

DOI: [10.30970/gpc.2026.1.5198](https://doi.org/10.30970/gpc.2026.1.5198)

УДК 631.445.4:631.427.2]:502.521]:911.2](477.86-751.2)

Оцінка стану цілинного чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) за мікробіологічною активністю лучно-степового резервату “Касова гора” (Галицький НПП)

Зіновій Паньків* (orcid.org/0000-0002-6384-9541), Артєм Загальський (orcid.org/0009-0002-4232-0873)

Львівський національний університет імені Івана Франка

*Zinoviiv.Pankiv@lnu.edu.ua

Анотація. Проведено дослідження ґрунтового профілю чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) за мікробною біомасою, диханням ґрунту та активністю ферментів у ґрунті – каталази, уреазі, інвертази. Територія дослідження локалізована в межах лучно-степового резервату “Касова Гора”, що є частиною Галицького національного природного парку. Особливості території дослідження вплинули на формування лучно-степової рослинності. Виявлено, що на різних елементах рельєфу і ґрунтовірних породах лучно-степова рослинність з мичкувато-кущовою кореневою системою стимулює розвиток дернового ґрунтоутворного процесу на значну глибину до породи та формування гумусового горизонту дрібногріхувато-зернистої водостійкої структури з Са-гуматним складом гумусу (7,26 – 7,43 %). Розчленований рельєф території, мікроклімат та заповідність лучно-степового резервату “Касова Гора” є запорукою збереження чорнозему від розорювання, деградації та дає змогу провадити дослідження з метою пізнання та розуміння біохімічних процесів у природних біоценозах. Відібрані зразки ґрунту через 10 см до глибини 140 см та лабораторні дослідження за мікробіологічною активністю підтверджують унікальність ґрунтового профілю чорнозему лучного. З’ясовано, що в ґрунтовому профілі мікробіологічна активність змінюється неоднозначно. Дерновий горизонт (0 – 12 см) відзначався найвищими показниками мікробної біомаси та дихання ґрунту, тоді як активність ферментів є найбільшою у гумусово-аккумулятивному (Н) горизонті. Загалом активність ферментів чітко простежується до глибини 70 см, що охоплює весь гумусовий горизонт і оцінюється як “середня” та “багата” або “висока”, “дуже висока”. У горизонті Нр і далі (до 120 см) зафіксовано найвищі показники активності каталази, тоді як активність інвертази вже на глибині 80 см суттєво знижується. Встановлене збільшення показників активності ферменту уреазі на глибині понад 90 см порівняно з верхніми горизонтами, найімовірніше, зумовлений мінералогічним складом ґрунтоутворної породи. Висока активність каталази в межах усього профілю обумовлена гранулометричним складом ґрунту, а саме – високою часткою фізичної глини 60,0–71,0 %. Показники мікробної біомаси та дихання ґрунту поступово зменшуються з глибиною до породи та демонструють профільний розподіл за горизонтами цілинного чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*).

Ключові слова: чорнозем лучний (*Luvic Phaeozem (Pachic)*); біотична та ферментативна активність; лучно-степовий резерват “Касова Гора”; Бурштинське Опілля; Галицький національний природний парк.



Evaluation of meadow chernozem condition (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) based on microbiological activity within meadow-steppe reserve “Kasova Hora” (Halych National Nature Park)

Zinoviiv Pankiv* (orcid.org/0000-0002-6384-9541), Artom Zahalskyi (orcid.org/0009-0002-4232-0873)

Ivan Franko National University of Lviv

*Zinoviiv.Pankiv@lnu.edu.ua

Abstract. A study of the soil profile of meadow chernozem (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) was conducted based on microbial biomass, soil respiration, and the activity of soil enzymes – catalase, urease, and invertase. The study area is located within the meadow-steppe reserve “Kasova Hora”, which is part of the Halych National Nature Park. The specific features of the study area have influenced the formation of meadow-steppe vegetation. It was found that on different relief elements and soil-forming parent materials, meadow-steppe vegetation with a fibrous-bushy root system stimulates the development of the sod soil-forming process to a considerable depth reaching the parent material and leads to the formation of a humus horizon with a fine nutty-granular water-stable structure and a Ca-humate composition of humus (7,26 – 7,43 %). The dissected relief of the territory, the microclimate, and the protected status of the meadow-steppe reserve “Kasova Hora” ensure preservation of chernozem from plowing and degradation, and make it possible to conduct research aimed at understanding biochemical processes in natural biocenoses. Soil samples were taken every 10 cm down to a depth of 140 cm. and laboratory studies of microbiological activity confirm the uniqueness of the soil profile of meadow chernozem. It was determined that microbiological activity within the soil profile varies unevenly. The sod horizon (0 – 12 cm) showed the highest values of microbial biomass and soil respiration, while enzyme activity was highest in the humus-accumulative (H) horizon. In general, enzyme activity can be clearly traced to a depth of 70 cm, covering the entire humus horizon, and is assessed as “moderate” and “rich” or “high” and “very high”. In the Hp horizon and deeper (up to 120 cm), the highest catalase activity was recorded, whereas invertase activity significantly decreases already at a depth of 80 cm. The increase in urease activity at depths greater than 90 cm compared with upper horizons is most likely due to the mineralogical composition of the soil-forming parent material. The high catalase activity throughout the entire profile is caused by the granulometric soil composition, namely the high proportion of physical clay (60,0 – 71,0 %). Indicators of microbial biomass and soil respiration gradually decrease with depth toward the parent material and demonstrate a clear profile distribution according to the horizons of virgin meadow chernozem (*Luvic Phaeozem (Pachic)*).

