

УДК 631.461.51: 631.421.1: 631.423

Кіроянц М.О.

аспірант

E-mail : *Midiya1993@gmail.com*

кафедра екобіотехнології та біорізноманіття

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

ФОРМУВАННЯ МІКРОБНОГО КОМПЛЕКСУ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО В АГРОФІТОЦЕНОЗІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Анотація

Представлено результати досліджень, які спираються на вивчення якісного та кількісного складу мікробного комплексу, який трансформує органічні речовини чорнозему типового при вирощуванні ячменю ярого за різних систем землеробства. Досліди проводились за біологічної, екологічної та промислової систем землеробства; обробіток – оранка та поверхневий; а також досліджувалась система ноутіл, як контроль. Чисельність мікроорганізмів основних фізіологічних і таксономічних груп визначалася методом посіву ґрунтових суспензій на відповідні елективні поживні середовища. У статті пропонується провести порівняльний аналіз формування мікробного комплексу чорнозему типового в агрофітоценозі ячменю ярого. Якісний склад мікробного комплексу вивчався на основі представленості морфолого - культуральних типів. За результатом аналізу було досліджено рівень диференціації чисельності основних фізіологічних і таксономічних груп мікроорганізмів ризосфери рослин. Однією з основних цілей проведеного дослідження є довгострокова розробка, формування та реалізація найкращих агентів ризосферного середовища РРБ для оптимізації росту і розвитку ячменю на фоні зниження застосування мінеральних добрив.

Ключові слова: ячмінь ярий ; мікробний комплекс ; структура агрофітоценозу; біорізноманіття; чорнозем типовий ; система землеробства; обробіток ґрунту.

Вступ. Ґрунт є основним визначальним природним самовідновлюваним ресурсом, середовищем, в якому формується біологічне різноманіття живих організмів. Важливою складовою біому ґрунту є мікробіота. Її роль визначається активною участю в метаболізмі органічних речовин і трансформації біогенних елементів, які забезпечують життєдіяльність інших трофічних ланцюгів біоценозу.

Мікробний ценоз – це один із найрізноманітніших і найпоширеніших типів просторово-функціональної організації живих угруповань на Землі. Мікроорганізми є основним джерелом генетичного різноманіття, яке об'єднує широку видову та функціональну варіабельність. Різноманіття мікробіоти має значно більшу історію еволюції, ніж рослин і тварин.

Взаємодія в системі «ґрунт - мікроорганізми – рослина» складаються, головним чином, на основі фізіолого-біохімічного впливу, а метаболічна активність кореневої системи розглядається як основний фактор ризосферного ефекту, за рахунок якого мікроорганізми прикореневої зони ячменю отримують доступне джерело живлення. Завдяки складному видовому різноманіттю з відповідною ферментативною активністю, мікробіота відіграє виключно важливу роль у трансформації органічної матерії, процесах ґрунтоутворення та формуванні родючості ґрунтів.

Крім того, за допомогою взаємодії, бактерії впливають на баланс гормонів в рослинах. Ці процеси сприяють підвищенню їх стійкості до стресу за рахунок зниження рівня етилену. Ще одна важлива функція ризосферних груп мікроорганізмів пов'язана з формуванням стійкості до патогенів, якщо в рослинах вона кодується його геномом, то в ґрунті, крім бактеріальних груп, відсутні механізми, що формують таку стійкість, і виходить, що ризобактерії-антагоністи виконують ці захисні функції в ризосфері.

Довгострокове використання хімічних добрив призвело до появи великої кількості серйозних проблем, вирішення яких і ініціювало розвиток наукових досліджень, пошуку альтернативних шляхів. Тому одним із аспектів в цьому напрямку стало використання мікробних біодобрив (рістстимулюючих ризобактерій рослин (РРБ)). І однією з основних цілей є довгострокова розробка, формування та реалізація найкращих агентів ризосферного середовища РРБ для оптимізації росту і розвитку ячменю на фоні зниження застосування мінеральних добрив.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останній час активно вивчається вплив і дія різних біопрепаратів на онові бактерій та їх вплив на активність мікрофлори ґрунту в ризосфері ячменю ярого. Спостерігається значне покращення врожаю та фітопатологічного стану рослин при використанні біодобрив у порівнянні з мінеральними добривами.

