

В. В. Кацевич✉, **Х. В. Стрепетова**, **К. К. Голобородько**, **В. М. Ловинська**,
С. А. Ситник, **І. К. Ніковська**, **Г. О. Петрушина**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49600*

**ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ ДЕРЕВНИХ
РОСЛИН НА ФЕРМЕНТАТИВНУ АКТИВНІСТЬ УРБАНІЗОВАНИХ
ГРУНТІВ У ПАРКУ ІМ. Т. Г. ШЕВЧЕНКА (М. ДНІПРО)**

У статті досліджено ферментативну активність ґрунтів під інтродукованими листяно-декоративними деревами в урбанізованих умовах парку ім. Т. Г. Шевченка в м. Дніпро. Було визначено активність каталази, дегідрогенази, уреаз та інвертази в ґрунтах під кронами дерев і поза ними. Результати досліджень свідчать, що умови аерації та освітленості поза кронами значно впливають на підвищення активності ферментів, особливо для дерев з високою інтенсивністю опадів. Найвища активність каталази спостерігалася під гіркокаштаном звичайним, а активність дегідрогенази була максимальною в ґрунтах під робінією звичайною. Уреазна активність зростала під деревами з багатим органічним опадом, а інвертаза демонструвала найвищі показники під кленом ясенелистим. Дослідження підкреслює вплив різних видів дерев на біохімічні процеси ґрунтів, що дозволяє більш ефективно оцінювати екологічний стан урбанізованих територій.

Ключові слова: ферментативна активність, урбанізовані ґрунти, каталаза, дегідрогеназа, уреаз, інвертаза, органічний опад, мікроклімат.

V. V. Katsevych✉, **Kh. V. Strepetova**, **K. K. Holoborodko**, **V. M. Lovynska**,
S. A. Sytnyk, **I. K. Nikovska**, **G. O. Petrushyna**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

**PECULIARITIES OF THE INFLUENCE OF INTRODUCED TREE SPECIES
ON THE ENZYMATIC ACTIVITY OF URBAN SOILS
IN SHEVCHENKO PARK (DNIPRO CITY)**

This article investigates the enzymatic activity of soils under introduced broadleaf and decorative tree species in the urban environment of Shevchenko Park, Dnipro, Ukraine. Urbanization significantly alters the structure and biological properties of soils, and soil enzymes serve as key biomarkers for assessing soil biological activity, playing a vital role in organic matter decomposition and nutrient cycling. The study aimed to evaluate the influence of various tree species on the activity of oxidoreductase enzymes (catalase, dehydrogenase) and hydrolase enzymes (urease, invertase) in the soils of Shevchenko Park. It also aimed to examine differences in enzymatic activity between soil under tree canopies and open areas to

✉ E-mail: katsevych.v.v@dsau.dp.ua

assess how environmental factors such as shading and organic matter accumulation impact soil biochemical processes. The research was conducted in Shevchenko Park, covering 130 hectares, with more than 70 native and introduced tree species. Soil samples were collected from a depth of 0–20 cm both under tree canopies and in open areas outside the canopies of species such as common horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.), sugar maple (*Acer saccharum* Marshall), Siberian elm (*Ulmus pumila* L.), western hackberry (*Celtis occidentalis* L.), honey locust (*Gleditsia triacanthos* L.), and red oak (*Quercus rubra* L.). Soil samples were taken in August 2023, under stable dry weather. Enzyme activity was measured using standard methods: catalase activity was determined by the oxygen released during hydrogen peroxide decomposition, dehydrogenase by the formation of triphenyl formazan (TTF) from tetrazolium salt, urease by the amount of ammonia (NH_4^+) produced from urea hydrolysis, and invertase by the amount of glucose produced from sucrose hydrolysis. The results revealed significant differences in enzyme activity depending on tree species and the location of soil samples (under or outside the canopy). In general, soils outside the canopies showed higher enzyme activity due to better aeration, sunlight exposure, and higher temperatures, which promote biochemical processes. Measurements showed that catalase activity in soils outside the canopies of trees such as sugar maple and western hackberry reached values of $4.45 \text{ cm}^3 \text{ O}_2/\text{g}$ and $4.33 \text{ cm}^3 \text{ O}_2/\text{g}$, respectively, which exceeded the activity under the canopies by 15–20%. This confirms that better aeration and lighting conditions outside the canopies promote the activation of oxidation-reduction processes. Meanwhile, under the canopies of trees such as horse chestnut, catalase activity remained at $5.2 \text{ cm}^3 \text{ O}_2/\text{g}$, which is explained by the high capacity of these trees to produce abundant litter that affects the chemical and physical properties of the soil. It was found that dehydrogenase activity outside the canopies of trees such as honey locust and Japanese pagoda tree reached $48.15 \text{ mg TTF}/10 \text{ g}$ and $58.46 \text{ mg TTF}/10 \text{ g}$ in 24 hours, respectively, which was 25–30% higher than the values under the canopies. This is due to improved soil aeration and increased light access, which enhances microbial activity. High dehydrogenase activity was noted both under the canopy ($78.42 \text{ mg TTF}/10 \text{ g}$) and outside the canopy ($85.14 \text{ mg TTF}/10 \text{ g}$) of black locust, indicating the positive impact of the nitrogen-fixing properties of this plant on microbial activity, even in shaded conditions. The highest urease activity was recorded under the canopies of common horse chestnut ($18.16 \text{ mg NH}_4^+/\text{g}$ in 24 hours) and green ash ($20.33 \text{ mg NH}_4^+/\text{g}$ in 24 hours). In contrast, under the canopy of red oak, urease activity was only $3.2 \text{ mg NH}_4^+/\text{g}$ in 24 hours, nearly 30% lower than outside the canopy ($10.7 \text{ mg NH}_4^+/\text{g}$ in 24 hours), which is explained by the high content of phenolic compounds that inhibit microbial activity. Invertase activity was highest under the canopies of green ash ($108.15 \text{ mg glucose}/\text{g}$ in 24 hours) and black locust ($89.51 \text{ mg glucose}/\text{g}$), indicating the accumulation of rich organic litter that stimulates carbohydrate decomposition processes and provides microorganisms with essential resources. Areas outside the canopy, such as under the Pennsylvanian ash ($81.55 \text{ mg glucose}/\text{g}$), showed high activity due to better aeration and lighting conditions, which promote the activation of enzymatic processes. This research provides new insights into how different tree species affect the enzymatic activity of soils in urban environments. It highlights the role of organic litter and aeration in driving soil biochemical processes, essential for assessing the ecological state of urban soils. The study's findings contribute to the broader understanding of how urban tree species influence soil health and resilience to environmental stresses.