Keywords: meadow chernozem (*Luvic Phaeozem (Pachic)*); biotic and enzymatic activity; meadow-steppe reserve “Kasova Hora”; Burshtyn Opillia; Halych National Nature Park.

Вступ. Результати виконаних досліджень упродовж багатьох років засвідчують значимість ґрунтів не тільки в секторі сільського господарства як основного предмета і засобу праці, а й відзначають їхню вагому роль у забезпеченні екологічної рівноваги. Майже 95 % від загальної біомаси ґрунту становлять ґрунтові мікроорганізми (Leeuwen et al., 2017), що активно беруть участь у процесах ґрунтоутворення та колообігу поживних речовин. Неодноразово в наукових публікаціях наголошували, що для оцінки стану та якості ґрунту необхідно враховувати не тільки фізичні, водно-фізичні та фізико-хімічні, а й

біотичні властивості, які здебільшого залежать від трьох попередньо згаданих. Не випадково показники стану “здоров’я ґрунту” визначають за показниками функціонування ґрунтової мікробіоти (Mir et al., 2023), а значення мікробіологічної активності застосовують під час діагностики генези, родючості, деградації ґрунтів та агроґрунтового районування території тощо (Дем’янюк, 2017).

Доволі часто в науковій літературі стверджують, що верхні горизонти ґрунту найбільше насичені ґрунтовою біотою. Отож відбір проб ґрунту нижче 30 см для дослідження мікробіологічної активності вважають недоцільним, аргументуючи це максимальною глибиною проникнення кореневої системи, змінами рН та незадовільним водно-повітряним режимом ґрунту, зменшенням поживних речовин та енергії тощо (Gamboa & Galicia, 2011; Mir et al., 2023; Arevalo et al., 2009). Дослідження, які виконали Fierer N., Schimel J. та Holden P. (Fierer et al., 2003) (Каліфорнія, США) у 2,0 м ґрунтовому профілі (*Mollisols*), що є найродючішим ґрунтом у регіоні, виявили, що на глибині 25 см й нижче мікробна біомаса була доволі високою (приблизно 35 % від її загальної кількості). Інші результати досліджень, отримані польськими науковцями Piotrowska-Długosz A., Długosz J., Frąc M., Gryta A., Breza-Boruta B., що вивчали ґрунти на льодовикових відкладах (Південнобалтійське поозер’я, Центральна Польща) засвідчують, що зміни ферментативної активності, а також ґрунтової мікробіоти вниз за профілем ґрунту змінюються неоднозначно (Piotrowska-Długosz et al., 2022). З’ясовано, що мікробіологічна активність залежить від фізико-хімічних властивостей, морфологічних особливостей генетичних горизонтів та ґрунтотворних порід. У поверхневих горизонтах активність мікробіоти визначають передусім за вмістом органічної речовини в ґрунті (доступністю $C_{орг.}$), тоді як у підповерхневих горизонтах на неї впливають властивості, зумовлені ґрунтотворною породою та сукупністю ґрунтотворних процесів (Piotrowska-Długosz et al., 2022). З огляду на зазначене вище, для з’ясування особливостей функціонування ґрунтової мікробіоти доцільно проводити дослідження у ґрунтах із високими показниками родючості та потужним ґрунтовим профілем, що даватиме змогу простежити особливості їхнього профільного розподілу. На наш погляд, доволі достовірні та репрезентативні результати можна отримати на основі дослідження мікробіологічної активності чорноземів як одних із найцінніших та найродючіших ґрунтів в Україні та світі. Особливо цінними будуть результати, отримані на основі вивчення цілинних чорноземів, які слугуватимуть еталоном для встановлення деградаційних змін, зумовлених господарською діяльністю та проведенням військових дій.

У Західному регіоні України цілинні чорноземи (чорноземи типові міграційно-міцелярні карбонатні, чорноземи лучні глибокі) збереглися в межах лучно-степових ареалів Бурштинського Опілля (Касова Гора), де вони сформувалися під лучними степами в умовах надлишкового зволоження, провального (контрастного) водного режиму, специфічного мікроклімату ґрунту на карбонатних лесоподібних суглинках і дочетвертинних глинах. Ґрунтово-географічні дослідження та спеціальну комплексну ґрунтознавчу експертизу на основних кластерах лучних степів Бурштинського Опілля належним чином не проводили. Однак відомі наукові публікації, в яких охарактеризовано

морфологічні особливості та фізико-хімічні властивості чорноземів лучно-степового резервату “Касова Гора” (Паньків, 2008; Загальський, 2025).

