

УДК 633.11:504.53.052

© 2014

Патика М. В., доктор сільськогосподарських наук
Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»

Колодяжний О. Ю., аспірант
(науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук М. В. Патика)
Національний університет біоресурсів і природокористування України

ФОРМУВАННЯ МІКРОБНОГО КОМПЛЕКСУ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО В АГРОЦЕНОЗІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Рецензент – доктор біологічних наук І. І. Кошевський

У процесі порівняльного аналізу формування мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої виявлено рівень диференціації чисельності основних фізіологічних і таксономічних груп мікробіому. Показано особливості формування структури, якісного складу та різноманіття бактеріального комплексу за різних систем землеробства й обробтку ґрунту. Встановлено, що систематичне внесення органічних добрив дозволяє оптимізувати мікробіологічні процеси та сприяє збільшенню видового різноманіття з рівномірним розподілом із домінуючих форм мікроорганізмів.

Ключові слова: пшениця озима, мікробний комплекс, структура мікробіоценозу, біорізноманіття, чорнозем типовий, система землеробства, обробіток ґрунту.

Постановка проблеми. Мікробний ценоз – це один із найскладніших, найрізноманітніших і найпоширеніших типів просторово-функціональної організації живих угруповань педосфери. Мікроорганізми є основним джерелом генетичного різноманіття, що має широку видову й функціональну варіабельність. Завдяки складному видовому різноманіттю з відповідною ферментативною активністю, мікробіота відіграє виключно важливу роль у трансформації органічної матерії, процесах ґрунтоутворення та формуванні родючості ґрунтів [8, 11].

Формування певного мікробного комплексу ґрунту, його структури та складу з відповідною функціональною активністю в значній мірі залежить від його типу, агрегатного складу, обумовленого аграрним використанням та особливостями сільськогосподарських культур [3].

Структура мікробних ценозів – невід’ємна складова детальної характеристики ґрунтів, включаючи процеси та фактори, що прямо чи опосередковано впливають на їх особливості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв’язання проблеми. Дослідженнями вітчизняних та зарубіжних вче-

них встановлено, що мікробіота є невід’ємним гомеостатичним компонентом ґрунту, котрий здійснює й визначає у ній важливі функції трансформації сполук та енергії. Мікроорганізми – невід’ємна ланка кругообігу всіх біогенних елементів, що здійснює як продукційні, так і деструкційні процеси [12].

Особливості взаємодії мікроорганізмів між собою і рослинами мають різноманітні функціональні характеристики, що формують стійкі мікробні комплекси агроєкосистем. Понад 95 % прокариотних мікроорганізмів ґрунтів потребують комплексної оцінки трофічних зв’язків під впливом різних екологічних умов. Одним із важливих завдань ґрунтової мікробіології є об’єктивна комплексна оцінка складних зв’язків і розкриття механізмів взаємодії між мікробними ценозами та середовищем їх існування [7].

Збереження й підтримання гомеостазу біорізноманіття, оптимізація структури та текстури мікробного комплексу є важливим завданням у процесі розкриття механізмів взаємодії у системі «ґрунт – мікроорганізми – рослина» й визначальним фактором науково обґрунтованого управління ґрунтово-мікробними процесами у формуванні стійких високопродуктивних агроєкосистем [6].

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень було вивчити особливості формування мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої за різних систем землеробства.

Завдання досліджень – провести порівняльну характеристику чисельності основних фізіологічних і таксономічних груп мікроорганізмів, аналіз якісного складу, структури та різноманіття мікробного комплексу чорнозему типового, що формується в онтогенезі пшениці озимої за різних систем землеробства.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження мікрофлори чорнозему типового проводилося на базі стаціонарного польового дослідження

кафедри землеробства та гербології НУБіП України. Територія досліджуваного поля знаходиться в правобережній частині Лісостепу України. Рельєф місцевості – рівнинний. Ґрунт ділянки – чорнозем типовий, малогумусний; за гранулометричним складом – грубопилуватий середній суглинок.

Особливістю досліджуваних систем землеробства є варіанти ресурсного забезпечення для відтворення продуктивного потенціалу агроландшафту. За промислової системи (ПС) землеробства (контроль) на гектар ріллі в сівозміні вноситься 12 т органічних і 300 кг діючої речовини мінеральних добрив ($N_{92}P_{100}K_{108}$) із відповідним хімічним захистом посівів. У екологічній моделі землеробства (ЕС) пріоритетним є застосування органічних добрив у кількості 24 т/га (12 т/га ґною, 6 т/га нетоварної, побічної частини урожаю сільськогосподарських культур, 6 т/га сидеральної маси поживних посівів). Баланс елементів живлення компенсується мінеральними добривами $N_{46}P_{49}K_{35}$.

