрано зразки прикореневого ґрунту на глибині 0-20 см до внесення (травень) та за 3,5 місяці після внесення кремнієвмісної суміші (торфосуміш з анальцимом) (вересень). Відбір, підготовку та зберігання зразків ґрунту для дослідження аеробної мікробіоти проводили відповідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001. Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп, спрямованість мікробіологічних процесів, ідентифікацію мікроміцетів ґрунту визначали за загальноприйнятими у мікробіології методами.

Результати. Результати проведеної роботи показали, що за 3,5 місяці після внесення кремнієвмісної суміші відбулися суттєві зміни у структурі мікробіоценозу дослідних ґрунтів. Виявлено збільшення чисельності мікроорганізмів, які беруть участь у трансформації сполук Нітрогену, та зменшення фітотоксичних форм ґрунтових грибів, що вказує на сприятливі умови для синтезу гумусових сполук. Найбільші зміни спостерігались на узбіччі автомагістралі з активними викидами автотранспорту та у парку, де зафіксовано підвищений вміст іонів заліза у воді для поливу.

Висновки. Проведені дослідження дозволили оцінити структурно-функціональну організацію мікробних угруповань ґрунтів окремого району міста Києва за різного антропогенного впливу до та після внесення кремнієвмісної суміші.

Ключові слова: мікробіота; урбаземи; мікроміцети; бактерії; анальцим.

N. E., Ellanska, O. P. Yunosheva

M. M. Grishko National Botanic Garden NAS Ukraine,
Timiriazevska st. 1, Kyiv 01014, Ukraine, e-mail: n.ellanska@gmail.com

MICROBIOTA OF URBAN SOILS OF GREEN PLANTATIONS OF KYIV WITH THE ADDITION OF SILICON-CONTAINING COMPOUNDS

Abstract

Problem. Intensive human pressure on urban ecosystems in big cities, such as Kyiv, leads to cenotic and trophic relations disbalance, agronomically useful microbiota and microfauna inhibition, plant resistance to any stressors decrease and disruption of normal soil formation. Therefore, it is important to find new effective, economically viable and environmentally safe methods to overcome soil sickness in city plantations.

Aim. To study the structural and functional peculiarities of organization of soil microbial groups in anthropogenically disturbed zones of Kyiv green plantations in order to overcome soil fatigue with the use of natural substances - silicon-containing mineral analcime.

Methods. Investigations were carried out on the basis of the National Botanical Garden M.M. Gryshko NAS of Ukraine, Department of Allelopathy. Six research regions in the most contaminated and anthropogenically disturbed green areas of the Kyiv Obolonsky district were selected as objects. Twice a year, samples of root soil were taken at 0-20 cm depth before application (May) and 3.5 months after application of silicon-containing mixture (analcime) (September). The selection of soil samples, preparation and saving for the study of aerobic microbiota were carried out in accordance with ISO 10381-6-2001. The quantity of microorganisms of main ecological and trophic groups, direction of microbiological processes, identification of soil micromycetes were determined by conventional microbiological methods.

Results. The results of this work showed that 3.5 months after the addition of the silicon-containing mixture, there were significant changes in the structure of the soil microbiocenosis. The increase in the number of microorganisms involved in the transformation of nitrogen compounds and the reduction of phytotoxic forms of soil fungi were detected, which indicates favorable conditions for the synthesis of humic compounds. The biggest changes were observed on the side of the highway with active emissions from automobiles and in the park, where higher content of iron ions was determined in the water for irrigation.

Conclusions. The conducted research made it possible to estimate the structural and functional organization of microbial groups of the soils in a separate Kyiv district

under different anthropogenic influence before and after the addition of silicon-containing mixture.

Key words: microbiota; urban soils; micromycetes; bacteria; analcime.