The results of this study have practical implications for urban green space management and soil conservation. By understanding how different tree species affect soil enzymatic activity, urban planners can make informed decisions on selecting tree species for parks and urban landscapes. The findings also suggest strategies for improving urban soil health, such as enhancing organic matter content and optimizing aeration conditions, to mitigate the negative impacts of urbanization on soil ecosystems.

Key words: enzymatic activity, urban soils, catalase, dehydrogenase, urease, invertase, organic litter, urbanization.

Вступ

Процес урбанізації є однією з основних причин деградації природних екосистем. В процесі урбанізації змінюється структура ґрунтового покриву, фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунтів. Однією з найбільших проблем урбанізованих територій є зниження родючості ґрунтів, що супроводжується зниженням біологічної активності та різноманітності мікроорганізмів. Ґрунтові ферменти є ключовими біомаркерами для оцінки біологічної активності ґрунту, оскільки вони відіграють важливу роль у процесах розкладу органічної речовини, кругообігу вуглецю, азоту та інших елементів [1, 13].

Дослідження ферментативної активності ґрунтів під деревами різних видів вказують на суттєві відмінності в біологічних властивостях ґрунтів. Наприклад, за даними дослідження W. Wu та ін., активність дегідрогенази була вищою під мішаними насадженнями, ніж під насадженнями, представленими монокультурами [2]. Подібні результати були отримані в дослідженнях тропічних агроекосистем, де уреазна активність у ґрунтах під бобовими деревами родини Fabaceae була вищою завдяки наявності азотфіксуючих бактерій [3]. У той самий час дослідження в Китаї вказує на інгібувальний вплив фенольних сполук, присутніх у ґрунті під червоним дубом (*Quercus rubra*), що призводило до зниження ферментативної активності на 10–15 % [4].

Таким чином, ферментативна активність ґрунтів є чутливим показником екологічного стану ґрунтів в умовах урбанізованих територій. Різні види дерев створюють унікальні мікрокліматичні умови під кронами, що впливає на інтенсивність біохімічних процесів у ґрунті.

Метою нашого дослідження було визначення впливу деревних порід на активність ферментів-оксидоредуктаз (каталаза, дегідрогеназа) та ферментів-гідролаз (уреаза, інвертаза) у ґрунтах парку ім. Т. Г. Шевченка, м. Дніпро. Дослідження також спрямоване на вивчення відмінностей ферментативної активності ґрунтів під кронами дерев та поза ними.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводилися на території парку ім. Т.Г. Шевченка, площа якого становить близько 130 га. Деревно-чагарниковий комплекс представлений більше ніж 70 видами, серед яких переважають такі інтродуковані листяно-декоративні види, як гірकोкаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.), клен цукристий (*Acer saccharum* Marshall), в'яз низький (*Ulmus pumila* L.), каркас західний (*Celtis occidentalis* L.), гледичія колюча (*Gleditsia triacanthos* L.), софора японська (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott), ясен пенсильванський (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), дуб червоний

(*Quercus rubra* L.), айлант найвищий (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), гімнокладус дводомний (*Gymnocladus dioica* (L.) K.Koch) та клен ясенелистий (*Acer negundo* L.). Загалом на території парку налічується понад 2 тисячі кущів та близько 8 тисяч дерев.

Для визначення ферментативної активності ґрунтів зразки були відібрані з глибини 0–20 см під кронами і поза кронами дерев зазначених видів. Зразки ґрунту відбирали у серпні 2023 року в умовах стабільної сухої погоди. Активність ґрунтових ферментів визначали за методичними рекомендаціями А. Галстяна [5] та Ф. Хазієва [6]. Активність каталази визначали за об'ємом виділеного кисню (O_2) при розкладанні перекису водню (H_2O_2). Активність дегідрогенази вимірювалася за кількістю трифенілформазану (ТТФ), який утворюється в результаті відновлення тетразолію під дією мікроорганізмів протягом 24 годин. Ферментативна активність уреазы визначалася за кількістю аміаку (NH_4^+), що утворювався при гідролізі сечовини, а активність інвертази визначалася кількістю глюкози, що утворювалася в результаті розщеплення сахарози.