Основою біологічної моделі системи землеробства (БС) є внесення 24 т/га ріллі органічних добрив у сівозміні без застосування промислових агрохімікатів із використанням біологічних засобів захисту посівів [10].

На фоні варіантів ресурсного забезпечення досліджувалися системи диференційованого (ДО) та поверхневого (ПО) основного обробітків ґрунту. Відбір та аналіз ґрунтових зразків проводились у фазу цвітіння й воскової стиглості пшениці озимої з верхнього (0–20 см) орного кореневмісного шару ґрунту [2].

Чисельність мікроорганізмів основних фізіологічних і таксономічних груп визначалася методом посіву ґрунтових суспензій на відповідні елективні поживні середовища [2, 9].

Вологість ґрунту визначалась термостатно-ваговим методом. Якісний склад мікробного комплексу вивчався на основі представленості морфолого-культуральних типів.

Для визначення ступеня домінування використовувався показник насиченості виду, $\% = (a \times 100) / A$, де: a – кількість колоній певного морфотипу; A – загальна кількість колоній [1, 4]. Для екологічної оцінки біорізноманіття мікроорганізмів у ґрунті розраховувались індекси Шеннона (H) та Сімпсона (C) [5]. Статистична обробка отриманих результатів проводилась із визначенням середніх квадратичних відхилень та довірчих інтервалів у MS Excel.

Результати досліджень. За результатами досліджень встановлено значні зміни у формуванні чисельності та структури основних фізіологіч-

них і таксономічних груп мікроорганізмів в онтогенезі пшениці озимої під впливом систем землеробства та обробітку ґрунту.

Так, по відношенню до азоту та його форм у фазу цвітіння пшениці озимої (рис. 1) чисельність амоніфікувальних бактерій за екологічної та біологічної систем землеробства у 3–3,2 рази була вищою, ніж за промислової системи. Чисельність мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, за поверхневого обробітку ґрунту коливалася від 18,37 до 19,91 млн КУО/г ґрунту залежно від систем землеробства. За диференційованого обробітку їх чисельність суттєво відрізнялась і становила: за промислової системи – 7,59, за екологічної – 10,66, за біологічної – 24,41 млн.

Збільшення чисельності та співвідношення амоніфікувальних мікроорганізмів та іммобілізаторів мінерального азоту вказує на прискорення процесів трансформації органічної речовини, коли мінеральний азот включається в процеси метаболізму мікроорганізмів, особливо за екологічної та біологічної систем землеробства, створюючи умови конкуренції рослин і мікроорганізмів за мінеральний азот.

Як наслідок, кількість олігонітрофільних бактерій за промислової системи землеробства становила 6,79 за диференційованого обробітку та 9,73 – поверхневого, а за біологічної системи збільшувалась до 19,03 та 18,22 млн відповідно.

Чисельність целюлозоруйнівних мікроорганізмів, що активно функціонують у мікробіоценозі на початкових етапах трансформації органічної речовини, суттєво відрізнялась в досліджуваних системах землеробства. За промислової системи їх чисельність становила 462,45 тис. КУО/г за диференційованого обробітку та 505,21 – поверхневому; за біологічної – 561,10 і 788,67 відповідно обробітку ґрунту й значно збільшувалась за екологічної, відповідно, 970,17 та 825,40 тис. Збільшення чисельності споруутворюючих бактерій у 2,5 рази відбувалося за екологічної й майже в 7 разів за біологічної систем землеробства з диференційованим обробітком, порівняно з промисловою (0,87 та 2,67 млн за диференційованого та поверхневого обробітку відповідно), що свідчить про активну участь вищезазначених груп у процесах трансформації органічних решток.

Підвищення чисельності стрептоміцетів до 3,05–3,92 млн спостерігалось за екологічної та біологічної систем землеробства. Чисельність мікроміцетів чорнозему типового збільшувалась у варіантах із пріоритетним застосуванням органічних добрив і становила 49,86–60,35 тис. КУО/г ґрунту.

