

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ»**

**МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
АГРОЗАХОДІВ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ
МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО**

Вінниця
2025

УДК 631.427.2: 631.452: 631.445.25
М 19

*Рекомендовано до друку Вченою радою ННЦ «ІЗ НААН»
(протокол № 10 від 6 жовтня 2025 р.)*

Рецензенти:

А.Д. Балаєв – доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України, професор кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикuli;

І.Т. Слюсар – доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, головний науковий співробітник відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях ННЦ «ІЗ НААН»

**М 19 Методика оцінювання агротехнічних заходів на основі показників стану мікробних угруповань чорнозему типового / І. М. Малиновська. – Вінниця : ТВОРИ, 2025. – 32 с.
ISBN 978-617-8835-83-5**

У «Методиці оцінювання агротехнічних заходів на основі показників стану мікробних угруповань чорнозему типового» наведено основні принципи і етапи визначення системи мікробіологічних діагностичних показників ефективності агротехнічних і агрохімічних заходів за використання їх на чорноземі типовому у зоні Лісостепу.

Видання призначено для наукових співробітників установ системи НААН України та фахівців агроформувань різних форм власності, що займаються вирощуванням сільськогосподарської продукції, і на основі дослідження спрямування ґрунтотворних процесів зможуть вжити заходів щодо посилення екологічної безпеки використання земельних ресурсів і підвищення рівня родючості чорнозему типового.

УДК 631.427.2: 631.452: 631.445.25

ISBN 978-617-8835-83-5

© ННЦ «ІЗ НААН», 2025
© ТОВ «ТВОРИ», 2025

Зміст

Вступ.....	4
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	5
Розділ 1. МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
1.1. Відбір середньої проби ґрунту та приготування ґрунтової суспензії для посіву.....	9
1.2. До питання про час проведення мікробіологічних досліджень упродовж вегетаційного періоду.....	10
1.3. Методи виявлення і кількісного підрахунку ґрунтових мікроорганізмів.....	15
1.4. Приготування ґрунтової суспензії для посіву.....	18
1.5. Проведення мікробіологічного посіву.....	18
1.6. Визначення вірогідності формування бактеріальних колоній....	19
1.7. Визначення показників інтенсивності мікробіологічних процесів та фітотоксичних властивостей ґрунту.....	20
Розділ 2. МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОЗАХОДІВ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО.....	22
Список літератури.....	28

ВСТУП

Способи обробітку ґрунту, особливо за їх тривалого використання, мають істотний вплив на фізико-хімічні показники ґрунту, співвідношення між водною і повітряною фазами, визначаючи таким чином рівень їх біологічної активності. Водночас відбуваються структурні і функціональні зміни у складі мікробних угруповань: зміни домінуючих видів, зміна стратегій росту, шляхів мікробної трансформації гумусу, зокрема, активізація процесу дегуміфікації [1, 2]. За тривалого використання безполицевого обробітку і глибокої оранки спостерігається зниження родючості чорноземного ґрунту, посилення мобілізаційних процесів, зменшення чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів і азотобактера [3]. Кількість останнього зменшується в 2,1–2,3 рази за безполицевого обробітку і на 29–37% за оранки на глибину до 30–32 см.

У ґрунті з високою щільністю сповільнюється газообмін з атмосферним повітрям, зростає вміст газів – продуктів активної діяльності анаеробних мікроорганізмів (діоксиду вуглецю, метану, етилену та ін.). За таких умов інтенсивність розкладання свіжих рослинних решток знижується, однак покращується їх гуміфікація [4]. О.А. Берестецьким зроблено висновок, що за безполицевого обробітку в ґрунті зростає чисельність аеробної мікрофлори (мікроміцети, целюлозоруйнівні бактерії), внаслідок чого трансформація свіжої органічної маси відбувається з високою інтенсивністю і низьким коефіцієнтом гуміфікації [5, 6]. Все це істотно впливає на продуктивність сільськогосподарських культур, що вирощуються, і на потенційну родючість ґрунтів.

Методика оцінювання ефективності агротехнічних заходів дасть можливість оцінити позитивні й негативні сторони різних видів обробітку ґрунту: здатність сприяти оптимальному рівню мінералізації органічної речовини, іммобілізації сполук азоту, накопиченню токсичних речовин, загалом, сприяти підтриманню рівня потенційної і ефективної родючості ґрунту. Це допоможе обирати оптимальний вид обробітку ґрунту за різних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ННЦ «ІЗ НААН» – Національний науковий центр «Інститут землеробства
Національної академії аграрних наук України»;

Нг – гідролітична кислотність;

ЕОР – екзогенна органічна речовина;

КУО – колонієутворювальна одиниця;

ВФК – вірогідність формування колоній;

СБА – сумарна біологічна активність.

Розділ 1. МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Відбір середньої проби ґрунту та приготування ґрунтової суспензії для посіву

Середню пробу ґрунту отримують завдяки змішуванню окремих зразків, кількість яких залежить від мікрорельєфу, ступеня гетерогенності ґрунту, і однорідності фітоценозу. Рекомендовано з площі 100 м² відбирати зразки із 3 точок; з площі, що перевищує 100 м² – із п'яти за принципом конверта (чотири у точках по кутах і одну – всередині прямокутника); з 1 га і більше – із 15 точок.

Проби необхідно відбирати ґрунтовим буром. Перед відбором проби бур ретельно очищують, витирають змоченим спиртом ватним тампоном, котрий потім спалюють, і обпалюють бур у полум'ї. Також застосовують багаторазове втикання бура в ґрунт, з якого відбирають зразок. При цьому стороння мікрофлора з бура зчищається й залишаються мікроорганізми, характерні для досліджуваного ґрунту.

Середню ґрунтову пробу кореневої зони й міжрядь одержують способом змішування окремих зразків, які відібрані в зоні коренів рослин і посередині міжряддя. Зразки ґрунту вміщують у стерильні поліетиленові пакети, на яких вказують номер зразка, тип ґрунту і глибину взяття, а також дату відбору проби.

