

УДК 633.2:577.486:581.524.34

СТАБІЛЬНІСТЬ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ СІРОГО ЛІСОВОГО ГРУНТУ ЗА РІЗНИХ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ

І. М. МАЛИНОВСЬКА¹, Л. С. ЯСТРЕМСЬКА²

¹ННЦ «Інститут землеробства НААН», ²Національний авіаційний університет,
м. Київ

Вивчали стабільність мікробних угруповань сірого лісового ґрунту за використання агротехнічних заходів: внесення мінеральних добрив, вапнування, заорювання побічної продукції рослинництва і біомаси сидеральної культури. Встановлено, що стабільнішими мікробними угрупованнями характеризуються варіанти із заорюванням біомаси сидеральної культури і внесенням побічної продукції рослинництва.

Ключові слова: сірий лісовий ґрунт, родючість, еколого-трофічні групи, азотобактер, полісахаридсинтезувальні, меланінсинтезувальні мікроорганізми, вапнування, мінеральні добрива.

Вступ. Проблема охорони ґрунтів сільськогосподарського призначення і підвищення їхньої родючості є однією з найактуальніших у світі. До сьогоденішнього часу не створено системи біоіндикаційних показників рівня ефективної та потенційної родючості ґрунтів. Існують розрізнені наукові дослідження, в яких показано наявність кореляційних зв'язків родючості з загальною кількістю мікроорганізмів, активністю окремих ферментів або активністю окремих мікробіологічних процесів: респірації, азотфіксації, розкладання клітковини та ін. [1–3]. Т. Бек [1] запропонував використовувати мікробіологічний індекс ґрунту, розрахований за біомасою мікроорганізмів і активністю редуктази і гідролази. С. Тразар-Сепеда [2] і М.С. Лейрос [3] запропонували визначати індекс родючості ґрунту на основі залежності загального вмісту азоту від вмісту у ґрунті вуглецю мікробної біомаси,

мінералізованого азоту, активності фосфомоноестерази, β -глюкозидази і уреази. На думку інших авторів [4, 5], важливими показниками є коефіцієнт оліготрофності, мінералізації сполук азоту, коефіцієнт гуміфікації, вміст лабільної органічної речовини, токсичність ґрунту тощо. Запропоновані також біоіндикаційні показники екологічного стану різних рівнів екосистем: доклітинному, клітинному, популяційному та ценотичному [4]. Однак, інтегрованої системи біоіндикаційних показників, яка б описувала взаємозв'язок родючості ґрунту з інтенсивністю та спрямованістю агрономічно важливих мікробіологічних процесів у ґрунті, на сьогоднішній час не існує.

Метою проведених досліджень є встановлення взаємозв'язку параметрів ефективної родючості сірого лісового ґрунту зі спрямованістю та напруженістю мікробіологічних процесів за використання різних систем удобрення та агрозаходів вирощування пшениці озимої.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили у системі полігонного моніторингу, який було створено на базі стаціонарного досліду відділу агроґрунтознавства ННЦ «Інститут землеробства НААН» «Вивчення технологічних прийомів відтворення і регулювання родючості сірого лісового ґрунту», закладеного у 1992 році на території дослідного господарства «Чабани». У адміністративному відношенні територія господарства «Чабани» розміщена у Києво-Святошинському районі Київської області, на правобережжі р. Дніпра. Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий. Материнською породою ґрунту є карбонатний лесовидний суглинок, ґрунтові води знаходяться на глибині 8 м. До закладки досліду ґрунт характеризувався такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 1,44 %; $pH_{\text{сол.}}$ – 4,6; гідролітична кислотність – 3,6 мг·екв/100 г ґрунту; обмінні основи: кальцій – 3,9; магній – 0,58 мг·екв/100 г ґрунту; ступінь насичення основами – 56%, вміст сполук азоту, що легко гідролізуються – 7–9 мг; рухомих фосфатів – 13–25 мг, обмінного калію – 8–17 мг/100 г ґрунту. Вапно (вапнякове та доломітове борошно) вносили у 1992 та повторно у 2005 році 1,0 і 1,5 дози за гідролітичною кислотністю, 1/7 дози щорічно під кожен культуру сівозміни та

на нейтралізацію кислотності фізіологічно кислих мінеральних добрив (за величиною гідролітичної кислотності повна доза 1,0 Нг становила 4,5–6,0 т/га CaCO_3).

Об'єктом досліджень є варіанти стаціонарного досліду: 1 – без добрив (контроль); 2 – вапнування за величиною гідролітичної кислотності повною дозою (1,0 Нг); 3 – внесення мінеральних добрив у дозі $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ без заорювання побічної продукції; 4 – $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг); варіанти удобрення за фоном заорювання побічної продукції (Пп) рослинництва і біомаси сидеральної культури (горох): 6 – $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$, 7 – $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг), 12 – $\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{90} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг), 13 – $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг). У 2012 році у досліджених варіантах вирощувалася пшениця озима сорту Артеміда, попередник – горох. Повторність досліду чотириразова, площа посівної ділянки 60 м^2 (10×6) облікової – 24 м^2 (6×4).