Результати та обговорення

Активність ферментів, таких як каталаза, дегідрогеназа, уреазы та інвертаза, є показниками загального стану ґрунтової біоти, її здатності до адаптації в умовах урбанізованих середовищ. Загальновідомо, що каталаза каталізує розклад перекису водню, що важливо для регуляції окисних процесів у ґрунті. Дегідрогеназа є індикатором загальної метаболічної активності мікроорганізмів. Уреазы каталізує гідроліз сечовини до амонію, а інвертаза бере участь у процесах розкладу вуглеводів. Вимірювання активності цих ферментів дозволяє оцінити стан ґрунту з точки зору його здатності підтримувати екосистемні процеси [1, 7, 11, 13, 14].

Аналіз активності каталази в ґрунтах під кронами дерев та поза ними (рис. 1 та 2) свідчить про певну залежність ферментативної активності від умов аерації та накопичення органічної речовини. У більшості випадків активність каталази поза кронами є дещо вищою, що можна пояснити температурним режимом, який сприяє активізації ферментативних процесів. Дослідження А. Ф. Кулік та О. М. Василюк підтверджують, що каталаза є чутливим біомаркером для оцінки окисно-відновних процесів у ґрунті [7].

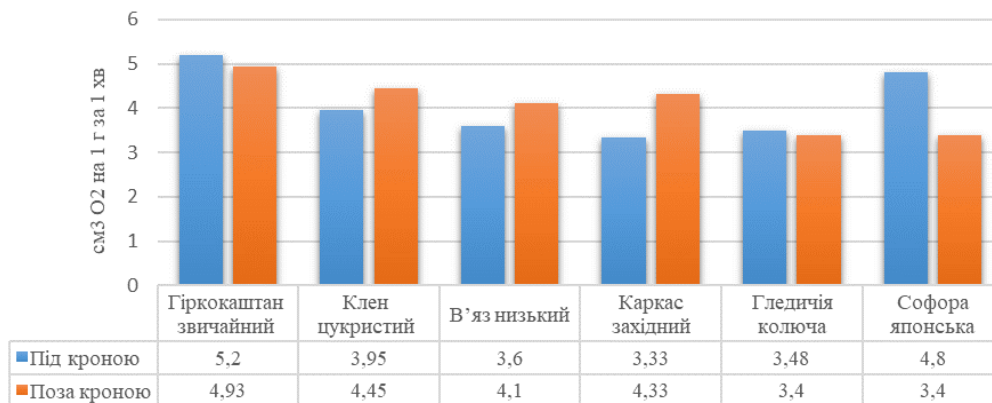


Рис. 1. Активності каталази в ґрунтах під кронами дерев та поза ними

Гірकोкаштан звичайний демонструє найбільшу активність каталази під кроною (5,2 см³ O₂/г), хоча поза кроною цей показник незначно знижується до 4,93 см³ O₂/г. Подібні результати отримано при дослідженні активності каталази під кроною (4,8 см³ O₂/г) та поза кроною (3,4 см³ O₂/г) софори японської (рис. 1). Це може бути пов'язано з тим, що опад, багатий на органічний матеріал, під кроною підтримує стабільну активність каталази. Результат дослідження для каркаса західного показав, що активність каталази поза кроною (4,33 см³ O₂/г) є суттєво вищою, ніж під кроною (3,33 см³ O₂/г) (рис. 1). Це свідчить про те, що затінення під кроною може суттєво впливати на температурний режим ґрунту, а опад на доступ кисню та перешкоджати активізації окисно-відновних процесів у ґрунті, як зазначено у дослідженнях N. Polláková та ін. [8, 9]. Подібна тенденція прослідковується і в ґрунтах під кленом цукристим та в'язом низьким: активність каталази під кронами цих дерев (3,95 і 3,6 см³ O₂/г відповідно) дещо нижча порівняно з активністю поза кронами (4,45 і 4,1 см³ O₂/г відповідно) (рис. 1). Це підтверджує загальну закономірність, за якої умови аерації ґрунту поза кронами більш сприятливі для активізації окисно-відновних ферментів. Для гледичії колючої активність каталази практично однакова під кроною та поза кроною. Така стабільність може бути пов'язана з рівномірним розподілом опаду та відносно добрими умовами аерації навіть під кронами дерев. Дослідження N. Polláková та ін. [8, 9] підтверджують, що на активність каталази можуть впливати не лише аераційні умови, а й хімічний склад опаду.

