

УДК 631.461:631.474

До питання про використання мікробіологічних показників в оцінці якості ґрунту

І. В. Пліско*, Д. О. Моргун, К. Ю. Романчук

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 15.08.2022 Отримано після доопрацювання 09.10.2022 Затверджено до видання 13.10.2022 Доступно онлайн 01.12.2022	У статті показано доцільність використання мікробіологічних показників в оцінюванні якості ґрунтів. З метою вибору потрібних індикаторів якості ґрунту проаналізовано широкий спектр мікробіологічних показників за опублікованими результатами багаторічних досліджень провідних українських і закордонних учених – ґрунтознавців, екологів і мікробіологів. Запропоновано крім застосовуваних раніше показників ґрунту та клімату, як оцінювальні використовувати такі мікробіологічні характеристики: фітотоксичність, потенційну целюлозоруйнівну здатність та показник «дихання» ґрунту (за інтенсивністю виділення CO ₂). Метою статті є висвітлення результатів оцінювання якості орних ґрунтів (на прикладі Харківської області) за удосконаленим методичним підходом — з додаванням до розрахунку якості ґрунту фактичних значень мікробіологічних показників та порівняння результатів розрахунку з результатами, отриманими за традиційним методом — без урахування мікробіологічних даних. Визначено вплив доданих значень мікробіологічних оцінювальних показників основних орних ґрунтів Харківської області, на загальні оцінювальні бали якості ґрунтів. Порівняння результатів визначення оцінювальних балів якості ґрунтів за різними методичними підходами показало, що збільшення кількості оцінювальних показників (за рахунок мікробіологічних), порівняно з чинною методикою бонітування, сприяє уточненню загальної бальної оцінки досліджуваних ґрунтів.
Ключові слова: бальна оцінка; ґрунт; мікробіологічні показники; якість	

* E-mail: irinachujan@gmail.com

Форма цитування: Пліско І.В., Моргун Д.О., Романчук К.Ю. До питання про використання мікробіологічних показників в оцінці якості ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2022. Вип. 93. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». С. 12-23. <https://doi.org/10.31073/acss93-02>

1. Вступ

На сучасному етапі запровадження ринкових відносин в агропромисловому комплексі України значно підвищується актуальність питань, пов'язаних з оцінкою якості орних ґрунтів, основним завданням якої є мотивація до більш раціонального їх використання та охорони. Посиленню актуальності цього питання сприяє законодавче закріплення плати за землю залежно від якості землі та місця розташування земельної ділянки [1].

Разом із тим, у науковій літературі зазначається, що оцінювання якості ґрунтів ускладняється тим, що ґрунт є неоднорідним тілом, для якого досить важко встановити однозначні стандарти якості та визначити основні показники для розрахунку загального оцінювального балу якості. Через це у світі існують різноманітні методики оцінювання якості орних ґрунтів, які включають різні набори вихідних даних [2–4]. Але жодна з існуючих нині методик не може дати одночасно оцінку всіх функцій ґрунту. Найбільш поширеними показниками, які використовуються в оцінці якості ґрунтів майже в усіх країнах Європи є такі: вміст органічного вуглецю, макроелементи, важкі метали, нітрати, рН, гранулометричний склад та ємність катіонного обміну. Менш популярними є щільність будови ґрунту, агрегатний склад, пористість, електропровідність, хімічний склад ґрунтових розчинів. Найменше використовують фракційний склад органічного вуглецю, мікробіологічні показники, дихання та ґрунтові ензими.

В результаті аналізування сучасних підходів до земельно-оцінювальних робіт та наукових досліджень з цього питання, помічено, що разом з фізичними та хімічними показниками якості ґрунту дослідники рекомендують враховувати також і біологічні показники [5–7]. Відомо, що на природний потенціал родючості ґрунту суттєво впливає якісний та кількісний склад його мікробіоти; від стану мікробного комплексу та його біохімічної активності залежить родючість ґрунту, урожайність рослин, якість сільськогосподарської продукції і стан навколишнього середовища [8–10]. Велика кількість живих організмів у верхньому шарі ґрунту бере участь в утворенні ґрунтових агрегатів, розкладанні органічних речовин, глобальних циклах біогенних елементів і деградації різноманітних забрудників. Поряд з фізичними та хімічними показниками, біологічні безпосередньо впливають на функції ґрунтів і, тим самим, на бальну оцінку їх якості. Це вкрай динамічні властивості ґрунту, які дуже чутливі до самих умов землекористування, природних змін і присутності хімічних забрудників [11].

Академік В.В. Медведєв [12] запропонував розглядати два мікробіологічних пули як еталонні біологічні властивості в ході проведення ґрунтового моніторингу. Перший пул має представляти загальну кількість мікроорганізмів, які можуть зберігатися в ґрунті за несприятливих умов навколишнього середовища та забезпечувати реалізацію мікробіологічних процесів (евотрофи, амоніфікатори, нітрифікатори). Саме цей пул повинен мати достатньо високий рівень — 1 млн клітин на 1 г ґрунту. Другий пул має відповідати за забезпечення ґрунту необхідною видовою кількістю мікроорганізмів. Він може бути невеликим за кількістю, проте мати широкий видовий спектр. Але, на жаль, ці розробки досі не використовуються для оцінювання якості ґрунту.

Доцільність використання біологічних показників для оцінювання якості ґрунтів підкреслюється у численних роботах зарубіжних авторів [13–15]. У науковій літературі США біологічні показники вважаються найбільш інформативними щодо функцій ґрунту. Якщо фізичні і хімічні показники якості ґрунту у часі реагують із певним запізненням на зовнішні антропогенні і природні процеси, то біологічні вказують саме зміни у ґрунті в теперішньому часі. Пропонуються такі біологічні індикатори якості ґрунтів: чисельність дощових черв'яків; ферментативна активність ґрунтів; уміст «грубої» фракції органічних речовин; інтенсивність дихання; уміст загального органічного вуглецю [16]. Науковці з Великобританії, Франції, Німеччини в оцінку якості орних ґрунтів включають ще такі біологічні показники як загальна біомаса ґрунту; уміст вуглецю мікробної біомаси; індекс мікробного різноманіття; ферментативна активність ґрунту; чисельність окремих груп бактерій та грибів, а також кількість представників ґрунтової фауни (нематод, дощових хробаків) [17–19].