Чисельність і вірогідність формування колоній (ВФК) мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп, спрямованість мікробіологічних процесів визначали методами, які описані раніше [6]. Статистичну обробку результатів проводили з використанням сучасних програм *Microsoft Excel*.

Результати досліджень та їх обговорення. Для встановлення зв'язків між мікробіологічними показниками: чисельністю та фізіолого-біохімічною активністю мікроорганізмів досліджених груп, коефіцієнтами та індексами, які описують спрямованість та інтенсивність мінералізаційних процесів, фітотоксичністю, агрохімічними показниками сірого лісового ґрунту та врожайністю пшениці озимої проведений кореляційний аналіз. Встановлено, що врожайність пшениці озимої у вказаних агрохімічних умовах істотно ($r = 0,666\text{--}0,999$) позитивно корелює із чисельністю амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, нітрифікаторів, педотрофів, стрептоміцетів, целюлозоруйнівних і автохтонних мікроорганізмів, загальною чисельністю мікроорганізмів, вмістом у ґрунті загального азоту, обмінного калію, рухомих фосфатів і гумусу; від'ємно корелює із фізіолого-біохімічною активністю мікроміцетів, мобілізаторів мінеральних фосфатів,

автохтонних і целюлозуруйнівних мікроорганізмів, коефіцієнтами педотрофності, оліготрофності, мінералізації азоту і гумусу, рівнем фітотоксичності. Отримані результати співпадають із даними кореляційного аналізу, який був зроблений для такої культури як соя [7]. Разом з тим, виявлені також відмінності, зокрема, зв'язок між урожайністю і чисельністю азотобактера і полісахаридсинтезувальних бактерій має не обернений характер, а є несуттєвим за значимістю.

Чисельність амоніфікаторів позитивно корелює із загальною чисельністю мікроорганізмів, чисельністю іммобілізаторів мінерального азоту, які є їхніми послідовниками у біохімічному циклі азоту, денітрифікаторами, усіма мікроорганізмами циклу вуглецю: педотрофами, полісахаридсинтезувальними, целюлозуруйнівними, автохтонними мікроорганізмами, актиноміцетами, мобілізаторами мінеральних фосфатів, вмістом рухомих фосфатів і загального гумусу. Встановлено обернений кореляційний зв'язок між чисельністю амоніфікаторів та інтенсивністю мінералізаційних процесів, які описуються коефіцієнтами педотрофності, оліготрофності, мінералізації азоту, активністю мінералізації гумусу, що відмічалось нами також на прикладі аналізу зв'язків врожайності сої із показниками інтенсивності мікробіологічних процесів [7].

Азотобактер як мікроорганізм із діагностичними функціями позитивно корелює із чисельністю нітрифікаторів і стрептоміцетів, сольовим рН; від'ємно – із чисельністю меланінсинтезувальних мікроміцетів, вірогідністю формування колоній (ВФК) іммобілізаторів мінерального азоту, коефіцієнтом мінералізації азоту і активністю мінералізації гумусу, гідролітичною кислотністю ґрунтового розчину, вмістом Al^{3+} . Потрібно підкреслити, що кількість азотобактера не корелює із рівнем урожайності пшениці озимої (як і сої), коефіцієнт кореляції дорівнює 0,131, що ще раз підтверджує необхідність перегляду уявлень про азотобактер як індикаційний мікроорганізм ефективної родючості і забезпеченості ґрунту сполуками фосфору, які ввів Є. Н. Мішустін і підтримують сучасні дослідники [8, 9]. Багаторічними дослідженнями було встановлено, що максимальною чисельністю азотобактера характеризуються

грунти контролів, у які на протязі десятиліть не вносяться органічні і мінеральні добрива, меліоранти, побічна продукція рослинництва та ін., і які характеризуються мінімальною врожайністю сільськогосподарських культур [10, 11].

Захисною реакцією мікроорганізмів на антропогенне забруднення вважається здатність до утворення меланоїдних пігментів [12]. За спостереженнями авторів, чисельність меланінсинтезувальних мікроміцетів різко збільшується в умовах забруднення ґрунтів нафтопродуктами і важкими металами. Приведені результати досліджень свідчать про те, що чисельність меланінсинтезувальних мікроміцетів не корелює із чисельністю та фізіолого-біохімічною активністю мікроорганізмів жодної групи мікроорганізмів (за виключенням оберненої залежності із чисельністю полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів). Однак, при цьому вони демонструють високий рівень кореляції із фізико-хімічними характеристиками ґрунту: позитивної – із величиною гідролітичної кислотності і вмістом Al^{3+} , оберненої – із показником сольового рН.

Чисельність полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів позитивно корелює із чисельністю амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, автохтонних мікроорганізмів, мікро- і актиноміцетів, мобілізаторів мінеральних фосфатів, загальною чисельністю мікроорганізмів, ВФК олігонітрофілів і денітрифікаторів, вмістом загального гумусу і врожайністю; від'ємно – із ВФК іммобілізаторів мінерального азоту і автохтонних мікроорганізмів, індексом педотрофності, коефіцієнтом мінералізації азоту, активністю мінералізації гумусу і обмінною кислотністю ґрунтового розчину.