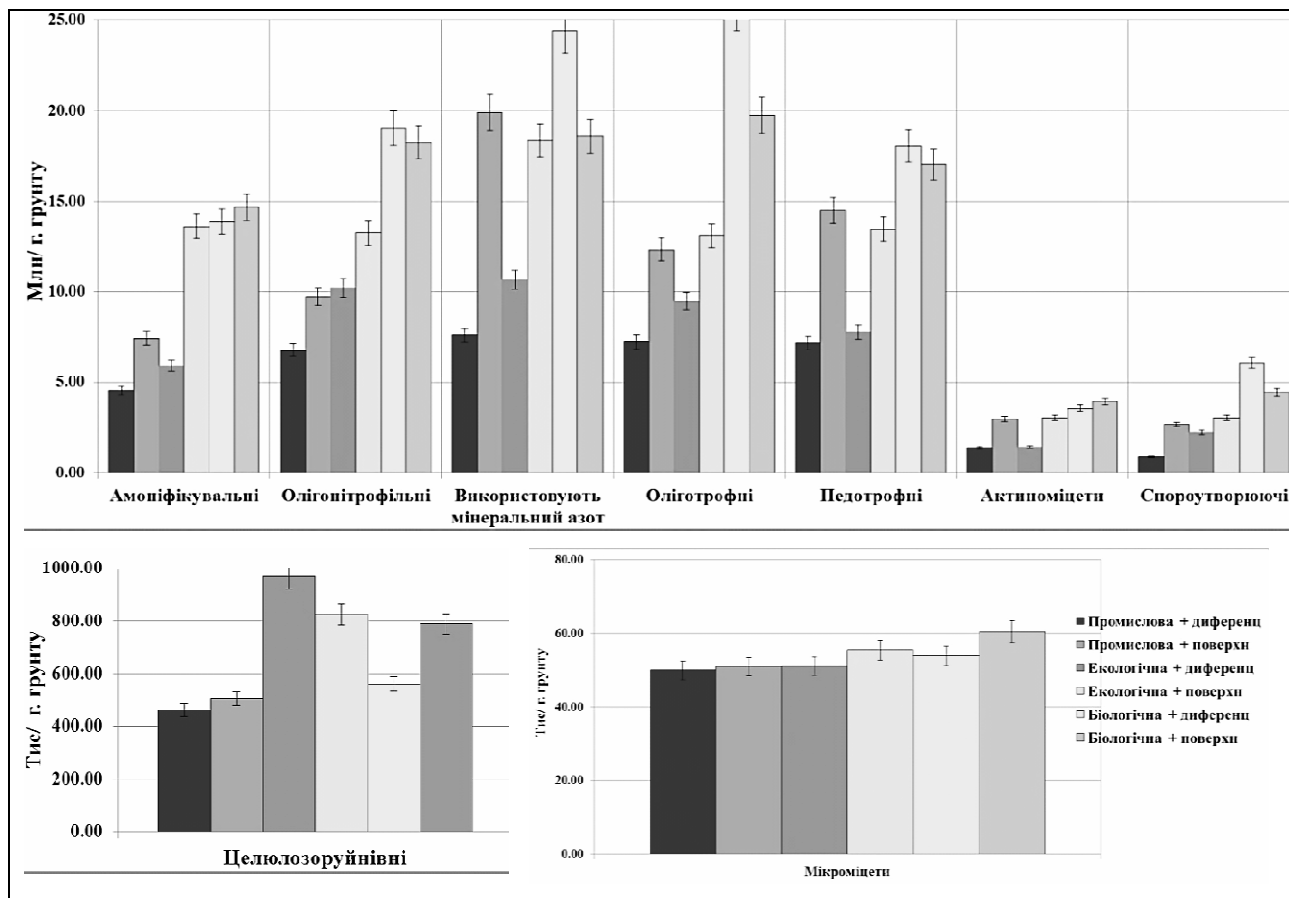


Рис. 1. Чисельність основних фізіологічних груп мікробного комплексу чорнозему типового у фазу цвітіння пшениці озимої

На фоні значної різниці чисельності основних фізіологічних груп мікроорганізмів для встановлення функціональної різноспрямованості мікробіологічних процесів важливе значення має якісний склад і структура розподілу домінуючих форм ґрунтової мікрофлори у варіантах досліджу. У фазу цвітіння пшениці озимої загалом було описано 141 морфотип (рис. 2). Серед них домінуючих – 13, субдомінуючих – 23, що часто трапляються – 89 і випадкових – 16 штук. Значний вплив на структуру розподілу різних груп виявлених морфотипів мали системи землеробства та обробітку ґрунту. Так, за промислової системи землеробства з диференційованим обробітком ґрунту структура бактеріального комплексу включала 4 домінуючих, 3 субдомінуючих і 6 видів, що часто трапляються. Відбувалось удвічі збільшення видів, що часто трапляються, за поверхневого обробітку, спостерігалась активізація та включення в структуру мікробоценозу випадкових видів.

За екологічної та біологічної систем землеробства кількість домінуючих морфотипів у структурі бактеріального комплексу зменшилась

до 1, але значно збільшилася кількість видів, що часто трапляються в ценозі (до 80 та 54 % відповідно), що характеризує збільшення різноманіття мікробних ценозів. За біологічної системи землеробства у структурі мікробного комплексу спостерігалась активізація випадкових форм, частка яких складала 23 % за диференційованого обробітку та 26 % – за поверхневого від загального числа морфотипів.