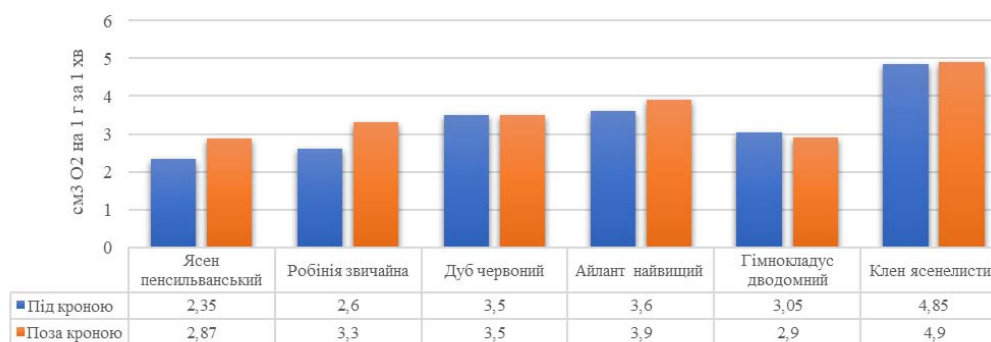


Рис. 2. Активності каталази в ґрунтах під кронами дерев та поза ними

Дослідження ґрунтів під ясенем пенсильванським та робінією звичайною показали значне зниження активності каталази під кроною порівняно з ділянками поза нею, що підтверджує роль доступу кисню та накопичення вологи у зниженні ферментативної активності в умовах затінення. Результати аналізу проб, взятих під дубом червоним, айлантом найвищим та гімнокладусом дводомним, також демонструють незначні відмінності в активності каталази між підкрановими та позакрановими ґрунтами, що може бути пов'язано з особливостями їх опаду, який впливає на мікробіологічну активність ґрунтів. Стабільно висока активність каталази відмічена в ґрунтах під кленом ясенелистим як під кроною (4,85 см³ O₂/г), так і поза нею (4,9 см³ O₂/г) (рис. 2). Це може свідчити про те, що це дерево здатне підтримувати сприятливі умови для ферментативної активності незалежно від затінення, що також

підтверджується дослідженнями N. Polláková та ін. [8, 9], де вказується на важливу роль хімічного складу опаду.

Отримані результати свідчать, що активність каталази залежить від умов освітлення та аерації ґрунтів. У більшості випадків активність ферменту є вищою поза кронами дерев, що вказує на вплив доступу кисню та рівня вологи на ферментативні процеси. Однак для деяких дерев, таких як клен ясенелистий, активність каталази залишається стабільно високою як під кронами, так і поза ними, що вказує на стійкість цього виду до змін у мікрокліматичних умовах.

Активність дегідрогенази в ґрунтах під кронами дерев і поза ними вказує на значну різницю, що зумовлена аераційними умовами, освітленістю, температурним режимом та доступністю поживних речовин (рис. 3 та 4). Загалом спостерігається тенденція до вищої активності дегідрогенази поза кронами дерев, що відповідає попереднім дослідженням О. Г. Шеховцової [10] про вплив аерації на мікробну активність у ґрунтах.

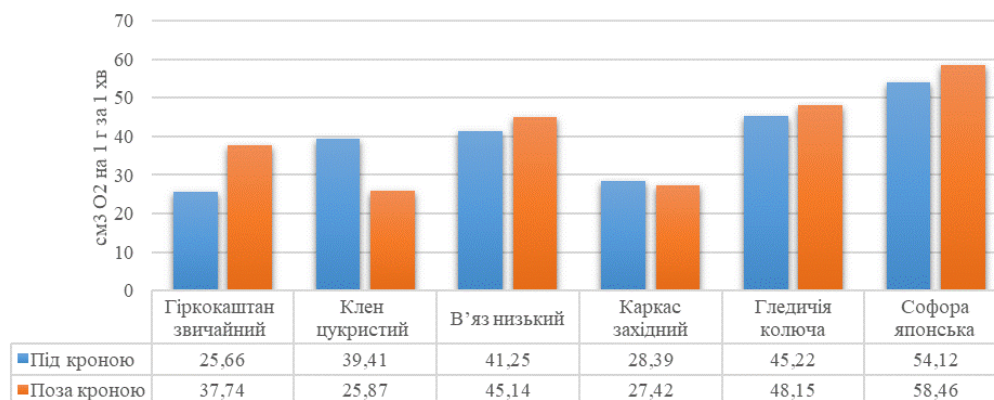


Рис. 3. Активності дегідрогенази в ґрунтах під кронами дерев та поза ними

Результати дослідження ґрунтів під гіркокаштаном звичайним демонструють суттєво вищу активність дегідрогенази поза кроною (37,74 мг ТТФ/10 г), порівняно з під кроною (25,66 мг ТТФ/10 г). Для ґрунтів, відібраних під в'язом низьким та гледичією колючою, спостерігається аналогічна картина: активність дегідрогенази під кроною становить 41,25 та 45,22 мг ТТФ/10 г відповідно, тоді як поза кроною ці показники значно вищі – 45,14 та 48,15 мг ТТФ/10 г (рис. 3). Це можна пояснити тим, що під кроною дерева утворюються умови з підвищеною вологістю та меншим доступом кисню через густий опад, що сприяє анаеробним процесам. Подібні висновки зроблені в дослідженні N. Polláková та ін. [8, 9], де встановлено зниження активності дегідрогенази під густими кронами дерев. Також у дослідженнях зазначено, що саме доступ кисню є критичним чинником для окисно-відновних процесів, до яких залучені ферменти. Результати дослідження ґрунтів під кленом цукристим та каркасом західним демонструють вищу активність дегідрогенази під кронами (39,41 і 28,39 мг ТТФ/10 г відповідно), що можна пояснити накопиченням опаду, який сприяє розвитку мікроорганізмів (рис. 3). Відносно високі показники активності дегідрогенази встановлені в ґрунтах під софорою японською, як під кроною (54,12 мг ТТФ/10 г), так і поза нею (58,46 мг ТТФ/10 г) (рис. 3). Така

стабільність може бути пов'язана з багатим органічним опадам цієї рослини, який створює сприятливі умови для активності мікроорганізмів навіть у більш затінених умовах. Це підтверджується рядом досліджень, де встановлено позитивний вплив органічного матеріалу на ферментативну активність у ґрунтах [1, 7, 11, 13, 14].