Не менш важливими біологічними показниками в оцінці якості ґрунтів є фітотоксичність ґрунту, потенційна целюлозоруйнівна здатність та інтенсивність виділення CO_2 (так зване «дихання ґрунту»). Показник фітотоксичності ґрунту є інформативним і дуже широко використовується в оцінюванні ґрунтів з метою виявлення негативного впливу на екосистеми [20]. Причинами токсичності можуть бути як аллелопатичні властивості вищих рослин, так і підвищений розвиток у ґрунтах деяких видів сапрофітних мікроорганізмів, що продукують фітотоксини. Токсичність ґрунту може мати комплексний характер, включаючи як біологічні, так і абіогенні фактори, зокрема, кислу реакцію ґрунтового середовища, підвищений вміст закисних сполук алюмінію та заліза, забруднення ґрунту ксенобіотиками тощо. Все це, в кінцевому рахунку, впливає на родючість та якість ґрунту.

Целюлозолітична активність ґрунту є одним із визначальних факторів для характеристики трансформації органічної речовини, продуктивності біоти та, в цілому, рівня родючості ґрунтів [21]. Целюлозоруйнівні мікроорганізми здійснюють розклад рослинних решток, виділяючи при цьому в середовище окиснювальні ферменти, які мають властивість синтезувати гумусові речовини із продуктів розкладу цих решток. Інтенсивність розкладання клітковини (целюлози) характеризує енергію кругообігу вуглецю ґрунтовими мікроорганізмами та визначає рівень ґрунтової родючості і продуктивності біоти [22, 23].

Інтегрованим показником біологічної активності ґрунту є динаміка емісії CO_2 , яка показує на інтенсивність «дихання ґрунту» і, тим самим, на інтенсивність процесів трансформації органічної речовини. Серед компонентів, які беруть участь у диханні ґрунту, домінуючими є мікроорганізми, а на частку кореневої системи рослин припадає близько третини від загального потоку CO_2 з ґрунту. Необхідно враховувати, що кількість CO_2 , яку виділяє ґрунт, визначається не тільки біологічними (темпом росту й розвитку рослин і мікроорганізмів, диханням коренів), а й екологічними чинниками, до яких можна віднести температуру, вологість повітря і ґрунту та ін. [24]. Відповідно, виділення вуглекислого газу є об'єктивним індикатором інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту внаслідок мінералізації, що дозволяє охарактеризувати одну з найважливіших сторін біологічного кругообігу речовин.

Мета статті – проаналізувати досвід використання мікробіологічних показників в бальній оцінці якості ґрунту, порівняти результати визначення загальних оцінювальних балів за різними методиками (на прикладі орних ґрунтів Харківської області) з метою обґрунтування удосконаленого методичного підходу до визначення оцінювальних балів якості ґрунтів з використанням мікробіологічних показників, таких як фітотоксичність ґрунту, потенційна целюлозоруйнівна здатність та інтенсивність виділення CO_2 з ґрунту.

2. Об'єкти, матеріали і методи досліджень

Об'єктами досліджень виступали найпоширеніші орні ґрунти Харківської області та їх властивості (фізичні, хімічні, біологічні) й агрокліматичні показники на території місць їх розташування. В ході досліджень закладено сім ґрунтових розрізів із визначенням географічних координат за допомогою GPS «Garmin-9». З метою діагностування ґрунту проведено детальний опис ґрунтових розрізів за традиційними методиками польових

досліджень^{1,2}. На кожному об'єкті одноразово впродовж весняно-літнього періоду відібрано усереднені ґрунтові зразки буром із орного шару (0–30 см) методом конверту відповідно до ДСТУ 4287:2004³. Перелік об'єктів досліджень наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Об'єкти досліджень у Харківській області

Номер ґрунтового розрізу, назва ґрунту	Місце розташування	Географічні координати	
		північна широта	східна довгота
Розріз № 1, чорнозем звичайний слабозмитий важкосуглинковий на щільній глині	Фермерське господарство (ФГ) «Білий Кінь», Куп'янський район	49°74' 65"	37°75'14"
Розріз № 2, чорнозем опідзолений слабозмитий важкосуглинковий на лесоподібному суглинку	ФГ «Білий Кінь», Куп'янський район	49°53' 60"	37°51'41"
Розріз № 3, темно-сірий опідзолений важкосуглинковий ґрунт на лесоподібному суглинку	ДП ДГ «Граківське», с. Новий Коротич, Харківський район	49°99' 15"	36°45'60"
Розріз № 4, чорнозем типовий легкоглинистий на лесоподібному суглинку	ТОВ «Агросет», с. Шебелинка, Балаклійський район	49°95' 85"	36°01'17"
Розріз № 5, чорнозем типовий середньозмитий легкоглинистий на лесоподібному суглинку	ТОВ «Агросет», с. Шебелинка, Балаклійський район	49°43' 07"	36°50'95"
Розріз № 6, чорнозем типовий слабозмитий легкоглинистий на лесоподібному суглинку	ТОВ «Агросет», с. Шебелинка, Балаклійський район	49°43' 51"	36°51'31"
Розріз № 7, темно-сірий опідзолений важкосуглинковий ґрунт на лесоподібному суглинку	ДП ДГ «Граківське», с. Дослідне, Чугуївський район	49°72'94"	36°93'06"

Для розрахунку оцінювальних балів якості визначено основні показники досліджених ґрунтів: потужність кореневмісного шару (прямим вимірюванням); рівноважну щільність будови (щільність будови на суху масу ґрунту) – за ДСТУ ISO 11272:2001⁴; гранулометричний склад за ДСТУ 4730:2007⁵ методом піпетки в модифікації А.Н. Качинського; загальний вміст гумусу методом Тюріна в модифікації ЦІНАО – за ДСТУ 4289:2004⁶; уміст рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова⁷; та за модифікованим методом Мачигіна⁸. Показник рН⁹ — потенціометрично.

Фітотоксичність ґрунту визначали за методикою Д.М. Гродзинського¹⁰ методом фітотестування. Як тест-об'єкт обрано капусту сорту «Харківська зимова», насіння якої пророщували у ґрунтовій суспензії. Контролем слугував варіант із водою. Як тест-функцію фіксували кількість пророслого насіння та вимірювали довжину коренів і висоту пагонів. Отримані показники виражали у відсотках до контролю.

¹ Полевой определитель почв. Под ред. Н.И. Полупана, Б.С. Носка, В.П. Кузьмичева. Киев: Урожай, 1981. 320 с.

² Практикум з ґрунтознавства. Навчальний посібник. За ред. Д.Г. Тихоненка. 6-е видання, перероб. та доповн. Харків: Майдан, 2009. 447 с.

³ ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.

⁴ ДСТУ ISO 11272:2001 (ISO 11272:1998, IDT). Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу. [Чинний від 2003-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 23 с.

⁵ ДСТУ 4730:2007. Якість ґрунту. Визначання гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського. [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.

⁶ ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.

⁷ ДСТУ 4115:2002. ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 01.01.2003]. К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 6 с.

⁸ ДСТУ 4115:2002. ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. [Чинний від 01.01.2003]. К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 6 с.