У кінці вегетації пшениці озимої спостерігалось вирівнювання структури мікробного ценозу за рахунок перерозподілу чисельності основних фізіологічних груп мікроорганізмів за варіантами досліджу (рис. 3). Порівняно з фазою цвітіння, чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів за екологічної системи землеробства дещо збільшувалась і становила 15,31 та 16,30 млн залежно від обробітку ґрунту. За біологічної системи їх чисельність суттєво не змінювалась й становила, відповідно, 13,91 та 12,08 млн. Відбувалось зростання чисельності амоніфікаторів за промислової системи землеробства до 12,80 за диференційованого обробітку та 11,93 млн – поверхневого.

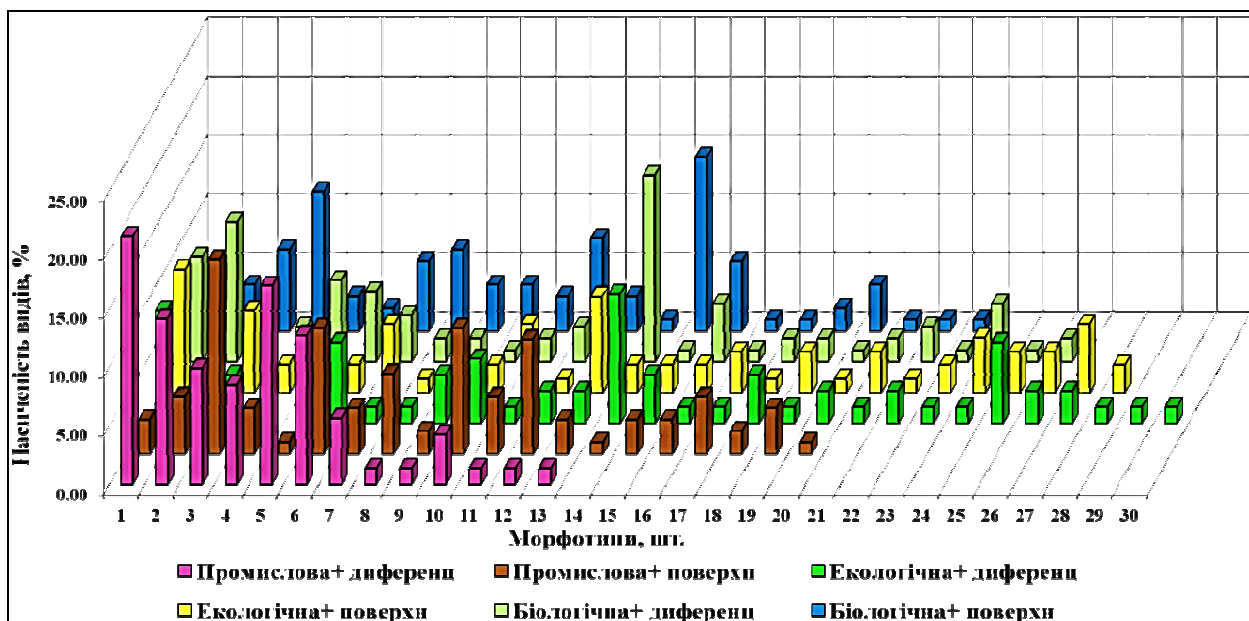


Рис. 2. Вплив систем землеробства та обробітку ґрунту на якісний склад прокаріот чорнозему типового (фаза цвітіння пшениці озимої)

Чисельність мікроорганізмів, що використовують мінеральний азот, збільшувалась за промислової системи з диференційованим обробітком ґрунту до 11,09 і 16,04 – з поверхневим і знижувалась до 11,91 за екологічної системи з поверхневим обробітком та за біологічної системи – 15,72 й 6,97 млн відповідно до обробітку ґрунту.

Вирівнювання кількості олігонітрофільної мікрофлори з варіантами дослідів відбувалося за рахунок їх збільшення у промисловій системі землеробства (10,36 і 12,01) та зниження за біологічної (12,09 і 8,01 млн відповідно до обробітку ґрунту). Слід зазначити зростання чисельності оліготрофів за промислової системи землеробства з диференційованим обробітком до 12,06 і зниження з 9,48 (у фазу цвітіння пшениці озимої) до 7,58 – за екологічної системи і з 25,7 до 7,1 млн КУО/г ґрунту за біологічної відповідно, що свідчить про доступність легкозасвоюваних речовин, які накопичуються в процесі трансформації органічних решток рослин. Це сприяє покращанню трофічних зв'язків у структурі мікробного комплексу ґрунту та зниженню чисельності педотрофів у даних варіантах.

Суттєвих змін у чисельності актиноміцетів не спостерігалось, їх кількість становила 2,22–4,08 мільйона. Відмічалось зростання чисельності спороутворюючих мікроорганізмів у цю фазу онтогенезу на всіх варіантах дослідів до 4,13–6,46 мільйона.