Аналіз літературних джерел засвідчує, що в Західному регіоні України проведено наукові дослідження закономірностей поширення, генези, морфологічних особливостей, фізичних і фізико-хімічних властивостей, сукупності деградаційних процесів в агрочорноземах (Папіш, 2022; Лісовський і Папіш, 2024; Вітвіцький та ін., 2025). Проте наукових праць щодо дослідження мікробіологічної активності чорноземів і особливостей її профільного розподілу не виявлено. На теренах сходу України активно вивчають чорноземи за мікробіологічною активністю, проте досліджувані ґрунти вже тривалий час використовують у сільському господарстві. Зокрема, Я. А. Погромська в процесі дослідження звертає увагу на фактори, які впливають на розподіл мікроорганізмів у межах профілю чорнозему, а саме: спосіб обробітку ґрунту, запаси вологи у 0 – 10 см, внесення різних добрив (органо-мінеральних та зеленого добрива в поєднанні з no-till (Погромська, 2019). В інших дослідженнях за мікробіотою (Циліорик та ін., 2017) вказують, що розклад льняної тканини у чорноземах звичайних важкосуглинкових під посівами соняшнику залежить від водно-повітряних властивостей, внесення добрив, а також способу обробітку ґрунту. Зазначимо, що згадані нами праці виконують з метою підвищення родючості ґрунту та пошуку шляхів мінімізації деградаційних процесів на сільськогосподарських землях. Дослідники харківської школи С. А. Балюк, Л. І. Воротинцева, В. Б. Соловей, В. В. Шимель зазначають, що високий рівень сільськогосподарського освоєння та розораності території, в тому числі й інтенсивне незбалансоване використання чорноземів, спричинило розвиток низки деградаційних процесів. Втручання російських військ у лютому 2022 р. на територію України ще більше погіршило екологічну ситуацію та спричинило руйнування ґрунтового покриву й посилення проявів механічної, фізичної, хімічної та біотичної деградації чорноземів і інших типів ґрунтів (Балюк та ін., 2023). З огляду на зазначене вище дослідження чорноземів в Україні, попри тривалу історію їхнього вивчення, усе ж потребують комплексних досліджень з метою встановлення показників мікробіологічної активності та особливостей її профільного розподілу.

Метою дослідження є:

1. Встановлення показників мікробіологічної активності (за мікробною біомасою, диханням ґрунту та активністю ферментів у ґрунті – каталази, уреазі, інвертази) та особливостей їхнього профільного розподілу в цілинному чорноземі лучному (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) середньогумусному глибокому грубопилувато-легкоглинистому на дечетвертинних глинах, який діагностовано в межах лучно-степового резервату “Касова Гора” (Галицький НПП).

2. Підтвердження або спростування пропонованих гіпотез іншими науковцями щодо потенційного впливу ґрунтоутвірної породи на функціонування ґрунтової мікробіоти та активності ферментів.

3. Визначення оцінки стану цілинного лучного-чорнозему (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) за потенціальною ферментативною активністю.

Методика досліджень. На теренах Західного регіону України чорноземи поширені локально, що обумовлено схожими кліматичними умовами з

лісостеповою зоною. Однією із декількох локацій є Західноподільське Опілля, а саме – Бурштинське Опілля, що розташоване у теплій кліматичній зоні помірно-континентального клімату атмосфери з сумами активних температур (понад 10 °С) 2 400–2 600 °С і сумою опадів 600–800 мм (Бучко, 2006). Окрім цього, карстові процеси і форми внаслідок складної геологічної будови території басейнової екосистеми р. Гнила Липа (Ковальська, 2008) створюють сприятливий мікроклімат ґрунту для формування екстразональних лучно-степових біомів в умовах вологого клімату, розчленованого рельєфу і навколишнього поясу широколистих лісових масивів. Ці та інші фактори позитивно вплинули на формування в лучних степах Бурштинського Опілля багаті флори судинних рослин (418 видів), що належать до 242 родів, 61 родини, 5 класів та 4 відділів (рис. 1) (Біота лучних степів..., 2018, с. 47–64). За вимогами до режиму зволоження ґрунту, в складі флори лучних степів переважають мезоксерофіти. Значна частина з них, за умовами сольового режиму ґрунтів, належить до мезоевтрофів. За істотної кількості ксерофітів частки мезофітів і ксеромезофітів однакові. З усього флористичного різноманіття 40 видів рослин перебувають у регіональному червоному списку і Червоній книзі



a



b

Рис. 1. Лучно-степова рослинність резервату “Касова Гора”:

a) рослинність на ерозійних пагорбах; b) рослинність на відслоненнях гіпсу
(світлина З. П. Паньківа)

Fig. 1 Meadow-steppe flora within reserve “Kasova Hora”:

a) flora on erosional hills; b) flora on gypsum partition (photo by Z. P. Pankiv)

України. Переважають угруповання: ковили – волосистої або тирси (*Stipa capillata*), найкрасивішої (*Stipa pulcherrima*), пірчастої (*Stipa pennata*) і вузьколистої (*Stipa tirsia*) (усі занесені до Червоної книги України); осоки низької (*Carex humilis*); вівсюнця пустельного (*Helictotrichon desertorum*). У травостої трапляється велика кількість реліктів і ендеміків, що ростуть на межі ареалу, видів: конюшина червонувата (*Trifolium rubens*), зозулинець шоломоносний (*Orchis militaris* L.), сон великий (*Pulsatilla grandis*), катран татарський (*Crambe tataria* Seb.) усі занесені до Червоної книги України; вівсюнець Бессера (*Helictotrichon besseri*), астрагал данський (*Astragalus danicus* Retz.), жовтець

Запаловича (*Ranunculus zapaloviczii*), серпій цілолистя (*Serratula tinctoria*), волошка тернопільська (*Centaurea ternopoliensis Dobroc.*).