Автохтонні мікроорганізми демонструють високий рівень позитивної кореляції із чисельністю мікроорганізмів як циклу азоту, так і циклу вуглецю. При цьому кореляція із чисельністю і фізіолого-біохімічною активністю денітрифікаторів має позитивний характер, кореляція із чисельністю мобілізаторів мінеральних фосфатів має позитивний характер, а із їхньою фізіолого-біохімічною активністю – обернений. Чисельність автохтонних

мікроорганізмів обернено корелює із усіма коефіцієнтами та індексами, які описують напруженість мінералізаційних процесів у ґрунті, а також із фітотоксичністю. Чисельність автохтонних мікроорганізмів має високий рівень кореляції із вмістом загального гумусу ($r = 0,757$) і врожайністю ($r = 0,763$).

Ефективність і напрямок мікробіологічних процесів у ґрунті залежать як від чисельності мікроорганізмів, так і від специфіки функціональних зв'язків між ними. На основі даних про динаміку розвитку мікроорганізмів у ґрунті досліджених варіантів нами розраховані коефіцієнти кореляції між показниками чисельності мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп (табл. 1), побудовані кореляційні матриці за методом П.В. Терентьєва [13].

Таблиця 1

Кількість кореляційних зв'язків у мікробних угрупованнях сірого лісового ґрунту під впливом агротехнічних заходів

Варіант	Кількість кореляційних зв'язків						Всього за варіантом
	Середньозначимі зв'язки ($r = 0,333-0,665$)			Високозначимі зв'язки ($r = 0,666-0,999$)			
	прямий	обернений	всього	прямий	обернений	всього	
Без добрив (контроль)	26	14	40	29	0	29	69
CaCO ₃ (1,0 Нг)	33	4	37	25	4	29	66
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	22	6	28	23	5	28	56
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + CaCO ₃ (1,0 Нг)	19	16	35	31	6	37	72
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + сидерат + Пп	20	4	24	40	6	46	70
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + CaCO ₃ (1,0Нг) + сидерат + Пп	22	9	31	27	3	30	61
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + CaCO ₃ (1,0Нг) + сидерат + Пп	29	3	32	45	4	49	81
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + CaCO ₃ (1,0 Нг) + сидерат + Пп	29	4	33	42	2	44	77

Проведений аналіз свідчить, що за загальною кількістю високозначимих кореляційних зв'язків ($r = 0,666-0,999$) перше місце належить мікробіоценозам

варіантів із заорюванням біомаси сидеральної культури і внесенням побічної продукції: без вапнування (варіант №5) – 46 (кількість позитивних зв'язків – 40) (табл. 1, 6), із вапнуванням на фоні $N_{90}P_{45}K_{90}$ – 49 (кількість позитивних зв'язків – 45) (табл. 1, 8), із вапнуванням на фоні $N_{120}P_{60}K_{120}$ – 44 (кількість позитивних зв'язків – 42) (табл. 1, 9). Варіанти без добрив (контроль), вапнування і внесення мінеральних добрив окремо (табл. 1–4) характеризуються невисоким рівнем стабільності мікробних угруповань, що знаходить відображення у кількості (28–29) високозначимих кореляційних зв'язків. Одночасне використання обох агрозаходів: мінерального удобрення і вапнування призводить до стабілізації мікробного угруповання, кількість високозначимих кореляційних зв'язків зростає до 37 (табл. 1, 5).

Аналіз кількості середньозначимих зв'язків ($r = 0,333–0,665$) показує, що найбільшою кількістю зв'язків (40) характеризується мікробне угруповання варіанту без добрив (табл. 1, 2), вапнування призводить до зменшення чисельності зв'язків до 37 (табл. 1, 3), мінеральне удобрення – до ще більшого зменшення чисельності зв'язків – до 28 (табл. 1, 4), і тільки поєднане застосування вапнування і мінерального удобрення призводить до збільшення чисельності зв'язків до 37 (табл. 1, 5). Варіанти досліду, де вносилися побічна продукція рослинництва і біомаса сидеральної культури, характеризуються однаково невисокою кількістю середньозначимих зв'язків 30–33 (табл. 1, 6–9).

Якщо взяти для аналізу два варіанти досліду, які є контрастними за інтенсивністю мінералізаційних процесів – без добрив (табл. 2) і варіант із вапнуванням на фоні $N_{120}P_{60}K_{120}$ (табл. 9), то виявиться, що незважаючи на різницю в індексі педотрофності (в контрольному ґрунті він дорівнює 0,523, а у ґрунті варіанту №8 – 0,080), структура зв'язків педотрофів в мікробному угрупованні майже ідентична: високий рівень кореляційного зв'язку із амоніфікаторами, іммобілізаторами мінерального азоту, нітрифікаторами, целюлозоруйнівними і автохтонними бактеріями, загальною чисельністю мікроорганізмів. Відмінності між варіантами полягають у відсутності в контрольному варіанті високозначимого зв'язку із олігонітрофілами,

азотобактером, денітрифікаторами і мобілізаторами мінеральних фосфатів. Можливою причиною цього може бути істотна нестача елементів мінерального живлення в ґрунті контрольного варіанту.