Порівняно з фазою цвітіння, у кінці вегетації

спостерігалось зниження й перерозподіл за варіантами чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів. Негативними факторами були аномально високі температури повітря й недостатня зволоженість у даний період. Так, за промислової системи землеробства їх чисельність знизилася до 48,09 і 106,42 тис. за диференційованого та поверхневого обробітків, за екологічного – до 71,30 та 44,66, а за біологічної – до 41,57 та 100,08 тис відповідно. Чисельність мікроміцетів чорнозему типового суттєво не змінилася, порівнюючи з фазою цвітіння пшениці озимої, й становила 51,04–60,42 тис. КУО/г ґрунту.

У цю фазу відбувалося накопичення органічної речовини ґрунту за рахунок надземної та підземної біомаси рослин. Цьому сприяла спрямованість мікробіологічних процесів і спостерігалось значне збільшення чисельності виявлених морфотипів (рис. 4). Кількість виявлених морфотипів – 216 штук. Домінуючих серед них було 3 шт., субдомінуючих – 23 шт., випадкових – 40 шт. й тих, що часто трапляються, – 150 шт.

За поверхневого обробітку ґрунту у структурі мікробного комплексу домінуючих морфотипів виявлено не було. За диференційованого обробітку їх частка становила: 3,1 % за промислової, 2,6 % – за екологічної та 2,5 % – біологічної. Основна частка мікроорганізмів, що часто трапляються, за промислової системи складала 56–66 %, екологічної – 63–66 %, біологічної – 72–89 % відповідно систем обробітку ґрунту.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

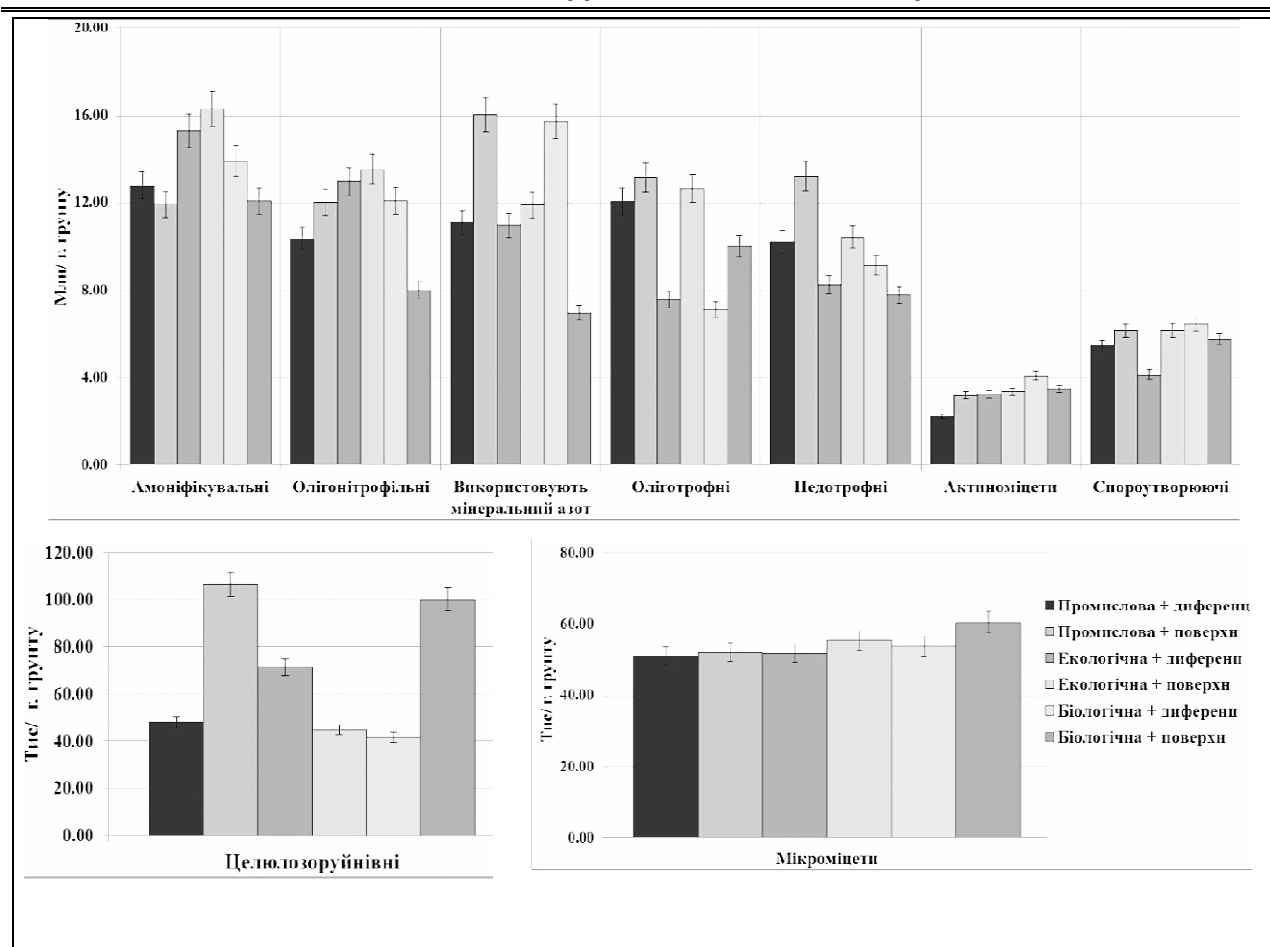


Рис. 3. Чисельність основних фізіологічних груп мікробного комплексу чорнозему типового у фазу воскової стиглості пшениці озимої