Про значну цінність території з її флористичним багатством вказує неодноразове заповідання території. Вперше питання щодо створення природного резервату “Касова Гора” в Галицькому районі постало 18 серпня 1936 року на “Ясній Віллі” під час конференції організованої комісією “Охорони природи” Наукового товариства імені Тараса Шевченка та туристично-краєзнавчим товариством “Плай”. У 1975 році природний резерват отримав статус державної комплексної пам’ятки природи загальнодержавного значення і став першим заповідним урочищем у цьому регіоні. “Касова гора” та інші природні комплекси в Галицькому районі 11 липня 1996 року ввійшли до складу Галицького регіонального ландшафтного парку площею 8 306 га. Відповідно до Указу Президента України від 9 серпня 2004 року № 877/2004, створено Галицький національний природний парк з метою збереження, відтворення та збалансованого використання типових та унікальних лісових і лісостепових природних комплексів Передкарпаття й Опілля, що мають особливі природоохоронні, наукові, історико-культурні, оздоровчі, освітні та естетичні цінності (Положення про Галицький національний природний парк, 2004; Галицький природний парк, офіційний сайт: <https://wownature.in.ua/halytskyy-natsionalnyy-pryrodnyy-park/>).

Грунтово-географічні дослідження, проведені в червні 2025 року, засвідчують особливість природного комплексу “Касова гора”. Польові та лабораторні дослідження доводять, що ділянка “Касова гора” є цілинною лучно-степовою екосистемою, а дослідження чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) потребує детального вивчення з урахуванням фізичних, водно-фізичних, фізико-хімічних та біотичних властивостей. Для цього науковцями кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів географічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка використано декілька підходів у відборі зразків проб ґрунту із 140 см профілю – класичний, прийнятий у практиці ґрунтознавців (з генетичних горизонтів), та відбір зразків через кожних 10 сантиметрів. На думку науковців, такий підхід відбору проб ґрунту сприятиме вивченню морфології чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) (рис. 2).

Мікробіологічну активність визначали за такими показниками з використанням методів:

- активність уреазі – колориметрично з 3 % розчином сечовини і кількісним визначенням аміаку з реактивом Неслера в мг NH_3 на 1 г ґрунту за 24 год;
- активність інвертази – колориметрично з 3 % розчином сахарози й вимірюванням кількості глюкози після інкубації за реакцією утворення забарвлених сполук із реактивом Фелінга в мг глюкози на 1 г ґрунту за 24 год;
- активність каталази – газометрично з 3 % розчином перекису водню в $\text{cm}^3 \text{O}_2$ на 1 г ґрунту за 1 хв (П’ятниця, 2014);
- чисельність і біомасу мікроорганізмів (Beck et al., 1997);
- інтенсивність продукування $\text{C}-\text{CO}_2$ – за загальноприйнятими методиками.

Оцінку мікробіотичної активності, зокрема ферментативної (таблиці 1 та 2) проводили за раніше встановленими підходами та представленими у працях (Марискевич, 1993) та (Дем’янова, 2017).

Рис. 2. Чорнозем лучний (*Luvic Phaeozem (Pachic)*)Fig. 2. *Luvic Phaeozem (Pachic)*

Таблиця 1. Шкала для оцінки ступеня збагаченості ґрунтів за деякими ферментами (Дем'янюк, 2017)

Table 1. A scale for assessing the degree of soil richness according to some enzymes (Demyanyuk 2017)

Ступінь активності	Уреаза, мг NH_4^+ на 1г ґрунту за 24 год	Інвертаза, мг глюкози на 1г ґрунту за 24 год	Каталаза, $\text{cm}^3 \cdot \text{O}_2$ на 1 г ґрунту за хв..
Дуже бідна	< 3	< 5	< 1
Бідна	3 – 10	5 – 15	1 – 3
Середньо багата	10 – 30	15 – 50	3 – 10
Багата	30 – 100	50 – 150	10 – 30
Дуже багата	> 100	> 150	> 30

HO (O) (4–0 см) – степова повсть з лучно-степового різнотрав'я, виразними шарами ферментації і мінералізації.

Hd (A₁) (0–12 см) – дернина: дуже темно-сірий, до чорного (10 YR 3/1), однорідний, рівномірний; вологий; легкоглинистий; чітко виражена міцна і водостійка дрібно-, середньозерниста структура; пухке грубопористо-дрібнотріщинувате структурне складення; рясні червоточини, копроліти, камери комах; густо переплетений коренями степових злаків і різнотрав'я (> 60 %); перехід виразний рівний.

H (A) (12–70 см) – дуже темно-сірий, до чорного (10 YR 3/1), однорідний, рівномірний; вологий, легкоглинистий; чітко виражена міцна водостійка середньозерниста структура; пухке грубопористо-шпарувате структурне складення; рясні червоточини, копроліти, камери комах; багато корінців степових трав; перехід поступовий рівний.

H_p (AB) (70–110 см) – дуже темно-сірий, до чорного (10 YR 3/1), однорідний, рівномірний; вологий; легкоглинистий; чітко виражена міцна водостійка грубозернисто-дрібногоріхувата структура; пухке грубопористо-шпарувате структурне складення; рясні червоточини; багато дрібних корінців степових трав; перехід поступовий рівний.

PHgl (BA) (110–140 см) – дуже темний сіро-бурий строкато-дрібноплямистий, нерівномірний (10 YR 3/2); вологий; суглинок важкий; грудкувато-брилувата структура; щільне пористо-тріщинувате слабоструктурне складення; іржаво-бурі плями R_2O_3 , дрібні корінці степових трав.