Дослідження ґрунтів під ясенем пенсильванським та гімнокладусом дводомним демонструють вищу активність дегідрогенази під кроною (66,84 мг ТТФ/10 г та 35,44 мг ТТФ/10 г відповідно), що може бути пов'язано з накопиченням поживних речовин під кроною, які сприяють розвитку мікроорганізмів (рис. 4). Для дуба червоного, айланта найвищого та робінії звичайної спостерігається значно вища активність дегідрогенази поза кронами (30,25, 40,88 та 85,14 мг ТТФ/10 г відповідно), що свідчить про вплив доступу до світла і кисню, які стимулюють ферментативну активність у відкритих ґрунтах (рис. 4). Найвищу активність дегідрогенази під кроною продемонстрував клен ясенелистий (72,14 мг ТТФ/10 г), що вказує на здатність цього дерева підтримувати сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів навіть у затінених умовах завдяки багатому опаду. Однак активність дегідрогенази поза кроною (55,54 мг ТТФ/10 г) все ж залишається високою через кращу аерацію та доступ до сонячного світла.

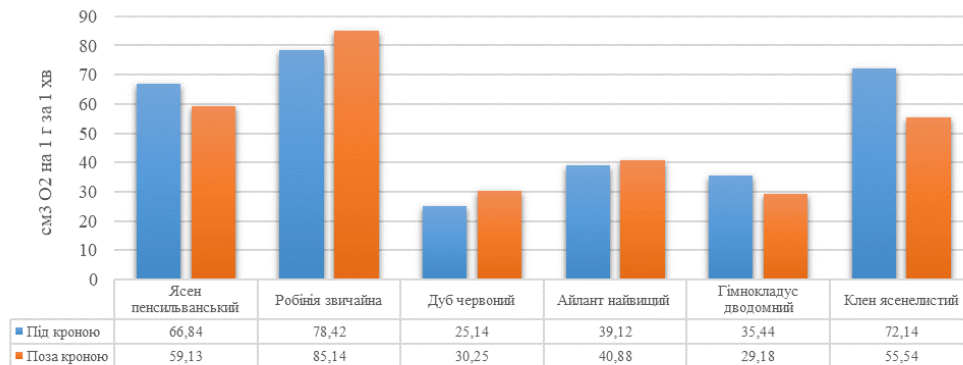


Рис. 4. Активності дегідрогенази в ґрунтах під кронами дерев та поза ними

Отримані результати свідчать про те, що активність дегідрогенази в ґрунтах значною мірою залежить від умов аерації та освітлення. У більшості випадків активність ферменту є вищою поза кронами дерев через кращий доступ кисню та сонячного світла, що сприяє розвитку аеробних мікроорганізмів. Водночас для деяких дерев, таких як ясен пенсильванський, робінія звичайна та клен ясенелистий, активність дегідрогенази залишається високою навіть під кронами завдяки специфічному складу опаду та здатності накопичувати поживні речовини.

Аналіз активності уреазы в ґрунтах під кронами дерев і поза ними вказує на значні відмінності, які можна пояснити впливом екологічних факторів, таких як аерація, вологість і доступність органічних речовин (рис. 5 та 6). Загалом спостерігається тенденція до вищої активності уреазы під кронами дерев, що

пов'язано з накопиченням органічного матеріалу та вологістю, що створює сприятливі умови для розкладання сечовини мікроорганізмами.

Отримані результати для гіркокаштана звичайного та софори японської демонструють значно вищу активність уреазу під кроною (18,16 та 4,95 мг NH_4^+ /г за 24 год відповідно), порівняно з показником поза кроною (1,82 та 1,75 мг NH_4^+ /г за 24 год відповідно) (рис. 5). Це можна пояснити великою кількістю органічного опаду під кроною дерев, який служить субстратом для мікроорганізмів, що сприяє активному метаболізму азоту. Такі результати підтверджуються даними досліджень О. Г. Шеховцової [10], А. Ф. Кулик та ін. [11], де накопичення органіки позитивно впливає на активність уреазу. Для клена цукристого, в'яза низького та каркаса західного спостерігається протилежна тенденція: активність уреазу поза кроною вища (4,99, 9,65 та 5,31 мг NH_4^+ /г за 24 год відповідно) порівняно з під кроною (3,34, 6,85 та 3,75 мг NH_4^+ /г за 24 год відповідно) (рис. 5). Це можна пояснити кращими умовами аерації, оптимальною вологістю та доступом до світла, що стимулює мікробну активність поза кроною. Під кроною дерев волога утримується довше через зниження випаровування внаслідок затінку. Хоча це може здаватися сприятливим для мікробної активності, надмірна вологість іноді знижує активність уреазу, оскільки анаеробні умови (через брак кисню) можуть розвиватися швидше. Це пригнічує роботу аеробних мікроорганізмів, які продукують уреазу. Поза кроною дерева грунт може бути краще провітрюваним і не так затримує вологу, що сприяє активності аеробних мікроорганізмів і збільшує рівень активності уреазу. Для гледичії колючої активність уреазу поза кроною також вища, що вказує на важливість аераційних умов. Активність під кроною для гледичії становить лише 1,2 мг NH_4^+ /г, що свідчить про сильний вплив затіннення та підвищеної вологості під кронами на пригнічення ферментативної активності. Поза кроною, де більше сонячного світла, грунт нагрівається краще, що стимулює мікробну активність і сприяє вищій активності уреазу. У таких умовах ферментативні процеси відбуваються швидше, особливо за підвищеної температури.