Під час дослідження мікробних угруповань ґрунтів різного типу, географічно віддалених і різного типу використання виникає питання про час зберігання ґрунтових зразків. У літературі представлені різні точки зору з цього питання: Д.Г. Звягінцев із співав. [6] наполягає, що мікробіологічні дослідження необхідно проводити у добу відбору зразків, Е.З. Тепер [7] допускає збільшення строку зберігання до 48 год у холодильнику, а Э.А. Штина [8] – до декількох діб за умов невеликої вологості зразків. На практиці ж багато дослідників не притримуються даних методичних рекомендацій і зберігають зразки достатньо довго.

У зв'язку із необхідністю дослідження мікробних ценозів цілих ґрунтів, а також ризосфери рослин, де існують активні потоки речовин і енергії, виникає питання про строк їх зберігання, оскільки із відбором зразка припиняється надходження кореневих ексудатів від рослин. Внаслідок цього змінюється і фізіологічна активність ризосферних мікроорганізмів. Крім того, вилучення зразків з загального моноліту ґрунту збільшує доступність кисню, що також впливає на фізіологічну активність і життєздатність мікроорганізмів аеробних, факультативно анаеробних і анаеробних груп.

Проведеними нами дослідженнями [9] встановлено, що зберігання зразків ґрунту призводить до викривлення вихідних показників чисельності мікроорганізмів. Масштаби і асиметрія викривлень залежать від генезису ґрунту, його вологості, агрохімічних й фізико-механічних властивостей, способів зберігання зразків, а також гідрофільно-гідрофобних властивостей поверхні клітин мікроорганізмів груп, які визначаються. Вірогідним механізмом виникнення викривлень є зміна напрямку й інтенсивності протікання сорбційних процесів між клітинами мікроорганізмів і часточками ґрунту під дією абіотичних стресорів у результаті відбору ґрунтових зразків із природних екологічних ніш.

Отже, мікробіологічний посів необхідно проводити одразу після відбору зразків, оскільки за зберігання зразків змінюється співвідношення між окремими групами мікроорганізмів, тому що одні види стійкі до висушування, більшість клітин інших видів за висушування гине. За зниженої вологості відбувається стрімкий розвиток грибів й актиноміцетів, і ці групи мікроорганізмів починають переважати над іншими. Якщо вологі зразки поміщають у скляну банку із притертою пробкою, розвиваються відновлювальні процеси й мікрофлора також різко змінюється. Правило проведення мікробіологічного посіву у день відбору зразків дещо обмежує можливості дослідження перебігу мікробіологічних процесів у ґрунтах віддалених областей.

Після відбору зразків ґрунт перемішують і розминають руками у поліетиленовому пакеті. Добре перемішаний ґрунт висипають на стерильне скло (скло стерилізують спиртом й обпалюють над полум'ям пальника), ретельно перемішують шпателем, розкладають рівним шаром, видаляють корінці й інші сторонні включення й ретельно відбирають середній зразок, для чого ґрунт відбирають шпателем з різних місць. Зважують 10 г ґрунту, переносять у колбу з 90 мл стерильної води і струшують упродовж 20 хв на качалці за 120 об/хв.

Після струшування дають суспензії відстоятися упродовж 30 с, щоб осіли великі мінеральні частки, які надалі будуть утруднювати надходження суспензії в піпетки, і готують розведення ґрунтової суспензії для здійснення посіву на поживний агар. За такого методу підготовки можна врахувати в декілька, а для деяких ґрунтів й у десятки разів більшу кількість бактерій, актиноміцетів і грибів, для чого необхідно підібрати відповідне розведення для певних груп мікроорганізмів. На основі практичного досвіду для сірого лісового ґрунту рекомендовано такі розведення: для амоніфікаторів – 7 розведення, для іммобілізаторів мінерального азоту, педотрофів та інших груп мікроорганізмів – 6 розведення, для автохтонних – 5, для нітрифікаторів і грибів – 4 розведення, для денітрифікаторів – 7,6,5 розведення. Використання невідповідного розведення призводить до зменшення кількості мікроорганізмів, що можна підрахувати методом висіву ґрунтової суспензії, що, своєю чергою, призводить до отримання статистично недостовірних даних. Вважається, що достовірні дані можна отримати за підрахунок від 20 до 70 колоній на стандартну чашку Петрі.

Одночасно беруть наважку ґрунту (10 г) для визначення його вологості. Ґрунт поміщають у заздалегідь зважений металевий бюкс і висушують у сушильній шафі за 105°C упродовж 5 год. Висушування припиняють, коли ґрунт досягає постійної ваги.

1.2. До питання про час проведення мікробіологічних досліджень упродовж вегетаційного періоду

У ґрунтовій мікробіології залишається невирішеним методичне питання про час проведення досліджень: упродовж вегетації рослин або ж по її закінченні. Рослини формують функціональну, таксономічну і просторову структуру мікробного угруповання кореневмісного шару ґрунту, водночас, видова приналежність рослин впливає на перебіг мікробіологічних процесів. Характеристики ґрунту: вміст гумусу, макро- і мікроелементів, рН, вологість і проникненість для повітря, пул фітотоксичних речовин, що залишилися від попередніх вегетаційних періодів також істотно впливають на чисельність мікроорганізмів окремих функціональних і еколого-трофічних груп. Однак ті самі чинники впливають і на розвиток рослин, які, своєю чергою, виділяють кореневі екsudати, що споживаються представниками ризосферної мікрофлори. Тому, спрямованість мінералізаційних і синтезаційних процесів у ґрунті визначається багатьма чинниками: видом рослин і складом їх корневих виділень, агрохімічним фоном, який впливає на інтенсивність розвитку рослин, а отже, на кількість корневих екsudатів, фізико-хімічні, сорбційні й фітотоксичні властивості ґрунту, що сформувалися упродовж попереднього періоду. Тому перед мікробіологами постає питання про час проведення досліджень мікробних угруповань: якщо це зробити впродовж вегетаційного періоду, то накладається вплив із боку рослин, якщо по закінченні вегетації, можна уникнути значної частини цього впливу. Із метою з'ясування цього питання проводили експериментальні дослідження ґрунту кореневої зони рослин сої під час максимального вегетативного розвитку (друга декада липня) і по закінченні вегетації – в третю декаду вересня.