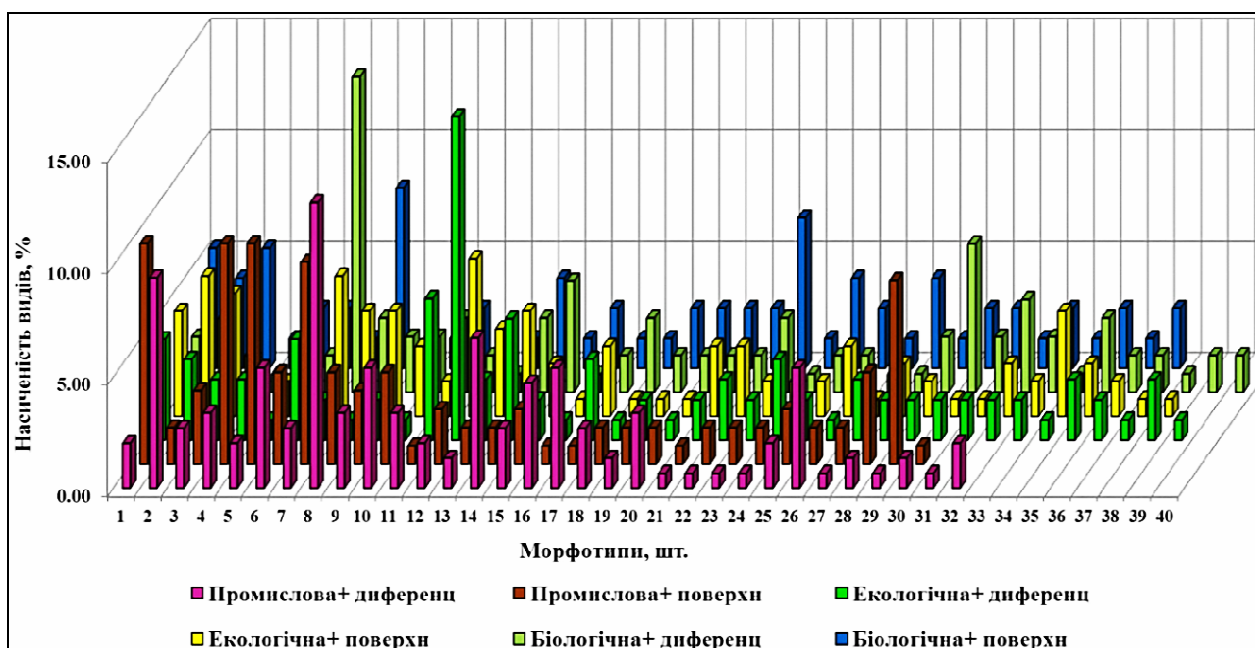


Рис. 4. Вплив систем землеробства та обробітку ґрунту на якісний склад прокаріот чорнозему типового (фаза воскової стиглості пшениці озимої)

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИНИЦТВО

Типологія розподілу виявлених домінуючих форм суттєво відрізнялася за системами землеробства та обробітку ґрунту (рис. 5). Морфотипи 1, 2, 4 були специфічними лише для промислової системи землеробства з диференційованим обробітком ґрунту. Морфотипи 3 і 5 виявлялися в промисловій та екологічній системах землеробства, 6-й був специфічним лише для промислової системи землеробства з поверхневим обробітком ґрунту. За біологічної системи землеробства сформувалася специфічна домінуюча мікрофлора (7–9-й морфотипи).

Серед виявлених домінантів траплялися види, що мали високу антагоністичну активність, тому є перспективними для наступних досліджень і використання в біотехнології. Значення та функціональні властивості домінуючих представників мікробного комплексу мають також важливе значення безпосередньо по взаємовідношенню з

рослинами пшениці озимої.

Порівняльна оцінка екологічних індексів формування мікробіоти чорнозему типового показала значний зв'язок між показниками біорізноманіття Шеннона та домінування Сімпсона у різні фази онтогенезу пшениці озимої (див. табл.).