Рис. 5. Активності уреазу в ґрунтах під кронами дерев та поза ними

Вища активність уреазу в ґрунтах під робінією звичайною відмічена під кроною (3,34 мг NH_4^+ /г відповідно), що свідчить про позитивний вплив органічного опаду, який забезпечує субстрат для мікроорганізмів навіть у менш аерованих умовах (рис. 6). Робінія, як азотфіксувальне дерево, особливо сприяє

розвитку ферментативної активності в затінених ґрунтах. Цікаві результати спостерігаються для дуба червоного, де активність уреазі поза кроною значно вища (10,7 мг NH_4^+ /г за 24 год) порівняно з під кроною (3,2 мг NH_4^+ /г) (рис. 6). Це узгоджується з дослідженнями Talbot J. M., Finzi A. C. [12], які вказують на те, що дубовий опад може містити фенольні сполуки, які пригнічують ферментативну активність під кроною. Результати дослідження ґрунту під кленом ясенелистим показують найвищу активність уреазі під кроною (20,33 мг NH_4^+ /г за 24 год), що свідчить про значний вплив органічного опаду на стимуляцію мікробної активності в цих ґрунтах. Показники поза кроною також залишаються високими (9,29 мг NH_4^+ /г), що свідчить про стійкість цього дерева до різних умов середовища (рис. 6).

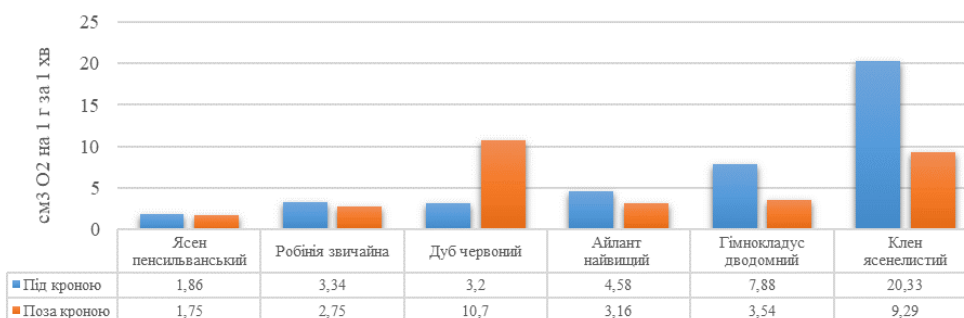


Рис. 6. Активності уреазі в ґрунтах під кронами дерев та поза ними

Активність уреазі в ґрунтах під кронами та поза ними демонструє суттєві відмінності, зумовлені екологічними умовами. Вища активність під кронами дерев, таких як гіркокаштан звичайний і клен ясенелистий, свідчить про позитивний вплив органічного опаду на мікробні процеси. У той самий час кращі умови аерації поза кронами сприяють більш активному розкладанню сечовини, як це видно на прикладі дуба червоного та каркаса західного.

Аналіз активності інвертази в ґрунтах під кронами та поза ними демонструє значні відмінності залежно від виду дерев, що вказує на вплив таких екологічних факторів, як органічний опад, доступність кисню та світла (рис. 7 та 8). Загалом спостерігається тенденція до вищої активності інвертази під кронами дерев, особливо тих, що утворюють густий опад, який сприяє мікробній активності.

Суттєва різниця між активністю інвертази під кроною (68,41 мг глюкози/г) та поза нею (35,12 мг/г) відмічена в ґрунтах під гіркокаштаном звичайним (рис. 7). Це може бути пояснено великим обсягом органічного опаду під кроною дерева, який виступає субстратом для мікроорганізмів. Загальновідомо, що органічний матеріал значно підвищує активність інвертази в ґрунті. Результати досліджень для клена цукристого та в'яза низького демонструють подібну картину: активність інвертази під кронами (45,27 і 45,14 мг глюкози/г) вища порівняно з позакроновими ґрунтами (39,41 і 32,14 мг/г відповідно) (рис. 7). Це свідчить про позитивний вплив органічного опаду на розвиток мікробної активності. Дослідження Н.В. Гончар [13], А. Ф. Кулик та ін. [11] підтверджують, що в умовах накопичення органічного матеріалу ферментативна активність у ґрунті зростає. Цікаві результати спостерігаються для каркаса західного та гледичії

колючої, де активність інвертази вища поза кроною (41,15 і 45,52 мг/г відповідно), ніж під нею (28,41 і 38,54 мг/г) (рис. 7). Це вказує на те, що кращі аераційні умови та доступ до світла та оптимальний температурний режим поза кронами сприяють активізації ферментативних процесів. N. Polláková та ін. [8, 9] також відзначають, що аерація є критичним чинником для підвищення активності ферментів, таких як інвертаза. Аналіз результатів дослідження ґрунтів під софорою японською показав доволі високу активність інвертази як під кроною (58,41 мг/г), так і поза кроною (54,12 мг/г), що свідчить про те, що опад забезпечує мікроорганізмам достатню кількість органічних речовин для активного розщеплення вуглеводів.