Мета. Метою досліджень було вивчити особливості формування мікробного комплексу чорнозему типового в агрофітоценозі ячменю ярого 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 ячменю ярого за різних систем землеробства.

Методологія досліджень. Дослідження мікрофлори чорнозему типового проводилося на базі стаціонарного польового досліду кафедри землеробства та гербології НУБіП України «Агрономічна дослідна станція». Територія досліджуваного поля знаходиться в правобережній частині Лісостепу України. Рельєф місцевості – рівнинний. Ґрунт ділянки – чорнозем типовий, малогумусний; за гранулометричним складом – ґрубопилуватий середній суглинок.

Особливістю досліджуваних систем землеробства є варіанти ресурсного забезпечення для відтворення продуктивного потенціалу агроландшафту. За промислової системи (ПС) землеробства на гектар ріллі в сівозміні вноситься 12 т органічних і 300 кг діючої речовини мінеральних добрив (N92 P100 K108) із відповідним хімічним захистом посівів. У екологічній моделі землеробства (ЕС) пріоритетним є застосування органічних добрив у кількості 24 т/га (12т/га гною, 6т/га нетоварної побічної частини урожаю сільськогосподарських культур, 6т/га сидеральної маси пожнивних посівів). Баланс елементів живлення компенсується мінеральними добривами N46 P49 K35. 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. Також як контроль досліджувалась система землеробства ноутіл (НО).

На фоні варіантів ресурсного забезпечення досліджувалися системи поверхневого (ПО) основного обробітків ґрунту та оранка (ОР). Відбір та аналіз ґрунтових зразків проводились у фазу цвітіння й воскової стиглості ячменю ярого з верхнього (0–20 см) орного кореневмісного шару ґрунту.

Чисельність мікроорганізмів основних фізіологічних і таксономічних груп визначалася методом посіву ґрунтових суспензій на відповідні елективні поживні середовища.

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, $\% = (ax 100) / A$, де: a – кількість колоній певного морфотипу; A – загальна кількість колоній. Для екологічної оцінки біорізноманіття мікроорганізмів у ґрунті розраховувались індекси Шеннона (H) та Сімпсона (C). Статистична обробка отриманих результатів проводилась із визначенням середніх квадратичних відхилень та довірчих інтервалів у MS Excel.

Результати. За результатами досліджень встановлено значні зміни у формуванні чисельності та структури основних фізіологічних і таксономічних груп мікроорганізмів в онтогенезі ячменю ярого під впливом систем землеробства та обробітку ґрунту.

Так, по відношенню до азоту та його форм у фазу цвітіння ячменю ярого (рис. 1) чисельність амоніфікувальних бактерій за промислової та біологічної систем землеробства у 2,6–3,7 рази була вищою, ніж за екологічної системи. Чисельність мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, за поверхневого обробітку ґрунту коливалася від 14,5 до 18, 1 млн КУО/г ґрунту залежно від систем землеробства. За оранки чисельність суттєво відрізнялась і становила: за промислової системи – 17,7, за екологічної – 17,9, за біологічної – 24,1 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 біологічної системи землеробства, створюючи умови конкуренції рослин і мікроорганізмів за мінеральний азот.

Як наслідок, кількість олігонітрофільних бактерій за промислової системи землеробства становила 14,3 за оранки та 23,6 – поверхневого, а за біологічної системи збільшувалась до 21,2 15,5 млн відповідно.

Чисельність целюлозоруйнівних мікроорганізмів, що активно функціонують у мікробіоценозі на початкових етапах трансформації органічної речовини, суттєво відрізнялась в досліджуваних системах землеробства. За екологічної системи їх чисельність була досить високою, і становила 182,5 тис. КУО/г за оранки та 867,8 – поверхневого обробітку; за промислової – 655,0 і 454,3 відповідно обробітку ґрунту й значно збільшувалась за біологічної, відповідно, 842,1 та 367,9 тис. Збільшення чисельності спороутворюючих бактерій у 16,8 раз відбувалося за промислової й майже в 7,5 разів за екологічної систем землеробства з оранкою, порівняно з біологічною (7145,3 та 9145,4 тис/г ґрунту за оранки та поверхневого обробітку відповідно), що свідчить про активну участь вищезазначених груп у процесах трансформації органічних решток.