Аналіз отриманих даних показує, що по закінченні вегетаційного періоду чисельність і фізіолого-біохімічна активність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп істотно змінюється (табл. 1, 2).

Таблиця 1. Чисельність мікроорганізмів у ґрунті кореневої зони рослин сої, фаза кінця цвітіння-початку наливу бобів, млн КУО*/ г абсолютно сухого ґрунту

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання ґрунтових грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Целотрофи	Целозоруйники ¹	Полисахаридсинтезувальні	Автохтонні	Активні міцети	Мікробіотатори мінеральних фосфатів	Кислотовуворювачі	Затяжна чисельність мікроорганізмів			
	Заорювання побічної продукції рослинництва	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	880,1	17,7	14,8	9,00	8,30	0,17	66,8	14,4	0,10	2,1	4,10	0,347	1,80	0,10	1019,8
		N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	937,2	39,8	27,9	2,01	10,6	0,56	163,3	55,4	2,21	10,5	8,91	1,369	5,21	1,86	1267,8
		N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	747,4	20,7	26,7	2,67	152,4	0,50	100,5	27,8	1,10	8,8	9,82	1,543	11,6	2,54	1119,4
Без заорювання побічної продукції	Без добрив (контроль)	402,4	42,1	34,9	97,3	23,9	0,25	101,3	57,5	3,42	9,1	12,8	0,331	5,30	14,7	905,3	
	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	412,7	44,9	33,3	76,0	48,8	0,30	59,0	60,8	2,20	9,2	14,8	0,148	9,10	9,40	780,6	
	Без добрив (контроль)	470,2	44,7	47,9	41,3	21,6	0,24	66,7	84,0	7,61	12,4	11,2	2,102	10,5	6,81	873,4	
НП ^{0,5}		5,05	2,54	4,15	0,92	2,00	0,02	5,04	2,01	0,45	0,68	1,03	0,01	0,76	1,06		

Примітка. КУО*– колонієутворювальна одиниця.

Таблиця 2. Чисельність мікроорганізмів у ґрунті після закінчення вегетації сої, млн КУО*/ г абсолютно сухого ґрунту

Варіант		Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % оброблення ґрунтових грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Пелотрофи	Ценопозоруйивні	Полісахаридсинтезу вальні	Автохонні	Актиноміцети	Мікробіотопи	Мобілізатори мінеральних фосфатів	К. **	Загальна чисельність мікроорганізмів
		Н ₂₀ Р ₃₀ К ₃₀	191,7	71,6	38,0	32,0	120,5	0,13	22,6	33,2	2,56	11,9	26,3	0,106	40,5	0,640
Заорювання поївної продукції рослинництва	Н ₄₀ Р ₆₀ К ₆₀	356,7	59,7	35,0	3,00	154,7	0,28	81,8	28,7	4,42	13,5	16,6	0,413	27,3	0,757	782,1
	Н ₆₀ Р ₉₀ К ₉₀	270,1	71,7	39,9	8,01	154,3	0,25	51,8	29,4	0,74	10,0	13,2	0,209	15,9	0,625	665,5
	Без добрив (контроль)	203,3	39,2	24,3	99,3	49,0	0,20	30,1	22,5	3,99	8,6	7,63	0,120	21,8	0,706	510,0
	Н ₄₀ Р ₆₀ К ₆₀	355,1	64,1	21,6	9,33	153,7	0,11	23,6	29,6	1,46	9,9	10,3	0,152	19,4	0,726	698,4
Без заорювання поївної продукції	Без добрив (контроль)	225,6	83,3	16,4	83,3	120,1	0,12	18,6	28,0	1,09	7,3	16,4	0,075	5,82	1,214	606,1
НІР ⁰⁵		5,00	5,45	1,95	4,62	10,2	0,04	6,52	2,14	0,22	1,90	2,85	0,030	3,48		

Примітка. КУО* — колонісуютьовальна одиниця; К_г** — питома фосфатмобілізувальна активність.

Так, чисельність амоніфікаторів у ґрунті всіх досліджених варіантів зменшилася в 1,16–4,6 рази, максимально – в ґрунті варіанта із мінімальною дозою мінеральних добрив. Кількість нітрифікаторів, які йдуть у циклі перетворень азоту слідом за іммобілізаторами мінерального азоту, також зменшилася у середньому в 1,88 рази. Навпаки, чисельність іммобілізаторів мінерального азоту збільшилася в 1,5–4,0 рази, що свідчить про активізацію іммобілізації сполук азоту у біомасі мікроорганізмів.

По закінченні вегетаційного періоду кількість та фізіолого-біохімічна активність денітрифікаторів зростають до максимальних значень у всіх варіантах досліді незалежно від внесеної дози добрив (табл. 2). Причиною цього є, можливо, зникнення із агроценозу рослин, які були основними споживачами азоту фіксованого мікрофлорою ризосфери. Саме цей азот стає доступним денітрифікаторам, наслідком чого є спалах активності денітрифікаційного процесу.

Кількість азотобактера в ризосфері сої поступово зменшується за фазами онтогенезу: у фазі початку цвітіння – в 1,3 рази, у фазі формування бобів – в 14,4 рази порівняно із посівом. Наприкінці вегетації рослин (фаза повної стиглості) кількість азотобактера знову зростає. У представлених даних ми також спостерігаємо збільшення кількості азотобактера після закінчення вегетації у всіх варіантах досліді, що передбачають заорювання побічної продукції, в 1,5 – 46,7 рази. По закінченні вегетаційного періоду в ґрунті істотно (в 5,3 – 22,5 рази) збільшується кількість мікроорганізмів, які мобілізують фосфор із нерозчинних мінеральних форм (табл. 1, 2).