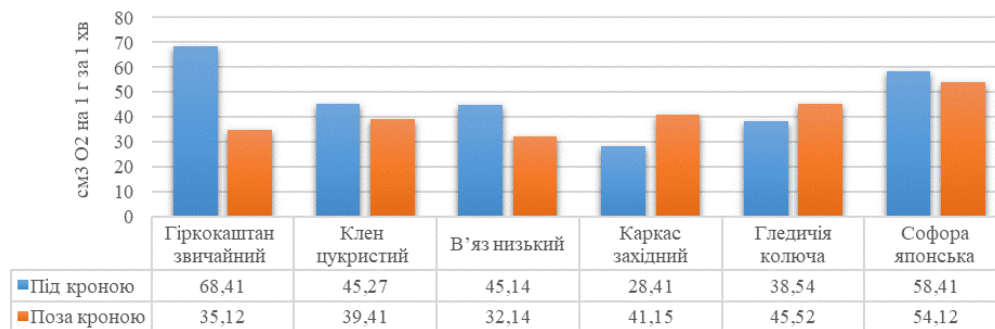


Рис. 7. Активності інвертази в ґрунтах під кронами дерев та поза ними

Ґрунти під робінією звичайною мають дуже високу активність інвертази під кроною (89,51 мг глюкози/г), що може бути пов'язано з її здатністю фіксувати азот, створюючи сприятливі умови для мікроорганізмів (рис. 8). Найвищу активність інвертази показують дослідження ґрунту під кленом ясенелистим під кроною (108,15 мг/г), що значно перевищує показник поза кроною (68,99 мг/г) (рис. 8). Це свідчить про те, що багатий органічний опад під кроною цього дерева є важливим фактором у підтриманні мікробної активності, яка впливає на ферментативні процеси.

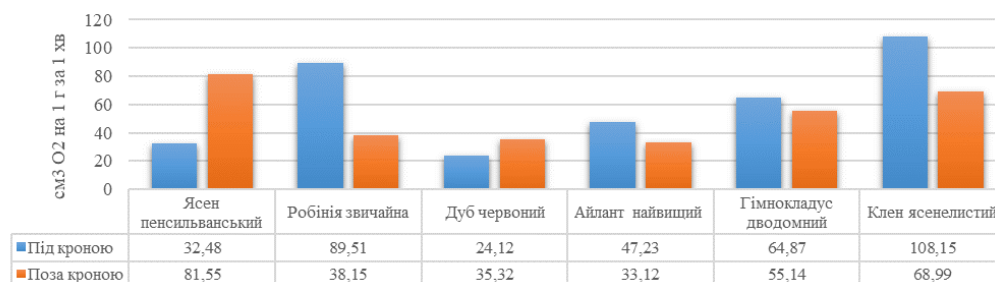


Рис. 8. Активності інвертази в ґрунтах під кронами дерев та поза ними

Результати дослідження свідчать, що активність інвертази значною мірою залежить від умов середовища під кроною та поза нею. Під кронами дерев з багатим опадам, як-от гіркокаштан звичайний та робінія звичайна, активність

інвертази є вищою завдяки більшому обсягу органічного матеріалу, що стимулює мікробні процеси. Водночас в умовах кращої аерації та доступу до світла поза кронами деяких дерев, таких як каркас західний і гледичія колюча, ферментативна активність також може залишатися високою.

Висновки

Отже, дослідження ферментативної активності ґрунтів під різними породами дерев в урбанізованому середовищі парку показало суттєві відмінності між ділянками під кроною та поза кроною дерев.

Вимірювання показали, що активність каталази в ґрунтах поза кронами дерев, таких як клен цукристий і каркас західний, досягала значень 4,45 см³ О₂/г і 4,33 см³ О₂/г відповідно, що на 15–20 % перевищувало активність під кронами дерев. Це підтверджує, що кращі умови аерації та освітлення поза кронами сприяють активізації окисно-відновних процесів. Водночас під кронами дерев, таких як гірकोкаштан, активність каталази залишалася на рівні 5,2 см³ О₂/г, що пояснюється високою здатністю цих дерев до утворення рясного опаду, який впливає на хімічні та фізичні властивості ґрунту.