⁹ ДСТУ ISO 10390:2005 (ISO 10390:2007, IDT). Якість ґрунту. Визначання рН. [Чинний від 2009-10-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.

¹⁰ Гродзинський Д.М., Шиліна Ю.В., Куцоконь Н.К. та інш. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи: Методичні рекомендації по оцінці допустимих рівнів радіонуклідного та хімічного забруднення за їх комбінованої дії. К.: Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.

Целлюлозоруйнівну здатність ґрунту визначали за методикою І.С. Вострова та А.Н. Петрової¹¹ шляхом закладання лляного полотна у чашки Петрі. Тривалість експозиції лляного полотна становила 28 діб в термостаті при температурі +28 °С.

Визначення концентрації вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі проводили за методикою Б.Н. Макарова¹² у стандартизованих (лабораторних) умовах. Після лужної абсорбції шляхом титрування визначали кількість CO₂, виділеного з ґрунту.

Фактичні значення індивідуальних оцінювальних показників за властивостями досліджених ґрунтів представлено у табл.2.

Розрахунок загальних оцінювальних балів виконано з використанням індивідуальних оцінювальних балів за властивостями та вагових коефіцієнтів. Розроблений авторами алгоритм розрахунку представлено далі у підрозділі 3.2.

Таблиця 2

Значення індивідуальних оцінювальних показників

Показник, одиниці вимірювання	Номер ґрунтового розрізу						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Ґрунтові показники</i>							
Глибина кореневмісного шару, см	60	85	65	50	76	65	64
Уміст гумусу у шарі 0-30 см, %	5,4	4,1	6,0	3,4	4,3	5,1	5,1
Рівноважна щільність будови у шарі 0-30 см, г/см ³	1,42	1,27	1,20	1,20	1,00	1,04	1,07
Уміст Р ₂ О ₅ у шарі 0-30 см, мг/100 г ґрунту	12,7	16,1	15,0	4,8	11,5	10,0	17,0
Уміст К ₂ О у шарі 0-30 см, мг/100 г ґрунту	32,1	34,5	19,3	20,0	17,3	21,0	20,0
Уміст фізичної глини у шарі 0-30 см, %	48,3	51,4	54,0	61,2	66,4	65,2	54,1
pH у шарі 0-30 см	7,0	6,6	7,1	6,1	6,9	6,5	6,1
<i>Мікробіологічні показники</i>							
Потенційна целлюлозоруйнівна здатність ґрунту у шарі 0-30 см, %	85,6	78,5	84,8	86,6	85,5	83,6	85,2
Фітотоксична активність водної витяжки із ґрунту з шару 0-30 см, %	17,0	12,5	5,7	7,0	6,0	0	18,0
Дихання ґрунту (інтенсивність виділення CO ₂ з поверхні ґрунту), кг/га за год	0,15	0,10	0,13	0,33	0,42	0,42	0,43
<i>Кліматичні показники</i>							
Запаси продуктивної вологи у шарі 0-20 см, мм	35	35	38	38	38	38	37
Запаси продуктивної вологи у шарі 0-100 см, мм	140	138	190	96	96	96	186
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за температури повітря вище 10 °С	0,90	0,90	0,94	1,10	1,10	1,10	1,20
Вологозабезпеченість у зимовий період (сума опадів за період листопад-березень), мм	70	72	70	60	60	55	50

3. Результати досліджень.

3.1. Обґрунтування використання мікробіологічних показників в оцінюванні якості ґрунтів

На сучасному етапі розвитку землеробства актуальності набуває напрям досліджень мікробіологічних процесів ґрунту, де важливим компонентом біологічного кругообігу речовин є ґрунтові мікроорганізми, які відіграють значну роль у забезпеченні «здоров'я» ґрунту. Вивчення біологічної активності ґрунту (БАГ) дає змогу вченим виявити закономірності у процесах перетворення органічної речовини, враховуючи антропогенний вплив на ґрунт. Доведено, що зі зростанням інтенсивності біохімічних процесів підвищується продуктивність культурних рослин, відбувається накопичення органічної речовини в ґрунті, покращуються його фізико-хімічні властивості та підвищується родючість [25].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми, говорить що біологічні властивості ґрунтів безпосередньо залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів та функціонування різних еколого-трофічних груп [26], які можуть

¹¹ Востров І.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы различными методами. Микробиология. 1961. Т. 30. № 4. С. 665-672.

¹² Макаров Б.Н. Упрощенный метод определения дыхания почвы. Почвоведение. 1957. № 9. С. 119-122.

проявлятися як індикатори ґрунтів. Це дає можливість визначити наявність контамінантів, які впливають на показники біологічної активності, зокрема інтенсивність виділення вуглекислого газу з ґрунту, розклад клітковини та фітотоксичність ґрунту [27].

Фітотоксичність ґрунту – властивість ґрунту пригнічувати ріст і розвиток вищих рослин, що призводить до порушення фізіологічних процесів, погіршення якості рослинної продукції [28], визначається за зниженням кількості пророслих насінин і зменшенням висоти проростків.

Рослини є первинними ланками трофічних ланцюгів, які виконують важливу роль у поглинанні різноманітних забруднювачів і постійно зазнають їх впливу внаслідок закріплення на субстраті. Саме тому рослини разом з ґрунтовою мікробіотою вважають найбільш зручними об'єктами для біомоніторингу ґрунтів [29, 30].

Однією із причин зниження родючості ґрунтів може бути накопичення різноманітних токсичних речовин, які негативно впливають на рослини. Це явище, яке отримало назву «токсикоз ґрунту» або «втомлення ґрунту», яке проявляється при вирощуванні тривалого часу монокультури, відоме давно і до теперішнього часу приваблює увагу дослідників різних країн [31]. Своєю чергою неправильне проведення агротехнічних заходів, таких як оранка, культивування, зрошення та ін., змінюючи структуру ґрунту може сприяти утворенню та накопиченню негативних для рослин речовин.

Не останню роль у збільшенні токсичності ґрунту відіграє і кількісний та якісний склад внесених мінеральних добрив. Необхідно відмітити, що застосування підвищених доз мінеральних добрив нерідко несе негативні наслідки.

Підкислення ґрунту також викликає токсичний ефект. В результаті підвищення кислотності ґрунтовий розчин може збагачуватись іонами металів, які здатні пригнічувати рослини та корисну мікрофлору [32].

До теперішнього часу відома велика кількість даних щодо токсичної дії хімічних засобів захисту рослин, тобто, гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів та ін., широко застосовуваних у сільському господарстві. В результаті частого застосування однакових високотоксичних хімічних сполук, ці речовини, накопичуючись у ґрунті здатні викликати негативні наслідки. Тривалість зберігання та післядія засобів захисту рослин залежить від ґрунтово-кліматичних факторів, від кількісного та якісного складу цих речовин, а також вирощуваних культур та ін.