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 досліду.

У фазу цвітіння ячменю ярого загалом було описано 85 морфотипів (рис. 2). За даними показниками виділяли наступні групи видів мікроорганізмів: домінанти (> 10%), субдомінанти (5 – 10%), часто трапляються (1 – 5%), випадкові (< 1%). Серед них домінуючих – 21, субдомінуючих – 14, що часто трапляються – 40 і випадкових – 8 штук. Значний вплив на структуру розподілу різних груп виявлених морфотипів мали системи землеробства та обробітку ґрунту.

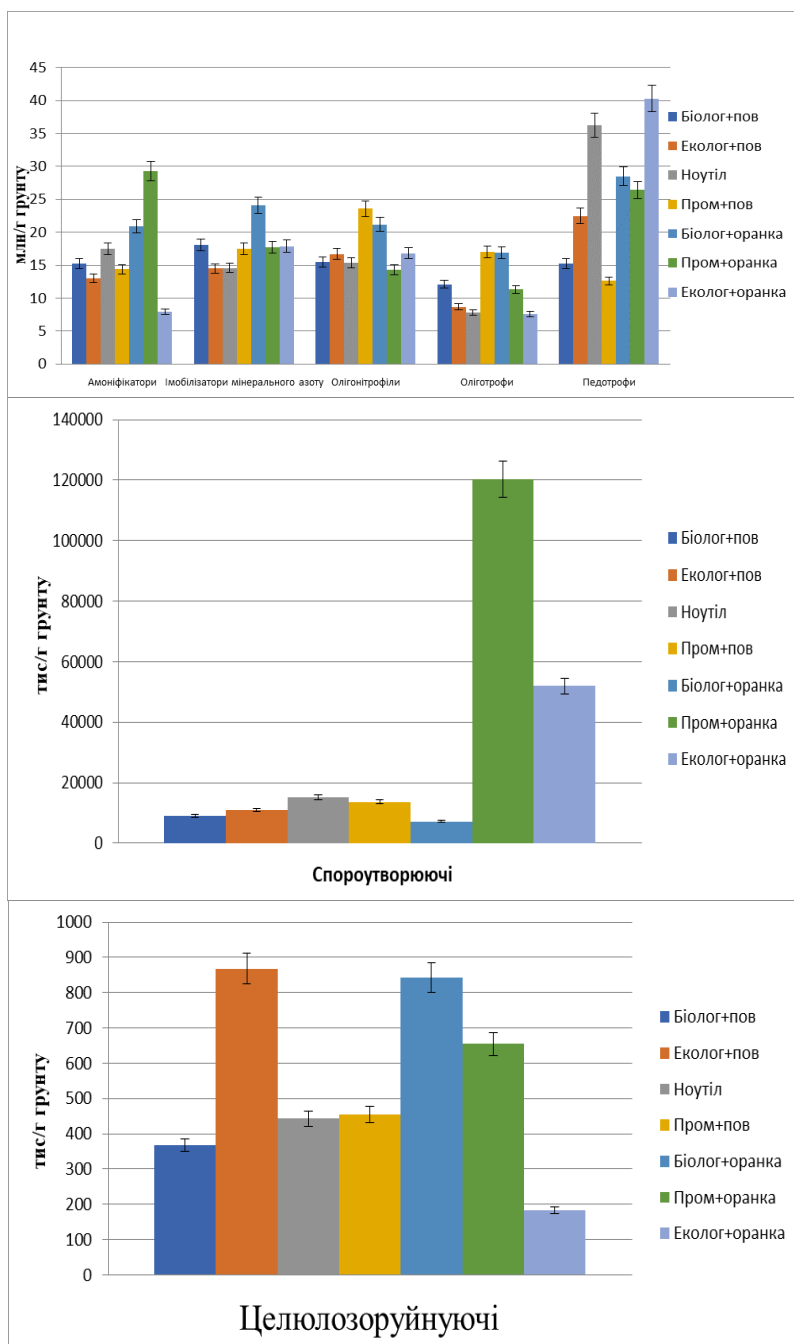


Рис. 1. Чисельність мікроорганізмів основних фізіологічних груп чорнозему типового у фазі цвітіння ячменю ярого

Так, за промислової системи землеробства з поверхневим обробітком ґрунту структура бактеріального комплексу включала 2 домінуючих, 4 субдомінуючих і 12 видів, що часто трапляються. Відбувалось удвічі збільшення видів, що часто

трапляються, за поверхневого обробітку, спостерігалась активізація та включення в структуру мікробоценозу випадкових видів, що характеризує збільшення різноманіття мікробних ценозів.