Звертає на себе увагу факт переважання кількості позитивних кореляційних залежностей над оберненими, це стосується як високо-, так і середньозначимих зв'язків. Поясненням цьому може бути, на наш погляд, вибір певних еколого-трофічних і функціональних груп мікроорганізмів, які тісно пов'язані циклами перетворення азоту, вуглецю та іншими.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що ефективна родючість сірого лісового ґрунту істотно ($r = 0,666-0,999$) позитивно корелює із чисельністю амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, нітрифікаторів, педотрофів, стрептоміцетів, целюлозоруйнівних і автохтонних мікроорганізмів, загальною чисельністю мікроорганізмів, вмістом у ґрунті загального азоту, обмінного калію, рухомих фосфатів і гумусу; від'ємно корелює із фізіолого-біохімічною активністю мікроміцетів, мобілізаторів мінеральних фосфатів, автохтонних і целюлозоруйнівних мікроорганізмів, коефіцієнтами педотрофності, оліготрофності, мінералізації азоту і гумусу, рівнем фітотоксичності.

2. За рівнем стабільності мікробних угруповань перші місця належать мікробіоценозам варіантів досліду із заорюванням біомаси сидеральної культури і внесенням побічної продукції рослинництва, що знаходить відображення у кількості (44–49) високозначимих кореляційних зв'язків. Варіанти контролю, вапнування і внесення мінеральних добрив окремо характеризуються невисоким рівнем стабільності мікробних угруповань (28–29). Одночасне використання агрозаходів: мінерального удобрення і вапнування приводить до стабілізації мікробного угруповання, кількість високо значимих кореляційних зв'язків зростає до 37.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Beck T. Mikrobiologische und biochemische Charakterisierung landwirtschaftlich genutzter Boden: I. Mit. Die Ermittlung der Bodenmikrobiologischen Kennzahl. Z. / T. Beck // Pflanzenernaehr. Bodenk. – 1984. – № 147. – P. 456–466.
2. Trasar-Cepeda C. Towards a biochemical quality index of soils: An expression relating several biological and biochemical properties / [Trasar-Cepeda C., Leiros M. C., Gil-Sotres F., Seoane S.] // Biol. Fertil. Soils. – 1998. – № 26. – P.100–106.
3. Leiros M. C. Defining the validity of a biochemical index of soil quality / [Leiros M. C., Trasar-Cepeda C., Garcia-Fernandez F., Gil-Sotres F.] // Biol. Fertil. Soils. – 1999. – № 30. – P. 140–146.
4. Биорегуляция микробно-растительных систем: Монография / [Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е.И. и др.] // Под общей ред. Иутинской Г.А., Пономаренко С.П. – К.: Ничлава, 2010. – 464 с.
5. Яковлев А. С. Биологическая диагностика и мониторинг состояния почв / А. С. Яковлев // Почвоведение. – 2000. – №1. – С. 70–73.
6. Малиновська І. М. Мікробіологічні процеси в ризосфері рослин у забрудненому нафтопродуктами ґрунті / І. М. Малиновська, Н. А. Зінов'єва // Мікробіологія і біотехнологія. – 2011. – №2. – С.83–91.
7. Малиновська І. М. Спрямованість мікробіологічних процесів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за різних технологій вирощування сої / І. М. Малиновська // Проблеми екологічної біотехнології. – 2012. – №1. – Режим доступу: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/767>
8. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы / Е. Н. Мишустин. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 247 с.
9. Біологічний азот / [Патика В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. та ін.] // За ред. В. П. Патики. – К.: Світ, 2003. – 424 с.

10. Малиновська І. М. Стан мікробіоценозу сірого лісового ґрунту за різноцільового використання / І. М. Малиновська, І. В. Домбровська // Вісник Київського національного університету. Сер. біол. – 2011. – Вип.57. – С. 21–25.

11. Малиновська І. М. Мікробіологічні процеси у кореневій зоні гороху і пшениці озимої за вирощування їх у монокультурі і чотирьохпільної сівозміни / І. М. Малиновська, Д. В. Літвінов // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2011. – Вип. 14. – С. 77–90.

12. Жданова Н. Н. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях / Н.Н.Жданова, А. Н. Василевская. – К.: Наук.думка,1988. – 196 с.

13. Терентьев П. В. Метод корреляционных плеяд / П. В. Терентьев // Вестн. Ленинградского ун-та. – 1959. – № 9. – С. 137–143.

СТАБИЛЬНОСТЬ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

И. М. МАЛИНОВСКАЯ¹, Л. С. ЯСТРЕМСКАЯ²

*¹ННЦ «Институт земледелия НААН», ²Национальный авиационный
университет, г. Киев*

Изучали стабильность микробных сообществ серой лесной почвы при использовании различных агротехнических приемов: внесения минеральных удобрений, известкования, запахивания побочной продукции предшественника в севообороте и биомассы сидеральной культуры. Установлено, что наиболее стабильными являются микробные сообщества почвы вариантов с запахиванием побочной продукции растениеводства и биомассы сидеральной культуры.