Важливу роль у токсичності ґрунту відведено метеорологічним факторам, таким, як температура, вологість та ін. Вони можуть впливати на накопичення та розкладання токсичних продуктів метаболізму ґрунтових мікроорганізмів. Різні типи ґрунтів по-різному вбирають ці речовини. Фізико-хімічні властивості самих фітотоксичних сполук можуть суттєво впливати на процеси утримання та розкладання їх у ґрунті. Лі Q. зі співавторами [33] під час своїх досліджень виявили, що водоутримувальна здатність, щільність будови ґрунту, пористість, водопроникність та інфільтрація крім інших факторів також залежать від концентрації потенційно токсичних елементів.

Ряд вітчизняних та зарубіжних дослідників вважають, що вивчення мікроорганізмів, які продукують фітотоксичні речовини в процесі життєдіяльності, природи та активності цих речовин поряд зі складними процесами перетворення їх у різних ґрунтово-кліматичних умовах має велике значення для оцінювання їх екологічної ролі [34]. Токсичність ґрунту є фактором, що відіграє важливу роль у зниженні родючості ґрунту та врожаїв сільськогосподарських культур. Безсумнівно, що провідна роль у цих явищах належить біологічним причинам — в основному фітотоксичним ґрунтовим мікроорганізмам. Зокрема, вирощування монокультури впродовж тривалого часу може викликати накопичення певних груп мікроорганізмів, концентрація яких може стати токсичною і викликати пригнічення росту й розвитку сільськогосподарської культури. Тому для підтримки «здорового» стану ґрунту так необхідно дотримуватися сівозмін.

Широке розповсюдження та значна роль фітотоксичних мікроорганізмів у токсикозі ґрунтів обґрунтовує подальшу необхідність і важливість включення цього показника до методики оцінки якості ґрунтів. Саме цей показник зумовлює рівень «здоров'я» ґрунту, що є вкрай важливим у сучасних умовах розвитку суспільства.

Потенційна целюлозоруйнівна активність. Важливим показником біологічної активності ґрунту є також інтенсивність розкладання органічних речовин, які присутні у ґрунті та потрапляють у ґрунт з органічними добривами, рослинними й тваринними рештками та іншими речовинами. В усіх цих органічних речовинах клітковина (целюлоза) є основним джерелом енергії для життєдіяльності ґрунту.

Целюлоза становить основну масу (близько 50 %) рослинних тканин та є одним із найбільш поширених рослинних полімерів на нашій планеті. Щорічно маса рослинного опаду становить приблизно 1×10^{13} т, з яких 4×10^{10} т — целюлоза [35]. Ця речовина належить до найбільш стійких речовин та може протидіяти навіть сильним кислотам та

основам. Тому все, що пов'язано з процесом її перетворення викликає великий науковий і практичний інтерес.

Важливим етапом вуглецевого циклу в природі вважають розклад клітковини, що відбувається за допомогою дії ферментів різних груп мікроорганізмів. Особлива роль в даному процесі належить мікроскопічним грибам, а саме, таких родів як *Trichoderma*, *aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Chaetomium* та ін. Група аеробних целюлозоруйнівних мікроорганізмів найбільше представлена у ґрунті [36].

У розкладенні целюлози також беруть участь міксобактерії родини Мухососсасеае роду *Mucosoccus*, родини Archangiaceae роду *Archangium* та родини Polyangiaceae роду *Polyangium*, широко розповсюджені в ґрунтового покриві різних зон.

Актиноміцети та гриби можуть повільно руйнувати целюлозу, хітридіоміцети серед яких велика кількість паразитів також мають цю здатність.

За аеробного розкладу целюлози із глюкози, в основному, утворюються два продукти – CO_2 та H_2O і можуть накопичуватися у невеликій кількості органічні кислоти.

Анаеробний розклад клітковини супроводжується утворенням масляної та оцтової кислот, а також вуглецю, метану та вугільної кислоти. В аеробному розкладі беруть участь різноманітні бактерії, актиноміцети та гриби. Із групи бактерій особливо активними руйнівниками клітковини являються *Spirochaeta cytophaga*, *Cellvibrio*, *Cellfalcicula*.

За анаеробного розкладення целюлози первинний продукт – глюкоза в подальшому піддається бродінню, в результаті чого утворюється велика кількість органічних сполук. Інтенсивність розкладання целюлози у ґрунті визначена спільною дією кількох факторів: погодними умовами, характером рослинного покриву, обсягом органічної речовини, що надходить у ґрунт, типом ґрунту, його фізичними властивостями та хімічним складом. В умовах міського середовища інтенсивність целюлозолітичних процесів регулюється також характером та ступенем антропогенного впливу на ґрунтовий покрив, атмосферу та рослинність [37]. Целюлозолітична активність ґрунту цікавить дослідників як процес, в результаті якого в ґрунтах розкладається велика кількість рослинних решток. У нашій країні він почав вивчатися з появою методу І.С. Вострова та А.Н. Петрової [38].

Процес розкладання органічної речовини є важливою невід'ємною ланкою світового біогеохімічного кругообігу елементів і багато в чому визначає родючість ґрунтів. Швидкість розкладання целюлози впливає на швидкість розкладання органіки загалом. Цей показник можна розглядати як кількісну міру ґрунтової родючості, а чисту целюлозу — як модельний субстрат для розкладання, на фоні якого можна визначити дію факторів зовнішнього середовища та вивчити властивості ґрунту. Саме тому питання вивчення целюлозолітичної активності ґрунтів уже багато років перебувають у центрі інтересів науковців [23, 39–42].

Висвітлені дані І.С. Вострова та А.Н. Петрової [38] свідчать про те, що визначення активності мікрофлори за ступенем розкладу лляної тканини в ґрунті за зменшенням сухої маси дозволяє зробити більш точну оцінку стану та активності мікроорганізмів. Саме тому для дослідження целюлозолітичної активності ґрунту ми обрали цей метод.

Показник «дихання ґрунту» (інтенсивність виділення CO_2). Інтегрованим показником біологічної активності ґрунту є величина вуглекислого газу, яка показує на інтенсивність «дихання» ґрунту і, тим самим, процесів трансформації органічної речовини. Інтенсивність біологічної активності ґрунту за показником виділення вуглекислого газу залежить від типу ґрунту, вологості, температури, а також наявності органічної речовини, співвідношення вуглецю до азоту та інших.

Процес виділення CO_2 та споживання кисню ґрунтом, що називають ґрунтовым диханням, це — інтегрована функціональна характеристика інтенсивності продукційних і деструкційних процесів у наземних екосистемах. Виокремлення внесків гетеротрофів і автотрофів у цей процес є надзвичайно складним методичним завданням [43]. За різних природних умов їх співвідношення варіює в дуже широких межах, але часто його вважають рівним 1:1.