Таблиця 2. Шкала оцінки потенціальної ферментативної активності органогенного (а) і органо-мінерального (б) горизонтів ґрунтів у біогеоценозах Українських Карпат і прилеглих територій за О. Г. Марискевич, 1991 (Марискевич, 1993)

Table 2. A scale for assessing the potential enzymatic activity of the organogenic (a) and organo-mineral (b) horizons of soils in biogeocenoses of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories according to O. G. Maryshevych, 1991 (Maryshevych, 1993)

Ступінь активності	Бал	Уреаза, мг NH ₄ ⁺ на 1г ґрунту за 24 год		Інвертаза, мг глюкози на 1г ґрунту за 24 год		Каталаза, см ³ ·О ₂ на 1 г ґрунту за хв	
		а	б	а	б	а	б
Дуже бідна	I	< 10	< 1	< 100	< 10	< 10	< 1
Бідна	II	10 – 20	1 – 2	100 – 200	10 – 20	10 – 20	1 – 2
Середня	III	21 – 40	2,1 – 4	201 – 400	21 – 40	21 – 40	2,1 – 4
Висока	IV	41 – 80	4,1 – 8	401 – 800	41 – 80	41 – 80	4,1 – 8
Дуже висока	V	> 80	> 8	> 800	> 80	> 80	> 8

Результати. За результатами виконаних досліджень встановлено, що ферментативна активність чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) (таблиця 3) оцінюється як “середня” та “багата” (таблиця 1) або “висока”, “дуже висока” (таблиця 2). Незважаючи на найбільшу збагаченість верхнього горизонту Hd (0-12 см) кореневою системою, показники ферментативної активності в його межах не відзначаються максимальними значеннями, хоча за показниками активності мікробної біомаси та дихання ґрунту пікові значення зафіксовано саме в дерновому горизонті. В гумусово-аккумулятивному (H) горизонті активність мікробної біомаси на 40 – 50 % менша, ніж у дерновому, і з кожним наступним горизонтом вона зменшується, але вже не так різко. Своїх максимальних значень активності ферменти інвертази, каталази та уреазы досягли саме у H та Hр горизонтах.

Фактично в межах усього ґрунтового профілю найменш мінливими були показники активності каталази. Відносну стабільність показників можна пояснити наявністю глинистого матеріалу практичного в межах усього профілю. Результати аналізу ґрунтів за гранулометричним складом засвідчують, що літологічний профіль ґрунту дуже витриманий на глибину 1,5 м практично за усіма гранулометричними фракціями. Повна відсутність дрібного піску і рівномірний розподіл мізерної кількості (до 0,6 %) крупнопіщаної фракції на глибину 1,5 м вказує на спокійний режим акумуляції глинистого матеріалу. За вмісту мулистий фракції 29,0–42,0 % кількість фізичної глини становить 60,0–71,0 %. Слід відзначити, що ґрунтовий профіль середньогумусний (7,23 – 7,43 %, а Сгк до Сфк становить 4,8).

Однак, як з’ясувалося, на активність ферментів інвертази та уреазы впливають інші чинники, оскільки їхній розподіл у межах ґрунтового профілю є “протилежним”. Відбір зразків ґрунту через кожні 10 см виявив, що активність інвертази фактично збігається з глибиною проникнення кореневої системи (рис. 2). Дещо іншу тенденцію спостерігаємо за активністю уреазы. Якщо для інвертази пікові значення зафіксовано до глибини 80 см, то для уреазы максимальні значення встановлені на глибині 90 см і фактично високими утримуються до глибини 120 см. Процеси оглеєння дещо пригнічують активність уреазы, хоча вона залишається доволі значною і є вищою, ніж у Hd горизонті.

Таблиця 3. Мікробіологічна активність чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*), червень, 2025 р.
Table 3. Microbiological activity of *Luvic Phaeozem (Pachic)*, June 2025

№ з/п	Горизонти	Глибина, см		Інвертаза	Каталаза	Уреаза	Дихання ґрунту, C-CO ₂	Мікробна біомаса
				мг глюкози на 1г ґрунту за 24 год	см ³ ·O ₂ на 1 г ґрунту за 1 хв	мг NH ₄ ⁺ на 1г ґрунту за 24 год	мг·100 г за 24 год	мкг / 1 г
1	Hd (A ₁)	0 – 12	M*	20,06	5,9	8,74	0,39	307,4
			min** – max***	11,38 – 35,83	4,4 – 6,0	7,12 – 13,90	0,30 – 0,49	281,3 – 339,2
2	H (A)	12 – 70	M	47,63	7,7	10,6	0,21	136,7
			min-max	12,42 – 70,73	6,5 – 8,4	7,15 – 17,20	0,08 – 0,33	44,1 – 211,7
3	H _p (AB)	70 – 110	M	6,5	7,7	18,0	0,08	110,4
			min-max	2,31 – 10,46	7,2 – 8,1	15,48 – 20,57	0,07 – 0,08	49,2 – 188,9
4	PHgl (BA)	110 – 140	M	8,98	5,4	11,6	0,05	95,2
			min-max	3,67 – 14,04	3,4 – 7,2	8,54 – 14,64	0,01 – 0,10	33,3 – 207,7

*M – середні значення; **Min – мінімальні значення; ***Max – максимальні значення.

*M – average values; **Min – minimum values; ***Max – maximum values.

Щодо отриманих показників дихання ґрунту зазначимо, що його зменшення з глибиною фіксується не тільки за горизонтами, але добре простежується при відборі проб через кожних 10 см (рис. 3).

Однак за показниками мікробної біомаси виникають сумніви щодо їхнього збільшення в нижніх горизонтах. Процес оглеєння, який зафіксовано на глибині 110 – 120 см найімовірніше, впливає на мікробну біомасу, як і на активність ферменту уреазу. Для підтвердження чи спростування наших припущень необхідно повторно виконати дослідження, щоб з'ясувати фактори впливу на мікробіологічну активність у профілі чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*).