References

1. Andreiuk K.I. et al. (2001) The functioning of microbial communities in soil under anthropogenic load [Funktsionuvannia mikrobykh tsenoziv gruntu v umovakh antropohennoho navantazhennia] K.I. Andreiuk, G.O. Iutynska, A.F. Antypchuk etc. – K. : Nauk. Dumka, 240 p.
2. Zhdanova N.N. et al. (2013) *Mycobiota of Ukrainian Polissya: the consequences of the Chernobyl accident* [Mikrobiota ukrainskogo Poles'ya: posledstviya CHernobyl'skoj katastrofy]. K: Nauk. Dumka, 383 p.
3. Zhuk E.A. (2006) *Ecological and geochemical urboekosistem reserches*. [Ekologo-geokhimicheskie issledovannia urboekosistem], Exploratory and ecological geochemistry, 5, pp. 55-57.
4. Zaimenko N.V., Pavliuchenko N.A., N.E Ellanska N.E., Yunosheva O.P., Ivanytska B.O., Kharytonova I.P., Didyk N.P., Rositska N.V. (2017) *Prospects of Application of a Siliceous Organo-mineral mixture to Reduce the soil Sickness in Orchards* [Perspektyvy zastosuvannia kremniievmisnoi orhano-mineralnoi sumishi dlia znyzhennia gruntovtomy v plodovykh sadakh] Dopov. Nats. akad. nauk Ukr., 11, pp. 76–82. DOI: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.11.076>
5. Zvyaginets D.G.(1987) *Soil and microorganisms* [Pochva i mikroorganizmy] M.: MSU Publishing House, 256 p.
6. Ellanska N.E., Skrypka H.I., Yunosheva O.P. (2017) *Microbial group and biological activity of the root environment in Phlox paniculata L.* [Mikrobnii uhrupovannia ta biolohichna aktyvnist pryko-renevoho gruntu riznykh Phlox paniculata L.] Visnyk Odeskoho nats. un-tu. Serii biolohichna, V.22, 2 (41), pp. 67–75. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2017.2\(41\).113306](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2017.2(41).113306)
7. Kotvitska I.M. (2003) *Heavy metals in the soils of the Kiev metropolis* [Vazhki metaly v hruntakh kyivskoho mehapolisu] Poshukova ta ekolohichna heokhimiia, 2/3, pp. 79–81.
8. Lobkov V.T. (1999) *Agroecosystems biodiversity as a factor in optimizing soil biological activity* [Bioraznoobrazie v agroekosistemah kak faktor optimizatsii biologicheskoy aktivnosti pochvy] Soil science, 6, pp.732-737.
9. Mukha V.D. (2004) *Naturally-anthropogenic evolution of soil* [Estestvenno-antropogennaya evolyutsiya pochvy], Moscow : Kolos, 271 p.
10. Tiutiunnyk Yu. H. (2014) *Genesis, diversity and ecology of urban soils (for example the park «Feofania», Kiev* [Henezyz, riznomanittia i ekolohiia miskykh gruntiv (na prykladi parku "Feofania", m. Kyiv)] Gruntoznavstvo, V.15, 3-4, pp. 64–73. DOI: <https://doi.org/10.15421/041418>
11. Shekhovtseva O.H. (2012) *Ecological monitoring of urban soils of Donetsk Priazovye* [Ekolohichnyi monitorynh miskykh gruntiv Donetskoho Pryazovia] Abstracts of V international. scientific conf. ["Regional environmental problems"] (Odessa, March 21-23, 2012) Odesa: ODEKU, pp. 327–329.
12. Zaimenko N.V., Didyk N.P., Ellanska N.E., Ivanytska B.O., Pavluchenko N.A., Rakhmetov D.B., Kharytonova I.P. (2016) *Implementation of new technique for phyto- and chemical melioration of acidic and saline soils*, Sci. innov., V. 12 (1), pp. 58–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/scin12.01.058>
13. Zaimenko N.V., Didyk N.P., Pavliuchenko N.A., Ivanytska B.O., Kharytonova I.P., Rositska N.V. (2018) *Natural silicates mixed with organic fertilizers enhance corn adaptation to salt stress and improve physical characteristics of sandy soil* Journal of Crop Improvement, V. 32(2) pp. 188–207. <https://doi.org/10.1080/15427528.2017.1405856>
14. Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M.T., Landi L., Pietramellara G., Renella G. (2017) *Microbial Diversity and Soil Functions*, European Journal of Soil Science, V. 68 (1). pp.12–26. https://doi.org/10.1111/ejss.4_12398