Кількість CO_2 , яку виділяє ґрунт, визначається не тільки біологічними (темпом росту й розвитку рослин і мікроорганізмів, диханням коренів), а й екологічними чинниками (температурою, вологістю повітря і ґрунту та ін.). Тому емісія CO_2 з поверхні ґрунту має досить чітку добову динаміку (від температури ґрунту залежить інтенсивність дихання коренів і активність ґрунтової біоти). Динаміка емісії CO_2 тісно корелює з температурою верхніх шарів ґрунту (чим вища температура ґрунту, тим інтенсивніше виділяється CO_2) і мікрорельєфом конкретного об'єкту. Водночас процеси, відповідальні за поглинання (виділення) газів, відбуваються в усьому об'ємі ґрунту як біокосного тіла. Це складний комплекс біофізичних і біохімічних взаємодій і явищ, що передбачає продукування і вбирання газоподібних речовин живою фазою ґрунту, міжфазові взаємодії, хімічні реакції окиснення-відновлення, транспорт газів і парів, їх акумулювання у нижніх шарах ґрунту і

взаємодію з підґрунтовими водами. Саме цей складний комплекс процесів визначає екологічну газову функцію ґрунтів [44].

Отже, виділення вуглекислого газу є об'єктивним індикатором інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту внаслідок мінералізації та дозволяє охарактеризувати одну з найважливіших сторін біологічного кругообігу речовин.

Таким чином, для повноти характеристики зі своєї сторони, ми пропонуємо долучити до оцінювання якості ґрунтів, показники фітотоксичності ґрунту потенційної целюлозоруйнівної активності та «дихання ґрунту» (інтенсивність виділення вуглекислого газу).

3.2. Удосконалений методичний підхід до визначення загального оцінювального балу якості ґрунту

Сутність запропонованого удосконаленого методичного підходу до визначення оцінювальних балів якості ґрунтів полягає у тому, що розрахунок цих балів здійснюється шляхом визначення балу кожного з контурів ґрунту, які розташовано в межах конкретного поля чи земельної ділянки окремо за ґрунтовими та кліматичними показниками, які враховують безпосередньо, та технологічними показниками поля, які враховують за допомогою поправкових коефіцієнтів. Відмінною рисою методичного підходу є додаткове урахування мікробіологічних показників разом з ґрунтовими та сумою опадів (мм) за період листопад-березень, тобто, вологозабезпеченості ґрунту у зимовий період.

Загальний оцінювальний бал визначають як середньозважену величину з індивідуальних оцінювальних балів окремо за ґрунтовими (в тому числі й мікробіологічними) і кліматичними показниками та розраховують за формулою 1:

$$B_3 = \frac{\sum B_{Г(1,2,3+...m)} \cdot K_{БГ(1,2,3+...m)} + \sum B_{К(1,2,3+...m)} \cdot K_{БК(1,2,3+...m)}}{\sum K_{БГ(1,2,3+...m)} + \sum K_{БК(1,2,3+...m)}}, \quad (1)$$

де B_3 – загальний оцінювальний бал; $B_Г$ – оцінювальний бал за ґрунтовими показниками; $B_К$ – оцінювальний бал за кліматичними показниками; $K_{БГ}$ – вагові коефіцієнти для ґрунтових показників; $K_{БК}$ – вагові коефіцієнти для кліматичних показників.

Рекомендовані значення вагових коефіцієнтів, які визначено експертним шляхом, наведено у табл. 3.

Таблиця 3
Значення вагових коефіцієнтів оцінювальних показників

Значення вагового коефіцієнта	Оцінювальний показник
1,4	Запаси продуктивної вологи в шарі 0-20 см під час сходів ранніх ярих культур
	Запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см під час цвітіння та формування генеративних органів ранніх ярих культур
1,2	Рівноважна щільність будови в шарі 0-30 см
	Уміст рухомого фосфору в шарі 0-30 см
	Уміст рухомого калію в шарі 0-30 см
	pH (KCl) у шарі 0-30 см
	ГТК за період з температурою повітря вище 10 °C
	Вологозабезпечення у зимовий період (сума опадів мм за період листопад-березень)
	Фітотоксична активність ґрунту
1,0	Глибина кореневмісного (гумусованого) шару
	Уміст гумусу в шарі 0-30 см
	Уміст фізичної глини в шарі 0-30 см
	Потенційна целюлозоруйнівна здатність
	Дихання ґрунту (інтенсивність виділення CO ₂)

Оцінку в балах кожного з оцінювальних показників (критеріїв) визначають відповідно до нормативних параметрів, показаних у табл. 4.

Таблиця 4

Оцінка параметрів ґрунтових та кліматичних критеріїв у балах

Критерій, одиниці вимірювання	Оцінка параметрів у балах				
	100 (I)	80 (II)	60 (III)	40 (IV)	20 (V)
<i>Параметри ґрунтових критеріїв</i>					
Глибина кореневмісного (гумусованого) шару, см	>65	65-51	50-36	35-20	<20
Уміст гумусу в шарі 0-30 см, %	>3,50	3,50-3,01	3,00-2,51	2,50-2,01	<2,00
Рівноважна щільність будови в шарі 0-30 см, г/см ³	1,1-1,3	1,1-1,0 і 1,3-1,4	1,0-0,9 і 1,4-1,5	0,9-0,8 і 1,5-1,6	<0,8 і >1,6
Уміст рухомого фосфору в шарі 0-30 см, мг/100 г ґрунту	>15,0	10,0-15,0	7,6-10,0	5,0-7,5	<5,0
Уміст рухомого калію в шарі 0-30 см, мг/100 г ґрунту	>17,0	14,5-17,0	12,0-14,4	8,0-11,9	<8,0
Уміст фракції < 0,01 мм у шарі 0-30 см, %	45-30	46-50 і 30-26	51-55 і 25-20	56-60 і 19-15	>60 і <15
pH (KCl) у шарі 0-30 см	6,1-7,2	6,0-5,6 і 7,3-7,5	5,5-5,1 і 7,6-7,8	5,0-4,6 і 7,9-8,5	<4,5 і >8,5
Фітотоксичність ґрунту, %	0-12	12-18	18-24	24-30	>30
Потенційна целюлозо-руйнівна здатність, %	30-50	30-20 і 50-60	20-15 і 60-70	15-10 і 70-80	<10 і >80
Дихання ґрунту (інтенсивність виділення CO ₂), кг/га за годину	0,4-0,5	0,3-0,4 і 0,5-0,6	0,3-0,2 і 0,6-0,8	0,2-0,1 і 0,8-1,0	<0,1 і >1,0
<i>Параметри кліматичних критеріїв</i>					
Запаси продуктивної вологи в шарі 0-20 см під час сходів ранніх ярих культур, мм	>40	40-30	29-20	19-10	<10
Запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см під час цвітіння та формування генеративних органів ярих культур, мм	>160	160-130	129-100	99-70	<70
ГТК за період з температурою повітря вище 10 °С	1,10-1,20	1,09-1,00 і 1,21-1,30	0,99-0,90 і 1,31-1,40	0,89-0,70 і 1,41-1,60	<0,70 і >1,60
Вологозабезпеченість у зимовий період (сума опадів за період листопад-березень), мм	>80	80-65	65-50	50-30	<30
Примітка. Характеристика параметрів: I — дуже сприятливі; II — сприятливі; III — середні; IV — несприятливі; V — дуже несприятливі					

