

МІКРО- ТА МЕЗОФАУНА ҐРУНТУ ЯК ІНДИКАТОРИ ЙОГО СТАНУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Лисицький А.А.,

аспірант, біологічний факультет
lisitsky89@gmail.com

Черничко К.Й.,

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри зоології, гідробіології та
загальної екології, біологічний факультет

Буяновський А.О.,

кандидат географічних наук, доцент, завідувач кафедри географії України,
ґрунтознавства і земельного кадастру, геолого-географічний факультет,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
м. Одеса, Україна

Ґрунт становить надзвичайно складну просторово-часову систему, що формується внаслідок тривалої біотичної та абіотичної взаємодії та виступає фундаментальним компонентом біосферних процесів. В той же час ґрунт є головним засобом виробництва в сільському та лісовому господарстві, який в результаті антропогенного впливу зазнає суттєвих змін морфології, речовинно-хімічного складу і, безумовно, органічної компоненти.

Кліматичні трансформації суттєво змінюють вихідні умови для розвитку ґрунтотворних процесів, як в природних екосистемах, так і в антропогеннозмінених. Сучасне використання в агроценозах ґрунтів в умовах кліматичних змін на фоні розвитку деградаційних процесів в ґрунтових системах звужують загалом біологічну продуктивність ґрунтів, що зокрема призводить і до зменшення ефективної їх родючості. При цьому роль біологічного чинника ґрунтоутворення, зокрема мікро- і мезофауни, в процесах трансформації родючості ґрунтів в умовах антропогенного тиску залишається майже не вивченою, як в теоретичному, так і практичному аспекті.

Сучасна теоретико-методологічна база біології ґрунтів як міждисциплінарного розділу на стику ґрунтознавчої і біологічної наук визначає мешканців ґрунтів як едафобіонтів (синоніми – геобіонти, педобіонти). Загально визнана класифікація едафобіонтів за їх екологічними умовами до ґрунтового середовища визначає групи мікро-, фіто-, міко- та зообіонтів. В свою чергу дослідження зообіонтів ґрунту є нині питанням маловивченим, а їх роль у ґрунтоутворенні та формуванні здоров'я ґрунту є надвичайно вагомою [1, с. 61; 2, с. 11]. Загально відомо, що група зообіонтів включає хребетних і безхребетних тварин. Провідною функцією зообіонтів у процесах ґрунтоутворення є використання органічних речовин і енергії, сприяючи оструктуренню, збільшенню аерації, вологості, тощо. В чисельному різноманітті різних класифікацій в залежності від розміру та місця існування ґрунтових зообіонтів ділять на групи мікро-, мезо-, макро- та мегафауна [2, с. 8]. І якщо роль і значення макрофауни (переважно дощових червів) досліджена в процесах ґрунтоутворення досить глибоко, то місце і значення мікро- і мезофауни залишається не визначеним, а часто при проведенні ґрунтово-генетичних досліджень їх залишають поза увагою. Особливо актуальними такі дослідження є в умовах кліматичних трансформацій як в межах агроценозів інтенсивного використання, так і природних ценозів з метою встановлення «еталонів» для порівняння трансформацій мікро- і мезофауни ґрунту. Подібними еталонами можуть служити цілині ділянки з трав'янистою рослинністю в межах заповідників (зокрема ботанічних садів), кладовищ та ін. В той же час для порівняння біологічних властивостей ґрунтів агроценозів та умовних еталонів необхідно релевантно визначати тотожність за геоморфологічними та ґрунтово-рослинними умовами.

Біогеоценотична природа ґрунту розкривається через його здатність акумулювати, трансформувати та передавати речовинно-енергетичні потоки, забезпечуючи безперервність біологічного колообігу. Загально визнано, що ґрунт є не просто механічною сумішшю мінеральних та органічних компонентів, а живою динамічною системою, яка постійно розвивається та самоорганізується. Структурна організація ґрунту включає складну сукупність мінеральних часток, органічної речовини, живих організмів, води та повітря, що перебувають у безперервній взаємодії. Не врахування цього в процесі сільськогосподарського виробництва призводить до звуження біопотенціалу родючості ґрунтових систем. Особливо актуально це питання постає в умовах кліматичних трансформацій та необхідності адаптацій до них [3, с. 55].