Встановлено, що збільшення біорізноманіття та популяції бактеріальної мікрофлори у фазу цвітіння пшениці відбувається наступним чином: ПС + ДО → ПС + ПО → БС + ПО → БС + ДО → ЕС + ПО → ЕС + ДО. За промислової системи землеробства індекс різноманіття бактеріальної мікрофлори був на низькому рівні й не перевищував 1. Індекс домінування Сімпсона за промислової системи землеробства свідчить про формування однорідного мікробного комплексу чорнозему типового з високим ступенем домінування певних морфотипів бактеріальної мікрофлори.

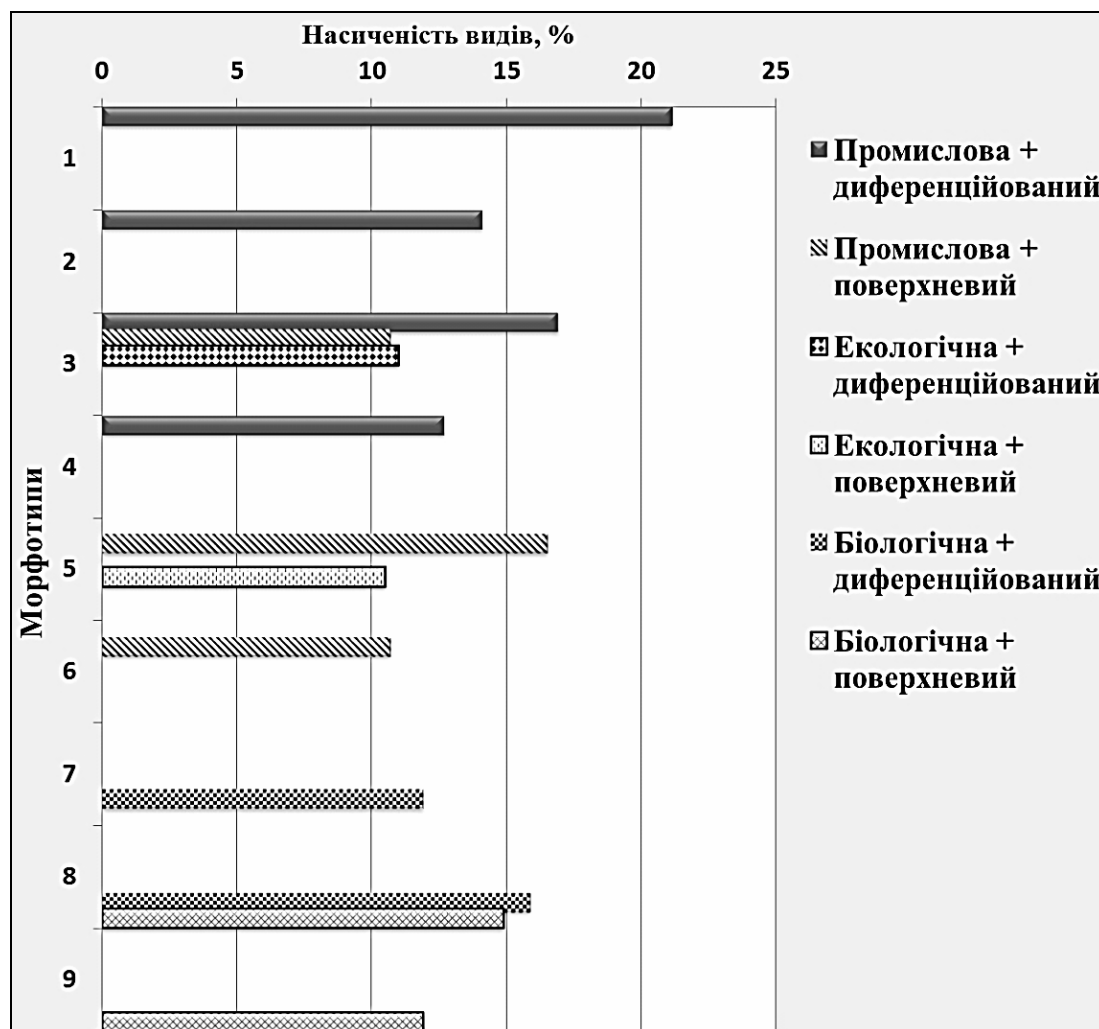


Рис. 5. Розподіл домінуючих морфотипів бактеріальної мікрофлори чорнозему типового залежно від систем землеробства та обробітку ґрунту

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Екологічні індекси біорізноманіття та домінування бактеріального комплексу чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої

Системи землеробства	Обробіток ґрунту	Фаза цвітіння		Фаза воскової стиглості	
		індекси			
		Шеннона	Сімпсона	Шеннона	Сімпсона
Промислова	диференційований	0,96	0,13	1,37	0,05
	поверхневий	1,19	0,08	1,34	0,06
Екологічна	диференційований	1,38	0,05	1,47	0,05
	поверхневий	1,37	0,05	1,48	0,05
Біологічна	диференційований	1,27	0,07	1,49	0,04
	поверхневий	1,24	0,07	1,50	0,04