3.3. Результати порівняння оцінювальних балів якості ґрунтів, визначених за різними методичними підходами

Проведено розрахунок оцінювальних балів якості досліджених орних ґрунтів за різними методичними підходами: за чинною методикою бонітування [45], методикою В.В. Медведєва та ін. [46, 47] та удосконаленою методикою оцінювання якості ґрунтів [48], яку розроблено за участі авторів статті. На рис.1 представлено результати проведених розрахунків оцінювальних балів досліджених ґрунтів.

Чинна методика бонітування. Варто відмітити, що розрахунки балів бонітету за чинною методикою здійснюються за чотирма основними діагностичними ознаками (показниками): запаси гумусу у шарі 0–100 см; максимально можливі запаси продуктивної вологи у шарі 0–100 см; вміст рухомого фосфору та калію в орному шарі ґрунту. Для кожного діагностичного показника розраховується бал бонітету шляхом співвідношення фактичного значення ознаки та її еталонного значення.

Еталони для показників становлять: за вмістом гумусу в шарі 0–100 см — 500 т/га; за вмістом продуктивної вологи в шарі 0–100 см — 200 мм. Стандартами для елементів живлення служать такі величини: за вмістом рухомих фосфатів за методом Кірсанова —

26, Чирикова — 20, Мачигіна — 6 мг/100 г ґрунту; за вмістом обмінного калію: за методом Кірсанова — 17; Чирикова — 20; Мачигіна — 40; Пейве — 25; Маслової — 20 мг/100 г ґрунту.

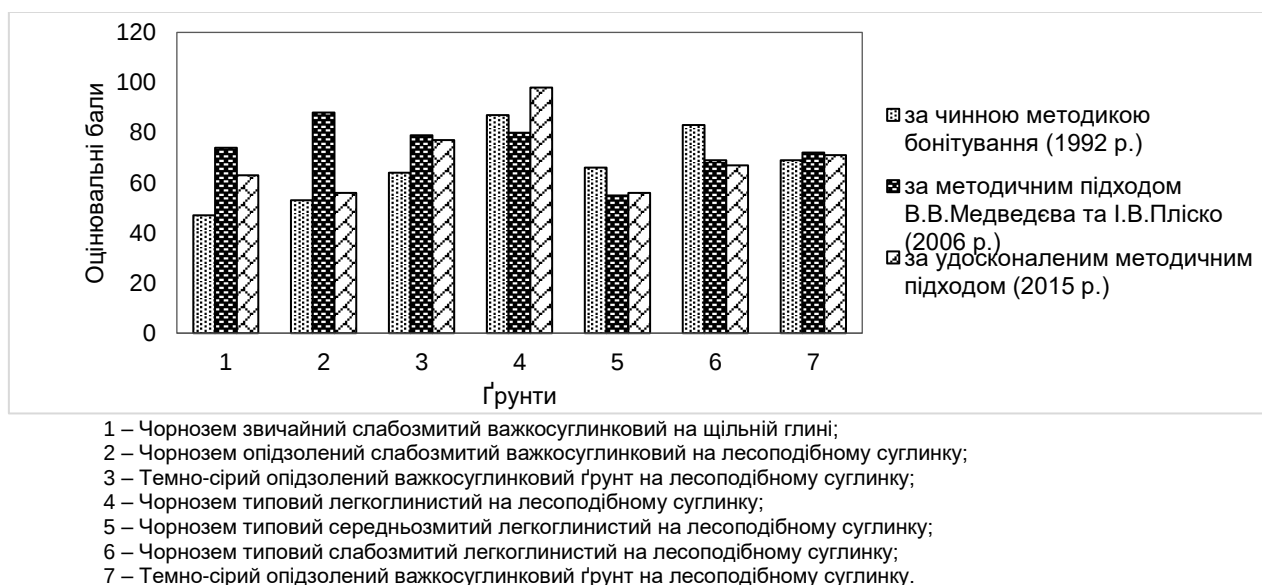


Рис.1. Оцінювальні бали якості досліджених орних ґрунтів, розраховані за різними методичними підходами

Середньозважений бал бонітету ($B_{сз}$) за типовими критеріями ґрунту розраховують за формулою 2:

$$B_{сз} = \frac{B_1 \cdot \Pi_1 + B_2 \cdot \Pi_2 + \dots + B_n \cdot \Pi_n}{\sum \Pi_n}, \quad (2)$$

де $B_1, B_2, \dots, B_n$ — бали за типовими критеріями (гумус, ДАВ, фосфор, калій); $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ — ціна балу критерію (визначається діленням стандартного показника на 100); $\sum \Pi$ — сума цін балів усіх критеріїв.

Проведені розрахунки вказують на те, що найвищі бали бонітету серед досліджених ґрунтів мають чорноземи типові легкоглинисті. Посилення ознак змитості призводить до зменшення бонітетів: на 4 та 21 бал відповідно для слабозмитого та середньозмитого різновидів цього ґрунту. Найнижчими оцінювальними балами характеризуються чорнозем опідзолений (розріз № 2) та чорнозем звичайний (розріз № 1), які мають слабкий ступінь змитості.

Методика В.В.Медведева та ін. дозволяє визначати бали бонітету шляхом комплексної оцінки показників «ґрунту», «клімату» та «поля». Їх загальна кількість становить 12. За результатами розрахунків встановлено, що розраховані оцінювальні бали досліджених ґрунтів є вищими порівняно з балами, розрахованими за чинною методикою бонітування. Найвищими балами характеризуються чорнозем типовий легкоглинистий та чорнозем опідзолений важкосуглинковий зі слабким ступенем змитості. Найнижчий бал бонітету отримано для чорнозему типового легкоглинистого середньозмитого.

Удосконалений методичний підхід передбачає залучення 14 оцінювальних показників, які характеризують властивості ґрунтів та клімату. Відмінність від інших методичних підходів полягає у врахуванні деяких мікробіологічних показників, зокрема, фітотоксичності, потенційної целюлоруйнівної здатності та показника «дихання» ґрунту (за інтенсивністю виділення CO_2), а також додаткового кліматичного показника у вигляді вологозабезпечення у зимовий період. Цей методичний підхід є першою спробою використання мікробіологічних показників в оцінюванні якості ґрунтів.