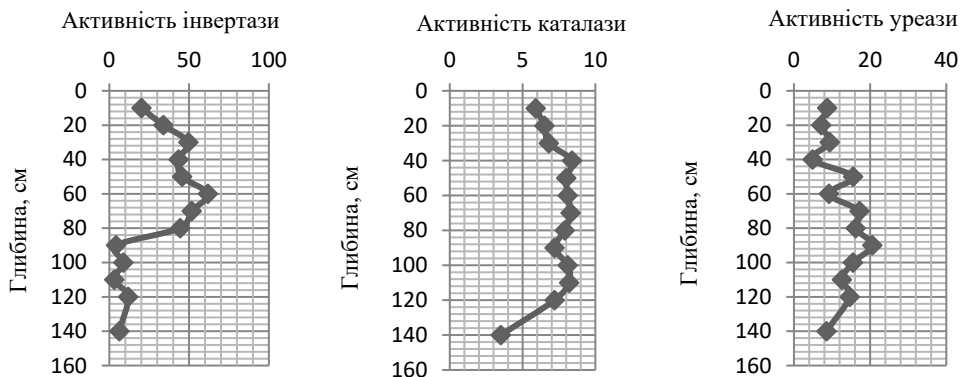


Рис. 2. Активність ферментів у ґрунтовому профілі чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*), червень 2025 р.
Fig. 2. Enzyme activity in the *Luvic Phaeozem (Pachic)*, June 2025

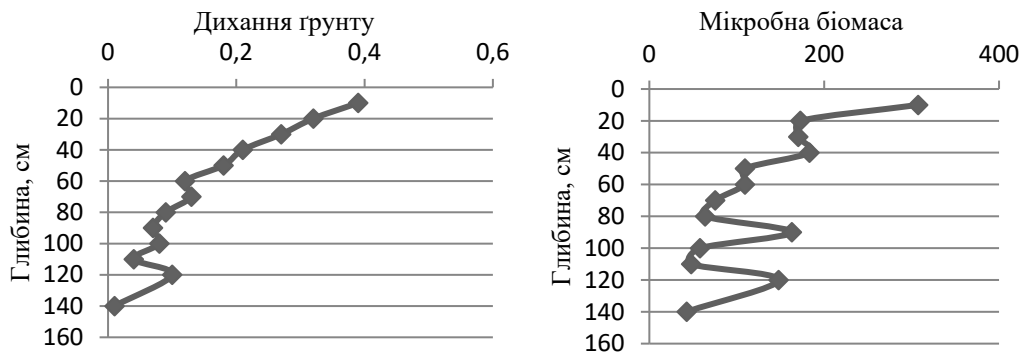


Рис.3. Біотична активність чорнозему лучного (*Luvic Phaeozem (Pachic)*), червень 2025 р.
Fig. 3. Biotic activity of *Luvic Phaeozem (Pachic)*, June 2025

Висновки. На основі виконаних польових та лабораторних досліджень співробітниками кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка в межах лучно-степового резервату “Касова Гора” (Галицького НПП) діагностовано цілинний чорнозем лучний (*Luvic Phaeozem (Pachic)*) середньогумусний (7,23 – 7,43 %, $C_{гк}$ до $C_{фк}$ становить 4,8) глибокий (потужність гумусового горизонту 126 см) грубопилувато-легкоглинистого на дочетвертинних глинах, аналогів якого в агроландшафтах не збереглося. Досліджуваний чорнозем лучний є еталоном для встановлення змін морфологічних особливостей, фізичних, фізико-хімічних, біотичних властивостей зумовлених господарською діяльністю та вимагає проведення комплексних ґрунтово-географічних досліджень. Особливо актуальними є дослідження показників мікробіологічної активності, які раніше не проводили.

Рельєф території, мікроклімат та заповідність лучно-степового резервату “Касова Гора” є запорукою збереження чорнозему від розорювання, деградації та формує можливості для дослідження, розуміння процесів функціонування ґрунтової мікробіоти у цілинному біоценозі як еталонної ділянки та біохімічних процесів загалом. Мікробіологічна активність, безперечно визначається фізичними, водно-фізичними та фізико-хімічними властивостями цілинного ґрунту. З’ясовано, що активність мікробіоти, зокрема ферментативної в межах ґрунтового профілю досліджуваного ґрунту, оцінюється як “середня” та “багата” або “висока”, “дуже висока” і змінюється неоднорідно. Зокрема, активність ферменту каталази в межах профілю є значною завдяки сприятливим водно-повітряним властивостям ґрунту та його структурованості. Тенденція щодо активності інвертази збігається з глибиною проникнення коренів рослин, а активність уреаз визначається ґрунтоутворними породами. Процеси оглеєння, які зафіксовано на глибині близько 100 см, пригнічують мікробіоту, що чітко відображається за показниками їхньої активності в межах ґрунтового профілю. Найбільші показники дихання зафіксовано у Hd горизонті потужністю 0 – 12 см. Розуміння принципу та механізму функціонування мікробіоти, показників їхньої активності має велике значення для збалансованого ведення сільського