Кількість целюлозоруйнівних бактерій істотно зменшилася після закінчення вегетації, а чисельність автохтонних навпаки – збільшилася. Причиною цього є завершення притоку в ґрунт легкодоступного матеріалу корневих виділень, що споживаються мікроорганізмами циклу вуглецю. За відсутності легкодоступних субстратів активізуються мікроорганізми, що розкладають важкодоступні молекули, зокрема, гумусові. Це підтверджується

Таблиця 3. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості ґрунту кореневої рослини сої у фазі кінця цвітіння—початку наливу бобів і по закінченні вегетації

Варіант	Індекс педотрофності		Коефіцієнт оліготрофності		Коефіцієнт мінералізації азоту		Активність мінералізації гумусу, %	Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г							
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	стебло		коріння		загальна маса		
									1	2	1	2	1	2	
Заорювання побічної продукції рослинництва															
	0,076	0,373	0,017	0,198	0,020	0,373	3,14	16,6	7,77	6,10	7,31	8,34	15,1	14,4	
	0,174	0,155	0,030	0,066	0,042	0,113	6,43	16,5	9,02	7,58	7,88	9,59	16,9	17,2	
	0,134	0,192	0,036	0,148	0,028	0,265	8,76	19,3	8,89	8,27	6,71	9,93	15,6	18,2	
Заорювання побічної продукції рослинництва	0,252	0,148	0,087	0,120	0,105	0,193	8,98	28,6	8,38	6,98	7,01	10,4	15,4	17,4	
	0,143	0,066	0,081	0,061	0,109	0,180	15,6	41,9	7,58	7,94	7,64	10,9	15,2	18,9	
Без заорювання побічної продукції рослинництва	0,142	0,082	0,102	0,073	0,095	0,369	18,6	39,2	7,45	7,17	6,67	10,1	14,1	17,2	
НІР ₀₅									0,08	0,03	0,05	0,04			

Примітка. 1* – фаза кінця цвітіння—початку наливу бобів, 2* – період закінчення вегетації рослин сої.

результатами аналізу активності мінералізації гумусу: влітку вона в 1,38 – 5,29 разів нижче, ніж восени (табл. 3). Ті самі висновки можна зробити щодо індексу педотрофності, який описує інтенсивність освоєння органічної речовини ґрунту мікроорганізмами. Тому, із зникненням рослин із агрофітоценозу активність мінералізації загальної органічної речовини, і особливо, гумусу, різко зростає.

Отже, процеси, що проходять у складних багатофакторних системах, до яких відноситься ґрунт ризосфери, розвиваються у динаміці відповідно з фазами росту рослин, які екскретують ексудати, що містять субстрати для росту мікроорганізмів багатьох функціональних груп. Зміни інтенсивності синтезацийних і мінералізаційних мікробіологічних процесів більшою мірою визначаються складом і кількістю рослинних кореневих виділень. Тому максимальна різниця між ґрунтом досліджених варіантів спостерігається саме у період максимального вегетативного розвитку рослин, потім різниця між варіантами стає менш помітною, а після закінчення вегетації – мінімальною. Для об'єктивної оцінки елементів технологій, агрофонів та ін. необхідно досліджувати ґрунтові зразки саме в період, який передує початку формування генеративних органів. Вимагання опонентів ґрунтових мікробіологічних робіт наводити середні дані за вегетаційний період, на наш погляд, нерозумні як з точки зору обсягу друкованого матеріалу, так і закономірностей розвитку мікробних угруповань за фазами вегетації сільськогосподарських культур.

1.3. Методи виявлення і кількісного підрахунку ґрунтових мікроорганізмів

Проводячи виділення й облік окремих видів і груп мікроорганізмів використовують особливі, часто спеціальні прийоми та методи. Ці методи розрізняються залежно від біологічних особливостей організмів, залежно від того, чи виділяють автотрофи або гетеротрофи, аероби або анаероби, термофіли, мезофіли або психрофіли, прототрофи або ауксотрофи, мікроорганізми, що розвиваються за високих або низьких концентрацій солей, за різних значень рН тощо.

Для виділення вузької групи мікроорганізмів використовують загальні, спеціальні й елективні середовища й такі умови культивування, які сприяють розвитку мікроорганізмів, котрі виділяють, і перешкоджають виділенню сторонньої мікрофлори [10,11].

Для визначення денітрифікаторів посів проводять на поживне середовище Гільтая. Готують два розчини.

Перший: KNO_3 – 2,1 г; аспарагін – 10 г; дистильована вода – 250 мл; другий: цитрат натрію – 0,5 г; KH_2PO_4 – 2,0 г; $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ – 2,0 г; CaCl_2 – 2,0 г; FeCl_3 – сліди; дистильована вода – 500 мл.

Розчини зливають разом, встановлюють pH 6,8 – 7,0, об'єм доводять дистильованою водою до 1000 мл.

Для підрахунку амоніфікаторів застосовують м'ясо-пептонний агар (МПА).

500 г свіжого дрібно порізаного чи розмеленого м'яса (без кісток, жиру) заливають 1 л води, підігрітої до 50°C , та витримують упродовж 1 год за тієї самої температури. Екстракт проціджують через марлю та залишають кипіти на 30 хв, фільтрують і до отриманої рідини додають 0,5% повареної солі та 1% пептону. Середовище фільтрують у гарячому стані через подвійний паперовий фільтр, вимірюють об'єм фільтрату та додають водопровідну воду до початкового об'єму (1,0 л). Стерилізують м'ясо-пептонний бульйон за 120°C упродовж 20 хв. Для отримання твердого агаризованого середовища до бульйону додають 2% агару.