Результати розрахунків свідчать про те, що аналогічно з двома попередніми методиками, найвищий бал має чорнозем типовий легкоглинистий. Ступінь змитості суттєво знижує оцінювальні бали: для слабозмитих різновидів — на 31 бал, для середньозмитих — на 41 бал.

При порівнянні розрахованих оцінювальних балів за різними методичними підходами встановлено, що збільшення кількості оцінювальних показників порівняно з чинною методикою бонітування призводить до уточнення оцінювальних балів досліджених

ґрунтів. Це стосується як методичного підходу В.В. Медведєва та ін., так і запропонованого удосконаленого методичного підходу.

4. Висновки

Запропоновано удосконалений методичний підхід до оцінювання якості орних ґрунтів, який передбачає окрім показників ґрунту та клімату, використовувати ряд мікробіологічних показників, зокрема, фітотоксичність ґрунту, потенційну целюлозоруйнівну здатність та показник «дихання ґрунту» (за інтенсивністю виділення CO₂). Оскільки, оцінка біологічної активності ґрунтів близька до оцінки рівня родючості, відповідно вищезазначені показники мають доповнити методику оцінки якості земель, яка, в основному, базується на використанні агрофізичних та агрохімічних властивостей. Додаткове врахування мікробіологічних показників ґрунтів дозволяє об'єктивізувати підходи до оцінювання якості ґрунтів з метою визначення сучасного стану їхньої родючості.

Список використаних джерел

1. Волох П.В., Левченко Г.П., Острініна О.П. Парадигма бонітування ґрунтів та економічні оцінки сільськогосподарських земель в аграрному праві. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2021. № 8. С.168-175. <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2021-8/38>.
2. Волков В.П., Переверзева А.В., Полякова О.І. Управління якістю ґрунтів в ЄС та Україні. *Ефективна економіка*. 2020. № 9. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.9.4>
3. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів у провідних країнах світу. *Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник*. Миколаїв: МНАУ, 2018. С.157-188.
4. Assessing agricultural soil quality on a global scale / L. Mueller, U. Schindler, T. Graham [et al.]. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2012. Vol. 58. P. 576-582. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.692877>.
5. Herencia J.F., Pérez-Romero L.F., Daza A., Arroyo F.T. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional Japanese plum orchards. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2021. Vol. 37. No.2. P. 71-90. <https://doi.org/10.1080/01448765.2020.1842243>
6. Schloter M., Nannipieri P., Sørensen S.J., Elsas J.D. Microbial indicators for soil quality. *Biology and Fertility Soils*. 2018. Vol. 54. P. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00374-017-1248-3>
7. Журавель М.Ю., Найдьоньова О.Є., Яременко В.В. Застосування біологічних показників для визначення агроекологічного стану рекультивованих ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. зб. 2015. Вип. 84. Харків: ННЦ "ІГІА ім. О.Н. Соколовського". С. 80-88. URL: <http://agrochemsoilsci.org/84/84-10.html> (дата звернення 02.09.2022).
8. Цюк О.А., Кирилюк В.І., Ющенко Л.П. Біохімічна активність чорнозему типового за різних систем землеробства. *Мікробіологічний журнал*. 2017. Т. 79. № 3. С. 65-71. <https://doi.org/10.15407/microbiol79.03.065>.
9. Цигічко Г.О., Маклюк О.І. Динаміка біохімічної активності чорнозему типового за органічної та традиційної систем землеробства. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. зб. 2015. Вип. 82. Харків: ННЦ "ІГІА ім. О.Н. Соколовського". С. 91-97. URL: <http://agrochemsoilsci.org/NNN.html#82>
10. Симочко Л.Ю., Дем'янюк О.С., Симочко В.В. Біоіндикація і біотестування ґрунтів – сучасні методичні підходи. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія Біологія. 2017. Випуск 42. С. 77-81.
11. Оцінка і управління якістю ґрунтів. Навчальний посібник / С.Ю. Булигін, О.Л. Тонха, С.В. Вітвіцький [та ін.]. Київ, 2020. 489 с.
12. Медведєв В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи. (2-ое пересмотренное и дополненное издание). Харьков : КП «Городская типография», 2012. 536 с.
13. Soil quality – a critical review / E.K. Bütemann, G. Bongiorno, Z. Bai, [et al.] *Soil Biology and Biochemistry*. 2018. Vol. 120. P. 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>.
14. Martinez M., Gutiérrez-Romero V., Jannsens M., Ortega-Blu R. Biological soil quality indicators: a review. In: A. Mendes-Vilas (Ed.) *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. 2010. P. 319-328. URL: https://www.researchgate.net/publication/285738755_Biological_soil_quality_indicators_a_review (дата звернення 05.09.2022)
15. Huera-Lucero T., Labrador-Moreno J., Blanco-Salas J., Ruiz-Téllez T. Framework to incorporate biological soil quality indicators into assessing the sustainability of territories in the Ecuadorian Amazon. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(7):3007. <https://doi.org/10.3390/su12073007>.
16. Blum W.E.H. Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. 2008. Vol. 4. No 3. P. 75-79. <https://doi.org/10.1007/s11157-005-2236-x>.
17. Schlotera M., Dilly O., Munch J.C. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009. № 99. P. 255-265.
18. Schiefer J., Lair G.J., Blum W.E.H. Indicators for the definition of land quality as a basis for the sustainable intensification of agricultural production. *International Soil and Water Conservation Research*. 2015. Volume 3. Issue 1. P. 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.03.003>.
19. Simplified performance assessment methodology for addressing soil quality of nature-based solutions / R. Bouzouidja, B. Béchet, J. Hanzlikova [et al.]. *Journal of Soils and Sediments*. 2021. Vol. 21, P. 1909–1927. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02731-y>.
20. Патица В.П. Мікробіомна індикація стану чорноземів України. Матеріали міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 130-річчю виходу книги професора В.В. Докучаєва «Русский чернозем» і появі сільськогосподарської дослідної справи як галузі знань. 2013. С. 98.