За екологічної та біологічної систем землеробства кількість колоній у структурі бактеріального комплексу зменшилась до 7-10, але значно збільшилась кількість домінуючих видів (5-10). За біологічної системи землеробства у структурі мікробного комплексу спостерігалась активізація випадкових форм, частка яких склала 23,5 % від загального числа морфотипів.

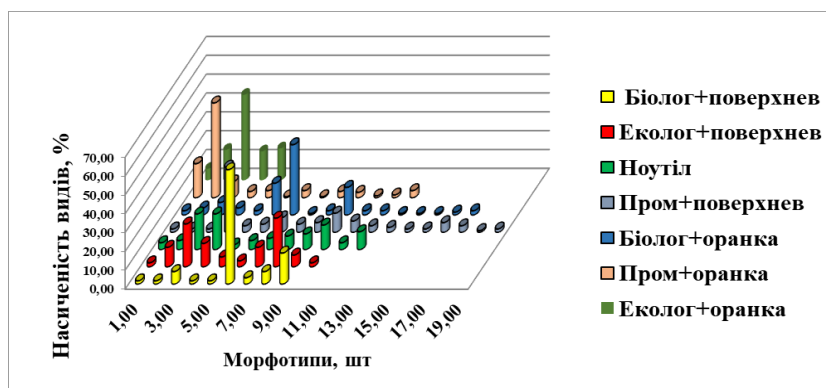


Рис. 2. Вплив систем землеробства та обробітку ґрунту на якісний склад прокаріот чорнозему типового (фаза цвітіння ячменю ярого)

У кінці вегетації ячменю ярого спостерігалось більш-менше вирівнювання структури мікробного ценозу за рахунок перерозподілу чисельності основних фізіологічних груп мікроорганізмів за варіантами дослідження (рис. 3). Порівняно з фазою цвітіння, чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів за екологічної системи землеробства значно зменшилась і становила 1,5 та 1,8 млн залежно від обробітку ґрунту. За біологічної системи їх чисельність теж зменшилась, але не настільки значно й становила, відповідно, 10, 1 та 2,4 млн. Відбувалося зростання чисельності амоніфікаторів за екологічної системи землеробства до 24,5 за поверхневого обробітку та 2,9 млн – оранки.

Значно зменшилась кількість олігонітрофільної мікрофлори у промисловій системі землеробства (3,5 і 3,9) та за біологічної (2,7 і 2,6 млн відповідно до обробітку ґрунту). Слід зазначити зменшення чисельності оліготрофів за промислової системи землеробства з поверхневим обробітком до 5,9 і зниження з 8,7 (у фазу цвітіння пшениці озимої) до 1,1 – за екологічної системи і з 12,1 до 1,8 млн КґО/г ґрунту за біологічної відповідно, що свідчить про меншу 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.

Порівняно з фазою цвітіння, у кінці вегетації спостерігалось зниження й перерозподіл за варіантами чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів. Негативними факторами були високі температури повітря й недостатня зволоженість у даний період. Так, за промислової системи землеробства їх чисельність знизилася до 105,7 і 105,2 тис. за поверхневого обробітку та оранки, за екологічного – до 101,6 та 175,7, а за біологічної – до 42,8 та 368,6 тис відповідно.

Чисельність мікроміцетів чорнозему типового суттєво збільшилась, порівнюючи з

фазою цвітіння пшениці озимої, й становила 1571,8–5324,1 тис. КУО/г ґрунту. У цю фазу відбувалося накопичення органічної речовини ґрунту за рахунок надземної та підземної біомаси рослин.