Ключевые слова: *серая лесная почва, плодородие, эколого-трофические группы микроорганизмов, азотобактер, полисахаридсинтезирующие,*

кислотообразующие, меланинсинтезирующие микроорганизмы, известкование, минеральные удобрения.

***STABILITY OF MICROBIAL COMMUNITIES GRAY FOREST SOIL
USING DIFFERENT AGROTECHNICAL METHODS***

I. M. MALINOVSKAYA¹, L. S. YASTREMSKAYA²

¹NNC "Institute of Agriculture of NAAS", ²National Aviation universitet, Kiev

Studied the stability of microbial communities gray forest soil using different agrotechnical methods: application of mineral fertilizers, liming, plowing-products predecessor in the rotation and biomass green manure crops. Found that the most stable are the soil microbial community options with plowing by-products of plant biomass and green manure crops.

Key words: *gray forest soil fertility, ecological-trophic groups of microorganisms, Azotobacter, polysaccharide synthesizing microorganisms, acids are formed microorganisms, melanin synthesizing microorganisms, liming, fertilizers.*

Таблиця 2

Матриця, яка описує кореляційні зв'язки між показниками чисельності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп у варіанті без внесення добрив (контроль), сирій лісовий ґрунт

№	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Загальна кількість мікроорганізмів
1*	1,000														
2	0,733	1,000													
3	0,503	0,350	1,000												
4	0,453	0,397	0,654	1,000											
5	-0,143	-0,458	-0,269	-0,605	1,000										
6	0,607	0,981	0,319	0,364	-0,448	1,000									
7	0,770	0,995	0,310	0,399	-0,455	0,961	1,000								
8	0,808	0,645	0,299	0,338	0,216	0,595	0,665	1,000							
9	-0,102	-0,468	-0,233	-0,631	0,991	-0,477	-0,461	0,184	1,000						
10	0,895	0,771	0,630	0,378	0,016	0,712	0,767	0,868	0,031	1,000					
11	0,406	-0,046	0,183	-0,338	0,805	-0,110	-0,037	0,526	0,846	0,523	1,000				
12	0,700	0,862	0,734	0,452	-0,389	0,850	0,826	0,537	-0,370	0,847	0,120	1,000			
13	0,255	-0,260	0,125	-0,477	0,614	-0,365	-0,239	0,087	0,714	0,232	0,834	-0,033	1,000		
14	0,317	0,322	-0,450	0,023	0,258	0,311	0,371	0,676	0,180	0,256	0,156	-0,094	-0,240	1,000	
15	0,817	0,680	0,583	0,552	0,051	0,641	0,679	0,943	0,023	0,925	0,436	0,702	0,016	0,446	1,000

Примітка: *1 – амоніфікатори, 2 – імобілізатори мінерального азоту, 3- олігонітрофіли, 4 – азотобактер, 5 – денітрифікатори, 6 – нітрифікатори, 7 – педотрофи, 8 – целюлоруйнівні бактерії, 9 – полісахаридсинтезувальні, 10 – автохтонні, 11 – актиноміцети, 12 – мікроміцети, 13- меланінсинтезувальні мікроміцети, 14 – мобілізатори мінеральних фосфатів, 15 - загальна кількість мікроорганізмів.

Таблиця 3

Матриця, яка описує кореляційні зв'язки між показниками чисельності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп у варіанті вапнування за величиною гідролітичної кислотності повною дозою 1,0Нг, сірий лісовий ґрунт

№	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер,% обростання грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлосоруйнівні і бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Загальна кількість мікроорганізмів
1*	1,000														
2	0,448	1,000													
3	0,557	0,822	1,000												
4	0,499	0,357	0,268	1,000											
5	-0,116	-0,059	-0,190	0,683	1,000										
6	0,569	0,449	0,811	0,457	-0,067	1,000									
7	0,052	0,780	0,393	0,527	0,460	0,064	1,000								
8	0,805	0,859	0,753	0,560	0,060	0,492	0,601	1,000							
9	-0,438	0,223	0,179	-0,705	-0,334	-0,298	0,139	-0,090	1,000						
10	0,623	0,963	0,850	0,374	-0,057	0,479	0,678	0,947	0,186	1,000					
11	0,265	0,443	0,299	0,897	0,843	0,314	0,734	0,539	-0,359	0,443	1,000				
12	0,767	0,878	0,904	0,338	-0,188	0,621	0,459	0,941	0,096	0,960	0,326	1,000			
13	-0,187	0,200	0,258	-0,834	-0,813	-0,113	-0,176	-0,071	0,819	0,174	-0,717	0,199	1,000		
14	0,215	0,550	0,217	-0,151	-0,598	-0,094	0,307	0,382	0,156	0,461	-0,269	0,404	0,465	1,000	
15	0,611	0,952	0,928	0,458	-0,008	0,656	0,656	0,913	0,103	0,971	0,508	0,952	0,098	0,349	1,000

Примітка: *1 – амоніфікатори, 2 – імобілізатори мінерального азоту, 3- олігонітрофіли, 4 – азотобактер, 5 – денітрифікатори, 6 – нітрифікатори, 7 – педотрофи, 8 – целюлосоруйнівні бактерії, 9 – полісахаридсинтезувальні, 10 – автохтонні, 11 – актиноміцети, 12 – мікроміцети, 13- меланінсинтезувальні мікроміцети, 14 – мобілізатори мінеральних фосфатів, 15 - загальна кількість мікроорганізмів.