Зростання індексу біорізноманіття у кінці вегетації пшениці до 1,49 та 1,50 за біологічної системи землеробства з диференційованим та поверхневим обробітком обумовлено накопиченням у ґрунті поживних для мікроорганізмів легкозасвоєваних речовин. Застосування промислової системи землеробства призводило до зниження різноманіття (1,34 й 1,37 відповідно). Зниження індексу домінування Сімпсона свідчить про формування стабільних гомеостатичних систем ґрунтових мікроорганізмів, що сприяє рівномірному розподілу видів і розширенню складності й трофічних зв'язків мікробного ценозу.

Висновки: 1. Застосування екологічної та біологічної систем землеробства дає можливість оптимізувати мікробіологічні процеси в період активної вегетації пшениці озимої, що сприяє створенню умов для збільшення втричі чисельності амоніфікувальних бактерій, в 1,8–2,5 олігонітрофільних, в 2,4–3 мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, в 2,5–6,5 споруутворюючих і в 1,5–рази целюлозоруйнівних мікроорганізмів та зменшенню у фазу стиглості пшениці озимої чисельності мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, в 1,5–2,3, оліготрофів – у 1,5 і педотрофів –

в 1,5–1,7 разів.

2. Формування різноманіття мікробного комплексу, збільшення видового багатства мікроорганізмів із незначною кількістю домінуючих форм і більш рівномірним їх розподілом та високим ступенем різнонаправленості мікробіологічних процесів обумовлено систематичним внесенням органічних добрив для відтворення ресурсного потенціалу й науково обґрунтованими системами обробітку ґрунту.

3. Систематичне внесення значної кількості мінеральних добрив призводить до порушення трофічних зв'язків у мікробному комплексі, структури чисельності фізіологічних груп мікроорганізмів, зниження біорізноманіття та формування однорідного мікробіому чорнозему типового з високим ступенем домінування певних видів бактеріальної мікрофлори.

4. Науково обґрунтоване використання принципів формування мікробної складової ґрунту, збереження гомеостазу біорізноманіття, оптимізація структури мікробного комплексу є основою для технологій різного рівня в напрямі удосконалення адаптивних систем землеробства за створення стійких високопродуктивних агроєкосистем та управління ґрунтовою родючістю в цілому.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Емцев В. Т.* Микробиология: учебник для вузов / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Дрофа, 2005. – С. 205–206.
 2. *Звягинцев Д. Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева – М. : Из-во МГУ, 1991. – 330 с.
 3. *Иутинская Г. А.* Почвенная микробиология / Г. А. Иутинская. – К. : Аристей, 2006. – 284 с.
 4. *Лабутова Н. М.* Методы изучения почвообитающих микроорганизмов : Учебное пособие /

Н. М. Лабутова. – СПб.ГУ, 2008. – С. 13–16.

5. *Одум Ю.* Основы экологии / Под ред. Н. П. Наумова. – М. : Мир, 1975. – 733 с.

6. *Патика М. В.* Формування біорізноманіття та філотипової структури еубактеріального комплексу чорнозему типового при вирощуванні пшениці озимої / М. В. Патика, С. П. Танчик, О. Ю. Колодяжний [та ін.] // Доповіді НАН України. – 2012. – № 11. – С. 163–171.

7. *Патыка Н. В.* Агробиология микроорганизмов

змов: різноманітність, структурна організація і функціональні особливості / Н. В. Патыка, В. Ф. Патыка // Імунологія та алергологія: наука і практика. – 2014. – Додаток № 1. – С. 77–78.

8. Патыка Н. В. Прокариотическіе мікроорганізми ґрунту: структура і функціональне різноманітність / Н. В. Патыка, Ю. В. Круглов, Е. В. Шеин // Тезиси доповідей XIII С'їзду товариства мікробіологів України ім. С. Н. Виноградського. – Ялта, 2013. – С. 46.

9. Практикум по мікробіології: Учеб. посібник для студентів вищих навч. закладів / А. И. Нетрусов, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук [и др]. – М. : Издательский центр «Академия»,

2005. – 608 с.

10. Танчик С. П. Екологічна система землеробства в Лісостепу України / С. П. Танчик, О. А. Демідов, Ю. П. Манько [та ін.] // Методичні рекомендації для впровадження у виробництво. – К. : НУБіП України, 2011. – 39 с.

11. Microbial diversity and soil functions / P. Nannipieri, J. Ascher, M. T. Ceccherini [et al] // European Journal of Soil Science. – 2003. – Vol. 54. – P. 655–670.

12. Microbial Diversity in Soils / B. Giri, P. Huong Giang, R. Kumari [et al] // Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. – 2005. – P. 19–49.