Установлено, що активність дегідрогенази поза кронами дерев, таких як гледичія та софора японська, досягала 48,15 мг ТТФ/10 г і 58,46 мг ТТФ/10 г за 24 години відповідно, що на 25–30 % перевищувало показники під кронами. Це пов'язано з покращеною аерацією ґрунту та доступом до світла, що сприяє активності мікроорганізмів. Відмічена висока активність дегідрогенази як під кроною 78,42 мг ТТФ/10 г, так і поза кроною 85,14 мг ТТФ/10 г робінії звичайної, що свідчить про позитивний вплив азотфіксувальних властивостей цієї рослини на мікробну активність навіть у затінених умовах.

Найвища активність уреазі була зафіксована під кронами дерев гірकोкаштана звичайного 18,16 мг NH₄⁺/г за 24 години та клена ясенелистого 20,33 мг NH₄⁺/г за 24 години. Водночас під кронами дуба червоного активність уреазі становила лише 3,2 мг NH₄⁺/г за 24 години, що майже на 30 % нижче ніж поза кроною – 10,7 мг NH₄⁺/г за 24 години, це пояснюється високим умістом фенольних сполук, які пригнічують мікробну активність.

Активність інвертази була найвищою під кронами клена ясенелистого (108,15 мг глюкози/г за 24 години) та робінії звичайної (89,51 мг глюкози/г), що свідчить про накопичення багатого органічного опаду, який стимулює процеси розкладання вуглеводів і забезпечує мікроорганізмам необхідні ресурси. Позакронові ділянки, такі як під ясенем пенсильванським (81,55 мг глюкози/г), відрізняються високою активністю завдяки кращим умовам аерації та освітлення, що сприяє активізації ферментативних процесів.

Таким чином, результати підтверджують вплив різних типів дерев на ферментативну активність ґрунтів, особливо в контексті органічного опаду та аераційних умов. Широколисті дерева створюють сприятливіші умови для мікробної активності, зокрема для дегідрогенази та уреазі, завдяки багатому на органіку опаду, тоді як хвойні та дубові дерева знижують активність ферментів через фенольні сполуки та знижену аерацію.

Бібліографічні посилання

1. Zhang, W., Wang, K., Han, H., Ren, X., Li, Z., & Zhang, J. Relationship between soil nutrient properties and biological activities along a restoration chronosequence of *Pinus tabulaeformis* plantation forests in the Ziwuling Mountains, China. *Catena*. 2018. Vol. 161. P. 85–95.

2. [Wu W., Zhou X., Wen Y., Zhu H., You Y., Qin Z., Li Y., Huang X., Yan L., Li H., et al.](#) Coniferous-Broadleaf Mixture Increases Soil Microbial Biomass and Functions Accompanied by Improved Stand Biomass and Litter Production in Subtropical China. *Forests*. 2019. 10(10), 879.
3. [Moura E. G., Carvalho C. S., Bucher C. P. C., Souza J. L. B., Aguiar A. C. F., Ferraz Junior A. S. L., Bucher C. A., Coelho K. P.](#) Diversity of Rhizobia and Importance of Their Interactions with Legume Trees for Feasibility and Sustainability of the Tropical Agrosystems. *Diversity*. 2020. 12(5), 206.
4. [Yu X., Yang L., Fei S., Ma Z., Hao R., Zhao Z.](#) Effect of Soil Layer and Plant–Soil Interaction on Soil Microbial Diversity and Function after Canopy Gap Disturbance. *Forests*. 2018. 9(11), 680.
5. **Галстян А. Ш.** Определение активности ферментов почвы. Методические указания. Ереван, 1978. 35 с.
6. **Хазиев Ф. А.** Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 180 с.
7. **Кулік А. Ф., Василюк О. М.** Активність каталази у ґрунтах лісових біогеоценозів Присамар'я. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2009. Вип. 17, т. 2. С. 63–68.
8. **Polláková, N., Vašatko, J., Galbová, I., & Bublinec, E.** The impact of introduced and indigenous woody plants on change of selected soil chemical properties in the arboretum Mlyňany. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2015a. Vol. 18(2). P. 44–48.
9. **Polláková, N., Šimanský, V., Ložek, O., Hanáčková, E., Candráková, E.** The changes of nutrient and risk elements of top soil layers under canopy of different tree species and grassland in Arboretum Mlyňany, Slovakia. *Folia Oecologica*. 2015b. Vol. 42 (1). P. 29–34
10. **Шеховцева, О. Г.** Еколого-біологічна оцінка едафотопів урбоєкосистем міста Маріуполя. Мелітополь. 2016. 224 с.
11. **Кулік А. Ф., Василюк О. М., Рошка О. В.** Активність інвертази та уреазы у ґрунтах лісових біогеоценозів Присамар'я. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2007. №. 15-1. С. 14-14.
12. **Talbot, J. M., Finzi, A. C.** Differential effects of sugar maple, red oak, and hemlock tannins on carbon and nitrogen cycling in temperate forest soils. *Oecologia*. 2008. Vol. 155(3), P. 583–592.
13. **Гончар Н. В.** Інвертазна активність як показник ступеня окультуреності едафотопів техногенних ландшафтів. Ґрунтознавство. 2006. Вип. 7(3-4). С. 128–132.
14. [Chorna, V. I., Wagner, I. V., Katsevych, V. V.](#) Ecological features of enzyme activity distribution in edaphotops of technogenic landscapes. *Ecology and Noospherology*. 2018. Vol. 29(2). P. 71–75.

Надійшла до редколегії 12.10.2024 р.