В контексті сучасних постулатів про здоров'я ґрунту, досягнення цілей сталого розвитку, необхідності імплементації європейських ґрунтоохоронних директив [4, с.108; 5, с.5; 6, с.17], нині постає гостро питання нормування використання ґрунтів та збереження їх загалом. Наразі необхідно змінити підхід та розробити методологічну основу досліджень ґрунтових зообіонтів, виходячи із розуміння властивостей та інформаційних функцій ґрунту як середовища, що акумулює та передає екологічні сигнали. Біологічні угруповання ґрунту є індикаторами екологічного стану довкілля, - дзеркалом ландшафту, а здатність

грунту до біохімічної трансформації та акумуляції робить його ключовим елементом підтримання глобальних біосферних циклів. За пропозицією Лісового М.М. розпочинати необхідно в першу чергу з обліку безхребетних зообіонтів, адже результати досліджень підтверджують, що «за відсутності ґрунтових безхребетних накопичення гумусних речовин не відбувається». Порушення структури агроландшафтів, хаотичне ведення землеробства та зміна кліматичних умов призводять до істотних змін за видовим і кількісним складом біорізноманіття геобіонтів [1, с. 64].

Особливо суттєві трансформації структури ґрунтів в умовах змін клімату зафіксовані для чорноземних ґрунтів степової зони України, як в агроценозах за традиційного богарного використання, так і в умовно цілинних аналогах заповідних територій [7, с.93]. Морфологічні дослідження чорноземів звичайних міцелярно-карбонатних теплої (південноєвропейської, понтичної) та південних помірно континентальної східноєвропейської фацій підтверджують наявність реліктових залишків роботи мікро-, мезо- і макрофауни (зокрема червоточин, копролітів та ін.), яка в умовах застосування сучасних інтенсивних агротехнологій пригнічена, і лише на ділянках заповідного степу спостерігається відновлення життєдіяльності геобіонтів, забезпечуючи просторову реструктуризацію ґрунтової маси, перемішування органічних решток, формування високої організації та зв'язку мікроагрегатної структури, тощо.

Сучасна методологічна база біоіндикації ґрунтується на фундаментальному принципі чутливості живих організмів до найменших змін навколишнього середовища. Ґрунтові організми виступають надзвичайно інформативними біоіндикаторами, оскільки їхня життєдіяльність безпосередньо пов'язана з фізико-хімічними параметрами ґрунтового середовища. Мікро- та мезофауна демонструє високу реактивність на зміни температурного режиму, вологості, кислотності, вмісту хімічних елементів, що дозволяє використовувати її як інтегральний показник екологічного благополуччя.

Науковий підхід до біоіндикації передбачає комплексну оцінку різних біологічних параметрів: чисельності організмів, видового різноманіття, функціональної активності, трофічної структури ґрунтових угруповань. Особливого значення набувають показники чисельності та активності ґрунтових мікроорганізмів, зокрема їхня ферментативна активність, інтенсивність мікробіологічних процесів. Зміни цих параметрів можуть слугувати раннім індикатором негативних екологічних трансформацій задовго до появи видимих деградаційних процесів.

Кліматичні зміни становлять системний виклик для ґрунтових екосистем, спричиняючи комплексні трансформації біотичних угруповань та порушення усталених екологічних взаємозв'язків. За даними численних досліджень потепління клімату спричиняє багаторівневі перетворення у структурі та функціонуванні ґрунтової біоти. Температурні модифікації безпосередньо впливають на метаболічні процеси ґрунтових організмів, змінюючи інтенсивність їхньої життєдіяльності. Підвищення середньорічної температури на 1-2°C призводить до значних змін у видовому складі мікро- та мезофауни [8,

с. 84]. Зокрема, спостерігається міграція термофільних видів у вищі широти, витіснення психрофільних організмів та перебудова трофічних ланцюгів.