Таблиця 4

Матриця, яка описує кореляційні зв'язки між показниками чисельності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп у варіанті внесення мінеральних добрив у дозі N₆₀P₃₀K₆₀ без заорювання побічної продукції, сірий лісовий ґрунт

№	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна кількість мікроорганізмів
1*	1,000															
2	-0,029	1,000														
3	-0,262	0,573	1,000													
4	0,530	-0,151	-0,172	1,000												
5	0,509	-0,175	-0,108	0,988	1,000											
6	-0,135	-0,007	0,475	-0,413	-0,273	1,000										
7	-0,240	0,451	0,851	-0,036	-0,039	0,016	1,000									
8	-0,100	0,769	0,941	0,000	0,045	0,324	0,781	1,000								
9	0,123	-0,346	0,192	0,403	0,537	0,620	-0,125	0,135	1,000							
10	0,125	0,807	0,845	0,152	0,179	0,201	0,717	0,969	0,097	1,000						
11	0,226	0,392	-0,177	0,260	0,117	-0,893	0,226	0,014	-0,767	0,157	1,000					
12	-0,287	0,371	0,966	-0,158	-0,095	0,445	0,899	0,838	0,212	0,724	-0,207	1,000				
13	0,309	0,386	0,604	-0,113	-0,136	0,055	0,745	0,562	-0,263	0,605	0,290	0,649	1,000			
14	-0,039	0,697	0,769	-0,083	-0,120	-0,106	0,916	0,798	-0,369	0,802	0,460	0,747	0,837	1,000		
15	0,523	-0,156	-0,150	0,999	0,993	-0,385	-0,025	0,016	0,432	0,164	0,232	-0,134	-0,110	-0,082	1,000	
16	-0,410	0,235	0,382	-0,947	-0,898	0,647	0,134	0,212	-0,183	0,065	-0,423	0,349	0,249	0,170	-0,937	1,000

Примітка: *1 – амоніфікатори, 2 – імобілізатори мінерального азоту, 3- олігонітрофіли, 4 – азотобактер, 5 – денітрифікатори, 6 – нітрифікатори, 7 – педотрофи, 8 – целюлоруйнівні бактерії, 9 – полісахаридсинтезувальні, 10 – автохтонні, 11 – актиноміцети, 12 – мікроміцети, 13- меланінсинтезувальні мікроміцети, 14 – мобілізатори мінеральних фосфатів, 15 – кислотоутворювальні, 16 - загальна кількість мікроорганізмів.

Таблиця 5

Матриця, яка описує кореляційні зв'язки між показниками чисельності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп у варіанті внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{30}K_{60} + CaCO_3$ (1,0 Нг), сірий лісовий ґрунт

№	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азобактер,% обростання грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна кількість мікроорганізмів
1*	1,000															
2	0,799	1,000														
3	0,786	0,866	1,000													
4	-0,484	-0,459	-0,810	1,000												
5	-0,601	-0,452	-0,605	0,453	1,000											
6	0,536	0,447	0,813	-0,992	-0,473	1,000										
7	0,554	0,856	0,491	0,044	-0,227	-0,072	1,000									
8	0,855	0,965	0,869	-0,529	-0,341	0,532	0,762	1,000								
9	0,033	0,522	0,269	0,177	0,120	-0,213	0,690	0,401	1,000							
10	-0,137	0,059	-0,431	0,852	0,311	-0,865	0,556	-0,040	0,507	1,000						
11	0,266	0,025	-0,123	0,159	0,549	-0,101	0,054	0,244	-0,139	0,190	1,000					
12	0,898	0,959	0,800	-0,340	-0,464	0,360	0,841	0,951	0,448	0,141	0,185	1,000				
13	0,142	0,157	0,458	-0,481	-0,812	0,475	-0,097	0,012	-0,008	-0,497	-0,850	0,072	1,000			
14	0,683	0,976	0,788	-0,351	-0,284	0,329	0,897	0,936	0,674	0,177	0,063	0,921	0,049	1,000		
15	-0,087	0,269	0,324	-0,222	-0,576	0,151	0,249	0,039	0,360	-0,079	-0,947	0,087	0,794	0,249	1,000	
16	0,791	0,927	0,777	-0,375	-0,184	0,388	0,789	0,970	0,537	0,103	0,352	0,940	-0,118	0,941	-0,064	1,000

Примітка: *1 – амоніфікатори, 2 – імобілізатори мінерального азоту, 3- олігонітрофіли, 4 – азобактер, 5 – денітрифікатори, 6 – нітрифікатори, 7 – педотрофи, 8 – целюлозоруйнівні бактерії, 9 – полісахаридсинтезувальні, 10 – автохтонні, 11 – актиноміцети, 12 – мікроміцети, 13- меланінсинтезувальні мікроміцети, 14 – мобілізатори мінеральних фосфатів, 15 – кислотоутворювальні, 16 - загальна кількість мікроорганізмів.