Мікроорганізми, що здатні використовувати мінеральні форми азоту, а також актиноміцети визначають на крохмало-аміачному агарі (КАА), що містить (г/л дистильованої води): крохмаль розчинний – 10,0; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2,0; K_2HPO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ – 1,0; NaCl – 1,0; CaCO_3 – 3,0; агар – 20,0.

Крохмаль додають до середовища, попередньо розчинивши його у невеликій кількості води.

Целюлозоруйнівні мікроорганізми визначають, застосовуючи поживне середовище Чапека – Докса такого складу: KCl – 0,5 г; MgSO_4 – 0,5 г; K_2HPO_4 –

1,0 г; FeSO_4 – 0,01 г; NaNO_3 – 3,0 г; CaCO_3 – 3,0 г; глюкоза чи сахароза – 30 г; агар – 20 г; дистильована вода – 1 л.

Для визначення кількості азотобактера використовують поживне середовище Ешбі такого складу: K_2HPO_4 – 0,2 г; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2 г; NaCl – 0,2 г; K_2SO_4 – 0,1 г; CaCO_3 – 5,0 г; маніт – 20,0 г; агар – 16 г; дистильована вода – 1 л.

Для спостереження за процесом мобілізації фосфору з органічних фосфатів (виявлення мобілізаторів орґанофосфатів) використовують середовище Менкінґа такого складу: м'ясо-пептонний бульйон – 1000 мл; нуклеїнова кислота (або лецитин) – 5,0 г; CaCO_3 – 20,0 г; агар – 30,0 г.

Після стерилізації (23 хв за тиску 0,75 атм) середовище струшують і розливають у чашки Петрі, а на поверхні поживних пластин висівають ґрунтову суспензію. Інкубація відбувалась за 28 – 30°C . Якщо у ґрунті присутні бактерії, що виділяють фосфатазу, то вони розвиваються на цьому середовищі і відщеплюють фосфорну кислоту, створюючи навколо колоній зону розчинення крейди. На такому середовищі виявляються крупні спороутворювальні палички, з'єднані попарно і у вигляді коротких ланцюжків.

Для визначення чисельності мікроміцетів використовують середовище Чапека такого складу: KCl – 0,5 г; MgSO_4 – 0,5 г; KH_2PO_4 – 1,0 г; FeSO_4 – 0,01 г; NaNO_3 – 2,0 г; молочна кислота (концентрована) – 4 мл; глюкоза чи сахароза – 20 г, агар – 20 г; дистильована вода – 1 л.

Автохтонні мікроорґанізми виявляють на нітритному агарі, приготованому по методу Виноградського, що є зручнішим, оскільки нітрит інгібує ріст бацилярних форм, що пригнічують мікроорґанізми автохтонної групи. Нітритний агар готують у такий спосіб: до середовища для другої фази нітрифікації додавали 20 г/л добре вимоченого в дистильованій воді агару і стерилізували за 0,75 атм 23 хв.

Склад середовища для другої фази нітрифікації (%): NaNO_2 – 0,1; Na_2CO_3 (безводний) – 0,1; NaCl – 0,05; K_2HPO_4 – 0,05; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,05; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,04.

У створенні селективних умов велике значення має підбір складу поживного середовища. Однак необхідно подбати й про інші умови, до яких відносяться ступінь аерації, температура, рН, осмотичний тиск, склад газового середовища, тиск тощо.

1.4. Приготування ґрунтової суспензії для посіву

Ґрунт перемішували і розминали руками у поліетиленовому пакеті. Добре перемішаний ґрунт висипали на стерильне скло (скло стерилізують спиртом й обпалюють над полум'ям пальника), ретельно перемішували шпателем, розкладали рівним шаром, видаляли корінці й інші сторонні включення й ретельно відбирали середній зразок, для чого ґрунт брали шпателем із різних місць. Зважували 10 г ґрунту й переносили у колбу з 90 мл стерильної води.

Одночасно брали наважку ґрунту (10 г) для визначення її вологості. Ґрунт поміщали у заздалегідь зважений металевий бюкс і висушували в сушильній шафі за 105°C 5 год. Висушування припиняється, коли ґрунт досягає постійної ваги.

Наважку ґрунту 10 г, відібрану для мікробіологічного аналізу, поміщали у колбу з 90 мл стерильної водопровідної води і струшували упродовж 20 хв на качалці за 120 об/хв. Необхідно стежити, щоб під час збовтування не намокла ватна пробка.

Після струшування давали суспензії відстоятися упродовж 30 с, щоб осіли великі мінеральні частки, які надалі будуть утруднювати надходження суспензії в піпетки, і готували розведення ґрунтової суспензії для здійснення посіву на поживний агар. Показано, що за такого методу підготовки можна врахувати в декілька, а для деяких ґрунтів й у десятки разів більшу кількість бактерій, актиноміцетів і грибів.

1.5. Проведення мікробіологічного посіву

Посів проводився з розведень 1 : 10000 для мікроміцетів, 1:10 000 для автохтонних мікроорганізмів та нітрифікаторів та 1 : 1000000 для всіх інших

груп мікроорганізмів, крім амоніфікаторів, для них – 10000000. Найбільш точний підрахунок виходить, якщо на чашці розвивається 50–200 колоній бактерій й актиноміцетів та 30–50 колоній грибів. За занадто густого або занадто розрідженого посіву підрахунок кількості мікроорганізмів буде дуже неточним. Під час аналізу ґрунту брали не менш трьох повторних зразків і кожний із них висівати на 3 повторні чашки для кожного із середовищ.