Трансформація водного режиму є не менш критичним фактором впливу на ґрунтову біоту. Зміна режимів зволоження-висушування, що особливо характерно для чорноземів степової зони, спричиняє порушення осмотичної регуляції мікроорганізмів, зниження їхньої ферментативної активності та репродуктивної здатності. Посушливі періоди призводять до зменшення біомаси мікроорганізмів, уповільнення процесів мінералізації органічної речовини та деградації ґрунтової структури. Кліматичні зміни викликають каскадний ефект трансформації ґрунтових екосистем. Зміна гідротермічного режиму безпосередньо впливає на чисельність та активність ключових груп ґрунтової фауни: дощових черв'яків, кліщів, колембол, нематод (круглих червів). Спостерігається зменшення біорізноманіття, порушення репродуктивних циклів та міграційних процесів.

Кліматичні зміни спричиняють також опосередковані ефекти через трансформацію рослинних угруповань, що безпосередньо впливає на кормову базу та умови існування ґрунтової біоти. Зменшення чисельності та різноманітності рослинних видів призводить до деградації трофічних зв'язків, порушення мікробіологічних процесів та загальної стійкості ґрунтових екосистем.

Необхідно, відзначити, що фаціально-кліматичні відмінності чорноземів, які мають суттєве значення в генетичній класифікації потребують уточнень та коригувань у зв'язку з кліматичними трансформаціями. Тому одним із методів діагностики і класифікації цих змін можуть бути біоіндикаційні показники, зокрема і за морфогенетичними характеристиками діяльності мікро- і мезофауни ґрунтів.

Сучасна оцінка та інвентаризація біорізноманіття ґрунту є поширеним напрямком екологічних досліджень, у яких суттєва увага приділяється безхребетним тваринам – представникам мікро- і мезофауни. На сучасному етапі перспективним напрямком ґрунтознавчих досліджень, що має фундаментальне та практичне наукове значення є використання мікро- і мезофауни в якості ефективних ґрунтових біоіндикаторів у програмах моніторингу, відновлення та збереження здоров'я ґрунтових екосистем.

Список літератури:

1. Лісовий М. М., Овчинка В. В., Чайка В. М. Оцінка стану та екологічний аналіз біорізноманіття комах життєвої форми (геобіонти в агроландшафтах Лісостепу України). *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2009. Вип. 51(3). С. 61-75.

2. Біологія ґрунтів (розділ «Тварини — мешканці ґрунту»): науково-навчальне видання / В. А. Трач, С. Я. Підгорна, О. Ф. Делі, К. Й. Черничко. Одеса : ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2021. 55 с.

3. *Adapting Crops to Climate Change*. In book: *Climate Change and Agriculture Book* Editor(s):Noureddine Benkeblia. 2022. pp.53-77. DOI:10.1002/9781119789789.ch3

4. Національна доповідь «Цілі Сталого Розвитку: Україна». К.: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 176 с.

5. Proposal for a directive of the european parliament and of the council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). Brussels, 5.7.2023 COM(2023) 416 final 2023/0232 (COD).

6. Роберт Дж. Кремер. Біологія ґрунту та здоров'я ґрунту. Університет Міссурі Колумбія, штат Міссурі (США). 2019. url: <https://traveliteagro.com/wp-content/uploads/2019/02/Robert-Kremer-translated-1.pdf>

7. Тортик М. Й., Буяновський А. О. Структурно-агрегатний склад чорноземів звичайних Тарутинського степу в різних умовах їх використання. *Ґрунтознавчо-географічна наука і практика – актуальні проблеми сьогодення*. Збір. матер. міжнародн. наук-практ. конф. (Одеса, 08-09 жовтня 2021 р.). Одеса: Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, 2021. С. 91-95.

8. Лебедев Д. Г., Буяновський А. Ол. Оцінка екосистемних послуг ґрунтових ресурсів (на прикладі регіону). Зб. матер. Міжнародної науково-практичної конференції «Ґрунтознавчо-географічна наука і практика», присвяченої 105-річчю доктора сільськогосподарських наук, професора Гоголева І. М. (м. Одеса, 06-07 вересня 2024 р.). Одеса: ОНУ, 2024. С. 80-85.