Таблиця 6

Матриця, яка описує кореляційні зв'язки між показниками чисельності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп у варіанті удобрення у дозі N₆₀P₃₀K₆₀ по фоні заорювання побічної продукції рослинництва і біомаси сидеральної культури (горох), сірий лісовий ґрунт

№	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна кількість мікроорганізмів
1*	1,000															
2	0,854	1,000														
3	0,849	0,894	1,000													
4	0,110	-0,151	-0,314	1,000												
5	0,347	-0,129	-0,056	0,556	1,000											
6	0,395	0,525	0,699	-0,852	-0,219	1,000										
7	0,835	0,964	0,871	0,021	-0,096	0,363	1,000									
8	0,846	0,855	0,807	0,257	0,078	0,160	0,952	1,000								
9	0,137	0,406	0,548	-0,963	-0,531	0,936	0,245	0,006	1,000							
10	0,934	0,942	0,839	0,161	0,114	0,288	0,964	0,952	0,107	1,000						
11	0,264	0,059	-0,125	0,972	0,452	-0,772	0,237	0,457	-0,881	0,358	1,000					
12	0,920	0,861	0,944	-0,054	0,066	0,472	0,872	0,885	0,298	0,900	0,138	1,000				
13	-0,295	0,183	0,090	-0,492	-0,995	0,180	0,165	0,002	0,486	-0,042	-0,373	-0,013	1,000			
14	0,743	0,896	0,881	-0,153	-0,330	0,425	0,913	0,863	0,387	0,859	0,079	0,905	0,390	1,000		
15	0,418	-0,049	-0,005	0,632	0,991	-0,264	0,003	0,189	-0,580	0,213	0,552	0,140	-0,973	-0,240	1,000	
16	0,889	0,970	0,931	-0,044	-0,059	0,449	0,986	0,942	0,310	0,968	0,170	0,938	0,122	0,937	0,031	1,000

Примітка: *1 – амоніфікатори, 2 – імобілізатори мінерального азоту, 3- олігонітрофіли, 4 – азотобактер, 5 – денітрифікатори, 6 – нітрифікатори, 7 – педотрофи, 8 – целюлоруйнівні бактерії, 9 – полісахаридсинтезувальні, 10 – автохтонні, 11 – актиноміцети, 12 – мікроміцети, 13- меланінсинтезувальні мікроміцети, 14 – мобілізатори мінеральних фосфатів, 15 – кислотоутворювальні, 16 - загальна кількість мікроорганізмів.

Таблиця 7

Матриця, яка описує кореляційні зв'язки між показниками чисельності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп у варіанті удобрення у дозі N₆₀P₃₀K₆₀ по фоні заорювання побічної продукції рослинництва і біомаси сидеральної культури (горох) + CaCO₃ (1,0 Нг), сірий лісовий ґрунт

№	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна кількість мікроорганізмів
1*	1,000															
2	0,964	1,000														
3	0,810	0,868	1,000													
4	-0,119	-0,012	0,146	1,000												
5	-0,019	0,060	-0,170	-0,589	1,000											
6	0,069	0,186	0,528	0,282	-0,462	1,000										
7	0,689	0,827	0,875	0,376	-0,198	0,616	1,000									
8	0,749	0,894	0,893	0,219	0,062	0,457	0,957	1,000								
9	0,240	0,230	0,006	-0,887	0,860	-0,330	-0,147	0,086	1,000							
10	0,873	0,920	0,962	0,276	-0,244	0,407	0,903	0,900	-0,105	1,000						
11	0,476	0,305	0,346	-0,458	-0,388	0,300	0,124	0,041	0,136	0,291	1,000					
12	0,332	0,277	0,270	0,313	-0,778	0,482	0,440	0,198	-0,518	0,382	0,576	1,000				
13	-0,213	-0,032	0,014	0,841	-0,060	0,020	0,281	0,258	-0,532	0,124	-0,843	-0,151	1,000			
14	0,628	0,640	0,730	0,608	-0,441	0,159	0,649	0,620	-0,465	0,834	0,022	0,278	0,420	1,000		
15	-0,064	0,147	0,078	0,513	0,387	-0,129	0,307	0,407	-0,079	0,149	-0,892	-0,431	0,884	0,283	1,000	
16	0,838	0,936	0,913	0,305	-0,097	0,372	0,948	0,966	-0,043	0,969	0,117	0,316	0,256	0,772	0,337	1,000

Примітка: *1 – амоніфікатори, 2 – імобілізатори мінерального азоту, 3- олігонітрофіли, 4 – азотобактер, 5 – денітрифікатори, 6 – нітрифікатори, 7 – педотрофи, 8 – целюлоруйнівні бактерії, 9 – полісахаридсинтезувальні, 10 – автохтонні, 11 – актиноміцети, 12 – мікроміцети, 13- меланінсинтезувальні мікроміцети, 14 – імобілізатори мінеральних фосфатів, 15 – кислотоутворювальні, 16 - загальна кількість мікроорганізмів.