Суспензію робили методом серійних розведень. Посів проводили в той самий день. Культивування відбувалось за 25 – 27 °С. Підрахунок кількості колоній на чашці звичайно проводять із дна чашки, поміщаючи її на чорний фон (середовище має бути прозорим). На місці підрахованої колонії на дні чашки за допомогою маркера ставиться крапка, щоб колонію не підрахувати двічі. Для зручності підрахунку дно чашки розділяють олівцем на квадрати або сектори й у цих секторах (квадратах) підраховують число колоній. У випадку використання непрозорих середовищ підрахунок проводять безпосередньо з поверхні. Підрахувавши кількість колоній на всіх паралельних чашках, визначали середню кількість колоній на чашці й потім робили перерахування на 1 г абсолютно сухого ґрунту за такою формулою:

$$a = (b \cdot v \cdot z) / d ,$$

де a – кількість клітин в 1 г абсолютно сухого ґрунту;

b – середня кількість колоній на чашці;

v – розведення, з якого зроблений посів;

z – кількість крапель у 1 мл суспензії;

d – вага ґрунту, узятото для аналізу.

1.6. Визначення вірогідності формування бактеріальних колоній (ВФК)

Вірогідність формування бактеріальних колоній визначали за методом *S.Ishikuri and T.Hattori* [12].

Багато способів оцінки рівня життєздатності клітин у ґрунтах переважно відносяться до методів мікроскопії й дають часткове вирішення проблеми. Ще

більш актуальна необхідність розв'язання питання про рівень активності мікроорганізмів у природних місцях перебування щодо широко використовуваного в мікробіології обліку мікробних клітин посівом на поживні середовища – способу, котрий і наразі зберігає своє значення в екології мікроорганізмів.

Важливо проводити одночасне визначення чисельності й стану комплексу хемоорганогетеротрофних бактерій у ґрунтах при обліку посівом природного матеріалу на поживне середовище. Для цього розглянуто аналіз розкладу появи бактеріальних колоній на поживному середовищі. Хоча цей спосіб обліку застосовується понад сто років, дотепер мікробіологів цікавило лише кінцеве число колоній, що вирости. Хатторі вперше проаналізував розклад формування бактеріальних колоній і встановив, що процес є імовірнісним й описується розподілом Пуассона.

Головним наслідком аналізу для обговорюваної проблеми про рівень активності мікробних клітин є твердження, що ймовірність (λ) утворення колонії в лабораторії залежить від стану батьківської клітини в природі. Для визначення вірогідності формування колоній через 10, 16, 22 і т.д. год проводили підрахунок колоній на агаризованих середовищах.

1.7. Визначення показників інтенсивності мікробіологічних процесів та фітотоксичних властивостей ґрунту

Показники інтенсивності процесів мінералізації сполук азоту, органічної речовини ґрунту, гумусу, вірогідності формування бактеріальних колоній (ВФК), фітотоксичні властивості ґрунту визначали згідно з описаним раніше [13,14].

Фітотоксичні властивості ґрунту визначали з використанням рослинних біотестів (пшениця озима) за Н.А. Красильниковим [15].

Для визначення токсичності ґрунту є низка методів із використанням рослинних і мікробних тестів.

Визначення необхідно проводити на свіжих зразках ґрунту, тому що після зберігання зразків токсичність їх значно змінюється.

Метод ґрунтових пластинок

Досліджуваний ґрунт за допомогою пінцета звільняли від великих корених залишків і ретельно перемішували металевим шпателем. Брили наважку кожного зразка ґрунту в кількості 70 г і поміщали у чашку Петрі. Дослід проводили нестерильно. На поверхню ґрунту розкладали 25 насінин пшениці озимої, попередньо замочених у водопровідній воді впродовж 1 доби. Ґрунт зволожували до 60% повної вологостності. Використовували насіння тих самих рослин, що й для визначення токсичності культуральної рідини.

Насіння, що було контрольним, замочували у воді й розкладали на зволоженій ваті, покритій фільтрувальним папером. Пророщення насіння й облік досліду проводили так само, як і за визначення токсичності культуральної рідини. Ступінь токсичності ґрунтів виявляли по різниці в кількості пророслих насінин і вазі проростків і корінців у досліді й на контролі. Токсичними ґрунтами вважають ґрунти, що викликають пригнічення проростання насіння на 20–30% і більше [15].

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОЗАХОДІВ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

Для встановлення взаємозв'язку параметрів ефективності агрозаходів із спрямованістю та напруженістю агрономічно значимих мікробіологічних процесів, стабільністю мікробних угруповань ґрунту проводиться кореляційний аналіз між врожайністю сільськогосподарської культури і показниками чисельності мікроорганізмів окремих еколого-трофічних, функціональних та систематичних груп, їх фізіолого-біохімічною активністю безпосередньо у ґрунті, показниками інтенсивності мінералізаційних процесів, фітотоксичністю, агрохімічними показниками ґрунту. Кореляційні зв'язки розподіляємо за рівнем значимості: 0,333–0,665 – середньозначимі і 0,666–0,999 – високозначимі; і за характером зв'язку: прямі (+) і обернені (-). Чим більше мікробіологічних і агрохімічних показників буде задіяно у кореляційному аналізі, тим більш точною буде сформована система оцінювання агрозаходів. Також необхідно проводити ці дослідження упродовж декількох років для кожної сільськогосподарської культури і усереднити дані за коефіцієнтами кореляції для кожної позиції окремо.

У середньому за роки досліджень (2021–2025 рр.) аналіз значимості кореляційних зв'язків між урожайністю культур сівозміни (соняшника, сої, пшениці озимої, ячменю ярого, соняшника) і показниками чисельності мікроорганізмів окремих еколого-трофічних, функціональних та систематичних груп, їх фізіолого-біохімічною активністю, показниками інтенсивності мінералізаційних процесів, фітотоксичністю, стабільністю мікробних угруповань (табл. 4–7) показав, що ефективна родючість чорнозему типового істотно ($r = 0,666–0,999$) позитивно корелює із чисельністю амоніфікаторів ($r = 0,886$), іммобілізаторів мінерального азоту ($r = 0,725$), азотобактера ($r = 0,692$), меланінсинтезувальних бактерій ($r = 0,688$), актиноміцетів ($r = 0,813$), часткою

Таблиця 4. Чисельність мікроорганізмів у чорноземному ґрунті за вирощування соняшника, фаза цвітіння, млн КУО / г абсолютно сухого ґрунту, 2025 р.