господарства, адаптації до змін клімату, сповільнення процесів деградації та відновлення ґрунтів у зоні бойових дій.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- Балюк С. А., Воротинцева Л. І., Соловей В. Б., Шимель В. В. Реалії українського чорнозему: сучасний стан, еволюція, охорона та стале управління // Вісник аграрної науки. 3 (840), 2023. С. 5 – 13. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-01>.
- Біота лучних степів Бурштинського Опілля : наукова монографія / А. М. Заморока (ред.), Н. В. Шумська, В. В. Бучко, І. І. Дмитраш-Вацеба, В. Б. Маланюк, Н. А. Смірнов. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2018. 212 с. ISBN 978-966-286-137-2.
- Бучко В., Наконечний О. Галицький національний природний парк: видання Івано-Франківськ, 2006. 46 с.
- Вітвіцький Я., Гаськевач В., Папіш І. Деградація чорноземів Придністерської височини : монографія. Київ : Прінтту, 2025. 160 с.
- Галицький національний природний парк. Офіційний сайт. Режим доступу : <https://wownature.in.ua/halytskyy-natsionalnyy-pryrodnyy-park/>
- Дем'янюк О. С. Екологічні основи функціонування мікробіоценозів ґрунту агроєкосистем в умовах змін клімату: Дисертація 03.00.16 – екологія сільськогосподарської науки / Інститут агроєкології і природокористування Національна академія аграрних наук України. Київ, 2017. 439 с.
- Загальський А., Паньків З. Чорноземи (Chernozems) західноподільського лучно-степового резервату “Касова Гора” / Генеза, географія та екологія ґрунтів : збірник наукових праць. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2025. Випуск 7. С. 89–96.
- Ковальська Л. В. Особливості карстового рельєфу території Галицького національного природного парку // Охорона і менеджмент об'єктів неживої природи на заповідних територіях : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Гримайлів-Тернопіль : Джура , 2008. С. 136–139.
- Лісовський А., Папіш І. Чорноземи типові Придністерського Поділля : монографія. Кам'янець-Подільський : Рута , 2024. 198 с.
- Марискевич О. Г. Ферментативна активність підстилок в біогеоценозах Чорногори // Структура високогірних фітоценозів Українських Карпат : Збірник наукових праць / під заг. ред. К. А. Малиновського. Київ : Наукова думка, 1993. С. 114 – 123.
- Паньків З. П. Чорноземи типові державного заказника “Касова Гора” // Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2008. Вип. 35. С. 279 – 283.
- Папіш І. Чорноземи на лесових породах Західноукраїнського краю : монографія. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 326 с.
- Погромська Я. А. Мікробіологічна активність чорнозему звичайного залежно від обробітку ґрунту // Вісник Уманського національного університету садівництва 2019. №2. С. 33 – 38. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-33-38>.
- Положення про Галицький національний природний парк . Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877/2004#Text>
- П'ятниця М. Л. Ферментативна активність ґрунтів лісових і післялісових екосистем Сколівських Бескидів (Українські Карпати) // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. 2014. Том 5(12), № 1. С. 221 – 228.
- Цилорик О., Кулік А., Гончар Н. Біологічна активність ґрунту за різних способів його обробітку та удобрення в посівах соняшнику // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2017. №2 (44). С. 42 – 48.
- Arevalo C., Bhatti J., Chang S., Sidders D. Ecosystem carbon stocks and distribution under different land-uses in north central Alberta, Canada // Forest Ecology and Management. Vol. 257. Issue 8. 31 March 2009. Pages 1776 – 1785 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.034>.

- Beck T., Jorgensen R. G., Kandeler E. et al. An inter-laboratory comparison of ten different ways of measuring soil microbial biomass C // *Soil Biol. and Biochem.* 1997. Vol. 29. N 7. P. 1023 – 1032.
- Fierer N., Schimel J., Holden P.. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles // *Soil Biology and Biochemistry.* 2003. Vol. 35. Issue 1. 2003. P. 167 – 176. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00251-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00251-1).
- Gamboa A., Galicia L. Differential influence of land use/cover change on topsoil carbon and microbial activity in low-latitude temperate forests // *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2011. Vol. 142. Issues 3–4. P. 280 – 290 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.025>.
- Leeuwen J.P., Djukic I., Bloem J., T. Lehtinen T., Hemerik L., Rüter P.C., Lair G.J. Effects of land use on soil microbial biomass, activity and community structure at different soil depths in the Danube floodplain // *European Journal of Soil Biology.* 2017. Vol. 79. P. 14 – 20, <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.02.001>.
- Mir Y., Ganie M., Shah T., Bangroo S., Mir S., Shah A., Wani F., Qin A, Rahman S. Soil microbial and enzyme activities in different land use systems of the Northwestern Himalayas // *Microbiology.* 2023. Vol. 26. <https://doi.org/10.7717/peerj.15993>.
- Piotrowska-Długosz A., Długosz J., Frąc M., Gryta A., Breza-Boruta B. Enzymatic activity and functional diversity of soil microorganisms along the soil profile – A matter of soil depth and soil-forming processes // *Geoderma.* 2022. Vol. 416 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115779>.