Таблиця 8

Матриця, яка описує кореляційні зв'язки між показниками чисельності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп у варіанті удобрення у дозі N₉₀P₄₅K₉₀ по фоні заорювання побічної продукції рослинництва і біомаси сидеральної культури (горох) + CaCO₃ (1,0 Нг), сірий лісовий ґрунт

№	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна кількість мікроорганізмів
1*	1,000															
2	0,875	1,000														
3	0,930	0,800	1,000													
4	0,534	0,796	0,551	1,000												
5	0,226	-0,188	0,338	-0,332	1,000											
6	-0,049	0,096	-0,354	-0,176	-0,349	1,000										
7	0,829	0,993	0,787	0,825	-0,233	0,051	1,000									
8	0,671	0,936	0,585	0,907	-0,398	0,177	0,946	1,000								
9	0,036	0,438	-0,105	0,518	-0,963	0,364	0,470	0,615	1,000							
10	0,960	0,945	0,925	0,741	0,052	-0,142	0,922	0,810	0,210	1,000						
11	-0,058	0,304	-0,234	0,301	-0,967	0,481	0,326	0,456	0,970	0,068	1,000					
12	0,829	0,850	0,716	0,672	0,169	0,211	0,810	0,803	0,087	0,831	-0,051	1,000				
13	0,539	0,829	0,375	0,765	-0,675	0,307	0,830	0,903	0,850	0,674	0,758	0,565	1,000			
14	0,470	0,513	0,170	0,102	-0,116	0,854	0,448	0,478	0,265	0,356	0,317	0,638	0,493	1,000		
15	0,065	0,388	-0,125	0,319	-0,928	0,473	0,401	0,498	0,958	0,172	0,990	0,019	0,804	0,370	1,000	
16	0,928	0,984	0,813	0,703	-0,108	0,154	0,957	0,881	0,368	0,953	0,260	0,869	0,793	0,595	0,360	1,000

Примітка: *1 – амоніфікатори, 2 – імобілізатори мінерального азоту, 3- олігонітрофіли, 4 – азотобактер, 5 – денітрифікатори, 6 – нітрифікатори, 7 – педотрофи, 8 – целюлозоруйнівні бактерії, 9 – полісахаридсинтезувальні, 10 – автохтонні, 11 – актиноміцети, 12 – мікроміцети, 13- меланінсинтезувальні мікроміцети, 14 – мобілізатори мінеральних фосфатів, 15 – кислотоутворювальні, 16 - загальна кількість мікроорганізмів.

Таблиця 9

Матриця, яка описує кореляційні зв'язки між показниками чисельності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп у варіанті удобрення у дозі $N_{120}P_{60}K_{120}$ по фоні заорювання побічної продукції рослинництва і біомаси сидеральної культури (горох) + $CaCO_3$ (1,0 Нг), сірий лісовий ґрунт

№	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Кислотоутворювальні	Загальна кількість мікроорганізмів
1*	1,000															
2	0,302	1,000														
3	0,568	0,698	1,000													
4	-0,077	0,530	0,352	1,000												
5	0,663	0,898	0,788	0,491	1,000											
6	0,894	0,346	0,558	-0,107	0,610	1,000										
7	0,476	0,861	0,603	0,558	0,919	0,301	1,000									
8	0,507	0,966	0,790	0,496	0,960	0,563	0,845	1,000								
9	0,095	0,069	0,124	-0,530	0,037	-0,139	0,180	-0,017	1,000							
10	0,712	0,879	0,775	0,410	0,995	0,662	0,901	0,951	0,074	1,000						
11	0,493	-0,205	-0,362	-0,164	0,093	0,278	0,190	-0,120	-0,010	0,137	1,000					
12	0,752	0,790	0,864	0,489	0,968	0,677	0,844	0,898	-0,015	0,962	0,083	1,000				
13	-0,240	0,447	0,527	0,548	0,241	0,036	0,061	0,436	-0,438	0,185	-0,829	0,265	1,000			
14	0,684	0,867	0,869	0,368	0,972	0,599	0,886	0,928	0,223	0,973	0,004	0,959	0,225	1,000		
15	-0,416	0,267	0,383	0,407	0,014	-0,131	-0,143	0,229	-0,368	-0,041	-0,919	0,041	0,969	0,024	1,000	
16	0,666	0,842	0,946	0,347	0,932	0,652	0,775	0,924	0,151	0,932	-0,158	0,947	0,385	0,974	0,199	1,000

Примітка: *1 – амоніфікатори, 2 – імобілізатори мінерального азоту, 3- олігонітрофіли, 4 – азотобактер, 5 – денітрифікатори, 6 – нітрифікатори, 7 – педотрофи, 8 – целюлозоруйнівні бактерії, 9 – полісахаридсинтезувальні, 10 – автохтонні, 11 – актиноміцети, 12 – мікроміцети, 13- меланінсинтезувальні мікроміцети, 14 – мобілізатори мінеральних фосфатів, 15 – кислотоутворювальні, 16 - загальна кількість мікроорганізмів.