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Оліготрофи азоту	Азотовактер, % обростання ґрунчок	Песитрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезуючі	Активоміцети	Мікроміцети	Метанінісинтезуючі мікроміцети	Метанінісинтезуючі мікроорганізми	Автохтонні	Кислотоутворюючі	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Затальна чисельність
<i>No-till</i> , без добрив	472,0	128,8	55,4	48,3	89,3	60,5	13,0	12,3	0,303	0,030	2,49	20,4	14,8	10,6	928,6
<i>No-till</i> N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	496,1	130,3	90,5	16,7	111,8	57,8	15,2	15,5	0,412	0,032	5,68	10,1	19,0	5,94	981,0
<i>No-till</i> N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	511,0	149,8	95,9	18,7	75,0	90,4	17,7	14,0	0,505	0,061	6,01	10,9	25,2	8,38	1028,6
Дискування, без добрив	608,1	212,6	82,1	25,7	145,8	68,3	14,8	19,1	0,460	0,015	4,69	15,6	18,8	11,7	1227,8
Дискування, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	633,2	225,4	119,3	32,0	150,5	80,6	22,7	22,8	0,804	0,065	16,0	14,1	22,0	10,2	1353,7
Дискування, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	622,2	180,3	81,6	41,7	191,4	87,5	7,60	21,8	0,512	0,048	25,9	18,9	23,7	12,6	1326,8
Оранка, без добрив	369,4	128,9	98,8	97,0	85,9	92,2	11,3	15,1	0,280	0,032	5,95	16,2	16,2	7,94	961,7
Оранка, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	302,8	141,2	81,3	28,0	99,0	50,2	11,4	16,1	0,332	0,035	21,0	13,4	15,4	12,9	793,1
Оранка, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	318,6	99,0	54,4	26,3	45,4	67,2	5,21	10,1	0,230	0,018	30,1	10,8	8,37	5,82	681,5
НІР ₀₅	10,1	9,12	3,00	4,05	7,74	3,12	1,15	2,01	0,02	0,002	0,08	1,01	4,55	0,34	

Таблиця 5. Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻²) у ґрунті, фаза цвітіння, чорнозем типовий, 2025р.

№	Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер	Кислототворувальні	Петрофіли	Автохтонні	Цеплозоровий і інші	Мікроміцети	Актиноміцети	Полісахаридні спінні вали
1	No-till, без добрив		6,012	1,390	0,454	0,307	3,151	0,805	3,243	0,671	0,631	0,876
2	No-till N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	6,099	4,490	1,292	0,011	0,696	1,744	0,703	2,162	0,736	1,005	0,890
3	No-till N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	3,144	4,899	3,012	0,583	0,805	2,507	3,085	3,065	1,432	0,774	1,202
4	Дискування, без добрив	5,980	6,664	2,903	2,210	0,199	3,113	0,856	3,703	0,676	1,108	0,360
5	Дискування, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	8,955	4,701	2,043	0,411	0,396	3,532	0,711	4,656	1,047	0,685	0,592
6	Дискування, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	4,321	4,398	1,207	0,169	0,788	3,222	0,894	3,514	0,475	1,122	0,456
	Оранка, без добрив	5,011	5,632	1,756	2,637	1,213	1,914	0,614	2,055	0,321	0,332	0,718
	Оранка, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	1,628	5,344	1,355	1,503	0,879	1,204	1,193	2,408	1,012	0,718	0,722
	Оранка, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	1,977	6,771	2,799	0,788	0,468	1,106	0,708	0,832	0,688	0,306	0,253

Таблиця 6. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості чорнозему типового за різних агротехнічних заходів, 2025 р.

№	Варіант	Індекс пелотрофності	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г		
						стебло	коріння	загальна маса
1	<i>No-till</i> , без добрив	0,189	0,117	0,273	22,8	5,09	6,11	11,2
2	<i>No-till</i> N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	0,225	0,193	0,182	9,03	4,87	5,53	10,4
3	<i>No-till</i> N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	0,197	0,188	0,292	14,5	2,01	5,59	10,6
4	Дискування, без добрив	0,240	0,135	0,350	10,7	4,79	7,21	12,0
5	Дискування, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	0,238	0,188	0,356	9,36	4,32	6,18	10,5
6	Дискування, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	0,308	0,131	0,290	9,87	4,82	5,18	10,0
7	Оранка, без добрив	0,233	0,267	0,349	18,9	6,42	5,48	11,9
8	Оранка, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	0,327	0,268	0,466	13,5	4,78	6,22	11,0
9	Оранка, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	0,142	0,171	0,311	23,8	4,26	5,24	10,5
	НР ₀₅					0,07	0,11	0,11

Таблиця 7. Сумарна біологічна активність чорноземного ґрунту за вирощування соняшника, фаза цвітіння, %, 2025р.

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання ґрунчок	Целлюлофи	Цесомозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Актиноміцети	Мікроміцети	Метанінісинтезувальні мікроміцети	Метанінісинтезувальні мікроорганізми	Автохтонні	Кислототворувальні	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Сумарна біологічна активність
No-till, без добрив	74,5	57,1	46,4	49,8	46,7	65,6	57,3	53,9	37,7	46,2	8,27	100	80,7	82,2	928,6
No-till N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	78,3	57,8	75,9	17,2	58,4	62,7	67,0	68,0	51,2	49,2	18,9	49,5	75,4	46	981,0
No-till N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	80,7	66,5	80,3	19,3	39,2	98,0	78,0	61,44	62,8	98,4	20,0	53,4	100	65	1023,6
Дискування, без добрив	96,0	94,5	68,7	26,5	76,2	741	65,2	83,8	57,2	23,1	15,6	76,5	74,6	90,7	1227,8
Дискування, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	100	100	100	33,0	78,6	87,4	100,0	100	100	100	53,2	69,1	87,3	79,1	1353,7
Дискування, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	98,3	80,0	68,3	43,0	100	94,9	33,5	95,6	63,7	73,8	86,0	92,6	94,0	97,7	1326,8
Оранка, без добрив	58,3	57,2	85,7	100	44,9	100	49,8	66,2	34,8	49,2	19,8	14,7	64,3	61,6	961,7
Оранка, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	47,8	62,6	68,1	28,9	51,7	54,4	50,2	70,6	41,3	60,0	69,33	65,7	61,1	100	793,1
Оранка, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	50,3	43,9	45,6	27,1	23,7	72,9	22,9	44,3	28,6	27,7	100	52,9	33,2	45,1	681,5