21. Макарова Г.А., Глущенко М.К., Вакуленко С.І. Сидерація, як фактор підвищення родючості ґрунтів. *Екологія: сучасний стан родючості ґрунтів та шляхи її збереження*. 2003. Вип. 68. Т. 81. С. 56-62.
22. Шерстобоева О.В., Шустерук Т.З., Дем'янюк О.С. Біологічний моніторинг ґрунтів як складова екологічного моніторингу агроєкосистем. *Агроєкологічний журнал*. 2007. № 3. С. 45–49.
23. Лико Д.В., Лико С.М., Портухай О.І., Безверха О.В. Целюлозолітична активність дерново-підзолистого ґрунту різних біотопів. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 4. С. 53-57. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2017.219729>
24. Іутинська Г.О. Ґрунтова мікробіологія. Київ: Арістей, 2006. 284 с.
25. Гамкало З. Біотична активність як критерій едафічного комфорту. *Екологічна якість ґрунту*. Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2018. С. 200-254.
26. Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С., Чабанюк Я.В. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агроєкосистем. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 2. С. 142-148. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170>.
27. Zhang J., Li, P. Using soil microorganism to construct a new index of soil quality evaluation. *Earth Environ. Sci.* 2020. Vol. 440(052023). P.1-4. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/440/5/052023>.
28. Qadir M., Schubert S., Steffens D. Phytotoxic Substances in Soils. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. 2013. P. 216-222. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.05255-6>.
29. Ziolkowska A., Wyszowski M. Toxicity of petroleum substances to microorganisms and plants. *Ecological Chemistry and Engineerings*. 2010. Vol. 17. № 1. P. 73-82.
30. Glibovytska N., Mykhailiuk Yu. Phytoindication research in the system of environmental monitoring. *Екологічні науки*. 2020. №1 (28). С. 111-114. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.16>.
31. Grossbard E. Antibiotic production by fungi on organic manures and in soil. *J. Gen. Microbiol.* 1952. V. 6. № 5-4. P. 295-310.
32. Bansal O.P. The influence of potentially toxic elements on soil biological and chemical properties. / In Z.A. Begum, I.M. Rahman, & H. Hasegawa (Eds.). *Metals in Soil - Contamination and Remediation*. 2018. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81348>.
33. Impacts of sewage irrigation on soil properties of farmland in China: A review / Q. Li, J. Tang, T. Wang [et al.]. *International Journal of Experimental Botany*. 2018. Vol.87. P. 40-50. <https://doi.org/10.32604/phyton.2018.87.040>.
34. Берестецкий О.А., Элисашили Т.А., Боровков А.В. Образование некоторыми почвенными микроорганизмами фитотоксичной метилсалициловой кислоты и влияние её на растения. *С.-х. биология*. 1978. Т. 13. № 6. С. 868-871.
35. Варнайта Р.Н., Раудонене В.З. Биодegradация растительных отходов микромицетами. *Микол. и фитопатол.* 2003. № 2. С. 49-52.
36. Gomes I., Shaheen M., Rahman S.R., Gomes D.J. Comparative studies on production of cell wall-degrading hydrolases by *Trichoderma reesei* and *T. Viride* in submerged and solid-state cultivations. *Bangladesh Journal of Microbiology*. 2008. Vol. 23(2). P. 149-155. <https://doi.org/10.3329/bjm.v23i2.882>.
37. Домусчи С.В., Тригуб В.І. Целюлозолітична активність ґрунтів міста Одеса. *Вісник Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2022. Т. 27. Вип. 1(40). С. 61-71. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.1\(40\).257533](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.1(40).257533).
38. Востров И.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы различными методами. *Микробиология*. 1961. Т. 30. № 4. С. 665-672.
39. Мальярчук Р.В. Целюлозолітична активність ґрунтів м. Дубровиця. *Сучасні досягнення природничих наук: матеріали Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції (для молодих науковців, студентів, магістрантів, аспірантів)*. Полтава. 2019. С. 100-102.
40. Syshchykov D.V., Agurova I.V., Syshchykova O.V. Features of the formation of biological and cellulolytic activity in soils of anthropogenous transformed ecosystems. *Darnios aplinkos vystymas*. 2021. 1(18). P. 99-107.
41. Krzyśko-Łupicka T., Kręciło Ł., Kręciło M. The comparison of cellulolytic activity of the modified soil treated with roundup. *Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology*. 2016. Vol. 21(1-2). P. 133-139.
42. Стернік В.М. Целюлозолітична активність ґрунтів урбоєкосистеми м. Рівне. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*. 2015. Том 6 (13). № 1. С. 317-324.
43. Ryan M.G., Law B.E. Interpreting, measuring, and modelling soil respiration. *Biogeochemistry*. 2005. Vol. 73. № 1. P. 3-27.
44. Lynd L.R., van Zyl W.H., McBride J.E., Laser M. Consolidated bioprocessing of cellulosic biomass: an update. *Current Opinion in Biotechnology*. 2005. Vol. 16(5). P. 577-583. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2005.08.009>.
45. Новаковський Л.Я., Канах А.П., Розумний І.А., Деревицкий А.В. *Методика бонитировки почв України*. Киев, 1992. 102 с.
46. Медведєв В.В., Пліско І.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины. Харьков: 13 типография, 2006. 386 с.
47. Пліско І.В. Якість орних ґрунтів України. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 372 с.
48. Пліско І.В., Строкова Д.О. Досвід оцінювання якості ґрунтів. *Матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. «Наукові пріоритети розвитку аграрної сфери в умовах глобальних змін»*, 4-5 грудня 2014. Тернопіль: Крок, 2014. С.57-59.

UDC 631. 461:631.474

On the issue of using microbiological indicators in the assessment of soil quality

I. V. Plisko, D. O. Morgun, K. Yu. Romanchuk

National scientific center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky"

Kharkiv, Ukraine

E-mail: irinachujan@gmail.com

The article substantiates the use of microbiological indicators in soil quality assessment. A wide range of microbiological indicators was analyzed based on the results of many years of research by leading Ukrainian and foreign scientists - soil scientists, ecologists, microbiologists. In addition to soil and climate indicators, it is proposed to use microbiological indicators as evaluative indicators, such as soil phytotoxicity, potential cellulose-degrading capacity, and the "soil respiration" indicator (based on the intensity of CO₂ release). The purpose of the article is to highlight the results of assessing the quality of arable soils (on the example of the Kharkiv region) using an improved methodical approach by taking into account the above-mentioned microbiological indicators. As a result of determining the microbiological evaluation indicators of the main arable soils of the Kharkiv region, their influence on evaluation points was analyzed according to the improved method of soil quality assessment. A comparison of the results of determining evaluation points using different methodical approaches was carried out. When comparing the calculated evaluation points according to different methodical approaches, it was established that the increase in the number of evaluation indicators compared to the current rating method leads to the clarification of the evaluation points of the studied soils. This concerns the methodical approach of V.V. Medvedev and others, as well as the proposed improved methodical approach.

Key words: assessment; soil; microbiological indicators; quality.

Citing: Plisko, I.V., Morgun, D.O., & Romanchuk, K.Yu. (2022). On the issue of using microbiological indicators in the assessment of soil quality. *AgroChemistry and Soil Science*, 93, 12-23. [doi:10.31073/acss93-02](https://doi.org/10.31073/acss93-02) [in Ukrainian].