REFERENCES

- Baliuk S. A, Vorotyntseva L. I., Solovei V. B., Shymel V. V. Realii ukrainskoho chornozemu: suchasnyi stan, evoliutsiia, okhorona ta stale upravlinnia // *Visnyk ahrarnoi nauky.* 3 (840), 2023. S. 5 – 13. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-01>.
- Biota luchnykh stepiv Burshtynskoho Opillia : naukova monohrafiia / A. M. Zamoroka (red.), N. V. Shumska, V. V. Buchko, I. I. Dmytrash-Vatseba, V. B. Malaniuk, N. A. Smirnov. Ivano-Frankivsk : Symfoniia forte, 2018. 212 s. ISBN 978-966-286-137-2. (in Ukrainian).
- Buchko V., Nakonechnyi O. Halytskyi natsionalnyi pryrodnyi park: vydannia Ivano-Frankivsk, 2006. 46 s. (in Ukrainian).
- Vitvitskyi Ya., Haskevach V., Papish I. Dehradatsiia chornozemiv Prydnisterskoi vysochyny : monohrafiia. Kyiv : Printtu, 2025. 160 c. (in Ukrainian).
- Halytskyi natsionalnyi pryrodnyi park. Ofitsiyni sait. Rezhym dostupu : <https://wownature.in.ua/halytskyi-natsionalnyi-pryrodnyi-park/>
- Demyanyuk O. S. Ekolohichni osnovy funktsionuvannia mikrobiotsenoziv gruntu ahroekosystem v umovakh zmin klimatu: Dysertatsiia 03.00.16 – ekolohiia silskohospodarski nauky / Instytut ahroekolohii i pryrodokorystuvannia Natsionalna akademiia ahrarnykh nauk Ukrainy. Kyiv, 2017. 439 s. (in Ukrainian).
- Zahalskyi A., Pankiv Z. Chornozemy (Chernozems) zakhidnopodilskoho luchno-stepovoho rezervatu “Kasova Hora” / Heneza, heohrafiia ta ekolohiia gruntiv : zbirnyk naukovykh prats. Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2025. Vypusk 7. S. 89 – 96. (in Ukrainian).
- Kovalska L. V. Osoblyvosti karstovoho reliefu terytorii Halytskoho natsionalnoho pryrodnoho parku // Okhorona i menedzhment obektiv nezhyvoi pryrody na zapovidnykh terytoriakh : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Hrymailiv-Ternopil : Dzhura , 2008. S. 136–139.
- Lisovskiy A., Papish I. Chornozemy typovi Prydnisterskoho Podillia : monohrafiia. Kamianets-Podilskyi : Ruta , 2024. 198 s. (in Ukrainian).
- Maryskevych O. H. Fermentatyvna aktyvnist pidstylok v bioheotsenozakh Chornohory // Struktura vysokohirnykh fitotsenoziv Ukrainykh Karpat : Zbirnyk naukovykh prats / pid zah. red. K. A. Malynovskoho. Kyiv : Naukova dumka, 1993. S. 114 – 123. (in Ukrainian).

- Pankiv Z. P. Chornozemy typovi derzhavnoho zakaznyka “Kasova Hora” // *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heohrafichna*. 2008. Vyp. 35. S. 279 – 283. (in Ukrainian).
- Papish I. Chornozemy na lesovykh porodakh Zakhidnoukrainskoho kraiu : monohrafiia. Lviv : LNU im. Ivana Franka, 2022. 326 s. (in Ukrainian).
- Pohromska Ya. A. Mikrobiolohichna aktyvnist chornozemu zvychainoho zalezno vid obrobittu gruntu // *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva* 2019. №2. S. 33 – 38. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-33-38>.
- Polozhennia pro Halytskyi natsionalnyi pryrodnyi park. Rezhym dostupu : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877/2004#Text>
- Piatnytsia M. L. Fermentatyvna aktyvnist gruntiv lisovykh i pisliialisovykh ekosystem Skolivskykh Beskydiv (Ukrainski Karpaty) // *Naukovi osnovy zberezhennia biotychnoi riznomanitnosti*. 2014. Tom 5(12), № 1. S. 221 – 228. (in Ukrainian).
- Tsyliuryk O., Kulik A., Honchar N. Biolohichna aktyvnist gruntu za riznykh sposobiv yoho obrobittu ta udobrennia v posivakh soniashnyku // *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho aharno-ekonomichnoho universytetu*. 2017. №2 (44). S. 42 – 48. (in Ukrainian).
- Arevalo C., Bhatti J., Chang S., Sidders D. Ecosystem carbon stocks and distribution under different land-uses in north central Alberta, Canada // *Forest Ecology and Management*. Vol. 257. Issue 8. 31 March 2009. Pp. 1776 – 1785. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.034>.
- Beck T., Jorgensen R. G., Kandeler E. et al. An inter-laboratory comparison of ten different ways of measuring soil microbial biomass C // *Soil Biol. and Biochem.* 1997. Vol. 29. N 7. P. 1023 – 1032.
- Fierer N., Schimel J., Holden R.. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles // *Soil Biology and Biochemistry*. 2003. Vol. 35. Issue 1. 2003. P. 167 – 176. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00251-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00251-1).
- Gamboa A., Galicia L. Differential influence of land use/cover change on topsoil carbon and microbial activity in low-latitude temperate forests // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2011. Vol. 142. Issues 3–4. P. 280 – 290 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.025>.
- Leeuwen J.P., Djukic I., Bloem J., T. Lehtinen T., Hemerik L., Ruiter P.C., Lair G.J. Effects of land use on soil microbial biomass, activity and community structure at different soil depths in the Danube floodplain // *European Journal of Soil Biology*. 2017. Vol. 79. P. 14–20, <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.02.001>.
- Mir Y., Ganie M., Shah T., Bangroo S., Mir S., Shah A., Wani F., Qin A, Rahman S. Soil microbial and enzyme activities in different land use systems of the Northwestern Himalayas // *Microbiology*. 2023. Vol. 26. <https://doi.org/10.7717/peerj.15993>.
- Piotrowska-Długosz A., Długosz J., Frać M., Gryta A., Breza-Boruta B. Enzymatic activity and functional diversity of soil microorganisms along the soil profile – A matter of soil depth and soil-forming processes // *Geoderma*. 2022. Vol. 416 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115779>.

Стаття надійшла в редакцію 11.03.2026

Прийнято до друку 29.04.2026

Дата публікації 19.05.2026