меланінсинтезувальних мікроміцетів у загальній кількості грибів ($r = 0,650$); вірогідністю формування колоній (ВФК) амоніфікаторів ($r = 0,691$), іммобілізаторів мінерального азоту ($r = 0,708$), олігонітрофілів ($r = 0,654$), азотобактера ($r = 0,633$), полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів ($r = 0,694$), сумарною біологічною активністю (СБА) ($r = 0,772$), показниками росту тест-рослин: стебло ($r = 0,670$), коріння ($r = 0,668$); кількістю середньозначимих прямих зв'язків між складовими мікробного угруповання ($r = 0,718$), кількістю високозначимих обернених зв'язків між складовими мікробного угруповання ($r = 0,692$), кількістю високозначимих прямих зв'язків між складовими мікробного угруповання ($r = 0,714$), загальною кількістю високозначимих зв'язків ($r = 0,805$), кількістю зв'язків за варіантом ($r = 0,764$). Прямий кореляційний зв'язок середнього рівня значущості ($r = 0,333-0,665$) спостерігається між ефективною родючістю чорнозему типового і чисельністю олігонітрофілів ($r = 0,602$), мікроміцетів ($r = 0,613$), мобілізаторів мінеральних фосфатів ($r = 0,498$), загальною чисельністю мікроорганізмів ($r = 0,662$), ВФК кислотоутворювальних мікроорганізмів ($r = 0,598$), автохтонних ($r = 0,545$), целюлозоруйнівних бактерій ($r = 0,433$), питомим вмістом меланінсинтезувальних мікроміцетів у загальній кількості мікроміцетів ($r = 0,368$); загальною масою тест-рослин ($r = 0,567$), сумою вбірних основ ($r = 0,633$), вмістом азоту ($r = 0,389$), калію ($r = 0,505$), гумусу ($r = 0,593$); кількістю середньозначимих обернених зв'язків між складовими мікробного угруповання ($r = 0,406$), загальною кількістю середньозначимих зв'язків між складовими мікробного угруповання ($r = 0,598$).

Обернений зв'язок середнього рівня значущості спостерігається між урожайністю і активністю мінералізації гумусу ($r = -0,388$). Зв'язки між урожайністю та коефіцієнтом мінералізації сполук азоту, індексом педотрофності та оліготрофності за даними 2021–2025 рр. виявилися незначимими.

Застосування системи оцінювання ефективності агротехнічних заходів забезпечить підвищення екологічної безпеки використання земельних ресурсів і підвищення рівня родючості ґрунтів сільськогосподарського призначення.

Список літератури

1. Биорегуляция микробно-растительных систем: моногр. / Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е.И. и др.; под общей ред. Иутинской Г.А., Пономаренко С.П. Киев: Ничлава, 2010. 464 с.
2. Благодатский С.А., Богомолова И.Н., Благодатская Е.В. Микробная биомасса и кинетика роста микроорганизмов в черноземах при различном сельскохозяйственном использовании. *Микробиология*. 2008. Т.77, №1. С.113–120.
3. Коржов С.И., Маслов В.А., Орехова Е.С. Изменение микробиологической активности почвы при разных способах ее обработки. *Агро XXI*. 2009. №13.
4. Аристовская Т.В. Микробиологические аспекты плодородия почв. *Почвоведение*. 1988. № 9. С.53–63.
5. Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л.М. Биологические основы плодородия почв. М.: «Колос», 1984. 287с.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Звягинцева Д.Г. Москва: Изд-во МГУ. 1991. 304 с.
7. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. Москва: Дрофа, 2004. 256 с.
8. Штина М.А. Методы изучения почвенных водорослей / Микроорганизмы как компоненты биогеоценоза. Москва: Наука, 1984. С.58 –74.
9. Малиновська І.М. Динаміка численності мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп при зберіганні зразків сірої лісної ґрунту. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2008. вип.7. С. 88 – 100.
10. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press. 2010. 425 p.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9>.
11. Paul, E.A. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. 2015. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2>.

12. Кожевин П.А., Кожевина Л.С., Болотина И.Н. Определение состояния бактерий в грунте. *Доклады АН СССР*. 1987. Т.297. № 5. С.1247 – 1249.
13. Rusakova, I.V. Biological properties of soddy-podzolic sandy loam soil with prolonged use of straw for fertilization]. *Eurasian soil Science*. 2013. 12. P.1485–1493. <https://doi.org/10.7868/S0032180X13120101>.
14. Malynovska I., Kaminskyi V., Zadubynna Ye., Kurhak V., Karpenko V. The influence of agrotechnical measures on the number of melanin-synthesizing microorganisms. *Scientific Horizons*. 2023. 26(8). P. 52–61. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.52>.
15. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов/ под ред. Н. А. Красильникова. Москва: МГУ, 1966. 162 с.

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

МАЛИНОВСЬКА Ірина Михайлівна

**МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОЗАХОДІВ
НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ
ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО**

Підписано до друку 06.10.2025.
Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Друк цифровий. Друк. арк. 2.
Умов. друк. арк. 1,86. Обл.-вид. арк. 1,1.
Наклад 100 прим. Зам. № 1293/4.

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.
Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>