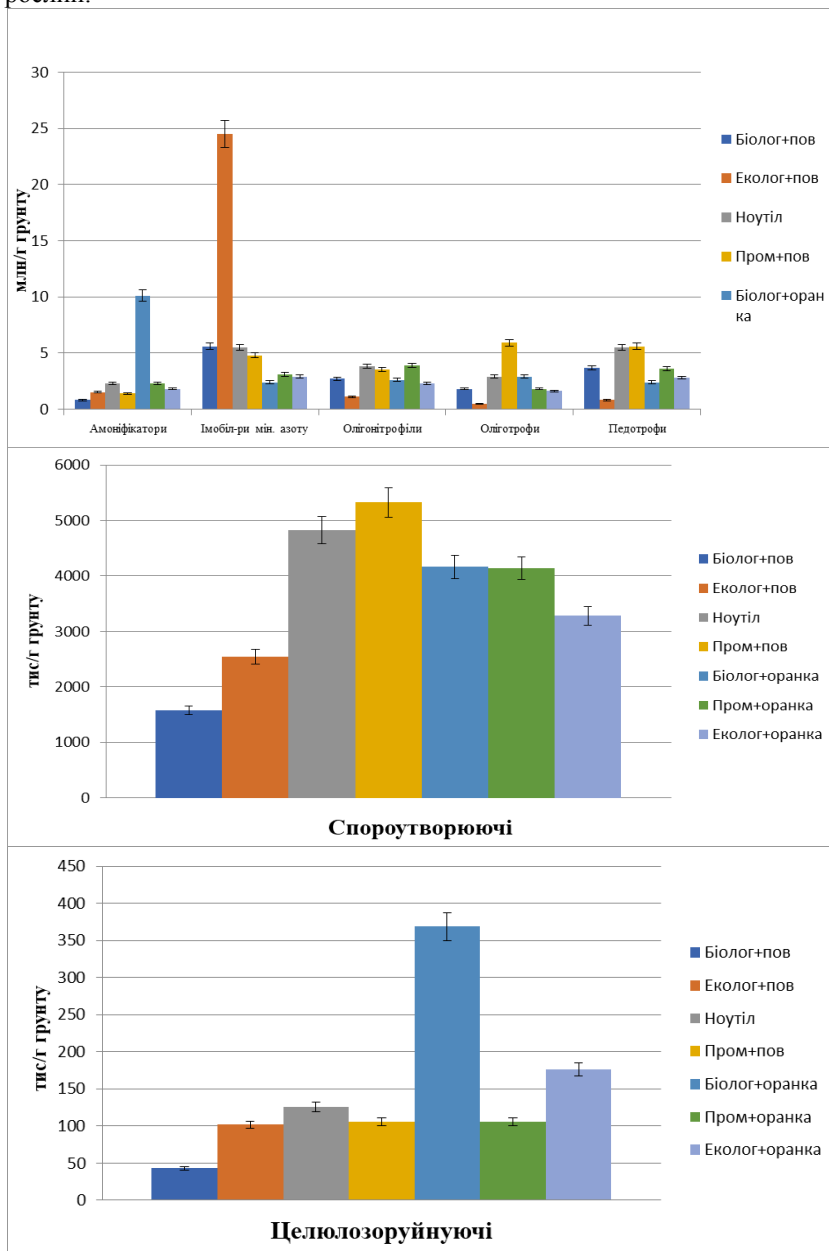


Рис. 3. Чисельність мікроорганізмів основних фізіологічних груп чорнозему типового у фазі воскової стиглості ячменю ярого

Спостерігалось зменшення чисельності виявлених морфотипів (рис. 4). Кількість виявлених морфотипів – 44 штуки. Домінуючих серед них було 20 шт., субдомінуючих – 20 шт., й тих, що часто трапляються, – 14 шт.

За поверхневого обробітку ґрунту у структурі мікробного комплексу домінуючих морфотипів було виявлено 38,9%. За оранки їх частка становила: 33,3% за промислової, 50% – за екологічної та 18 % – біологічної. Основна частка мікроорганізмів, що часто трапляються, за промислової системи склала 33%, екологічної – 18%, біологічної – 17,6% відповідно систем обробітку ґрунту.

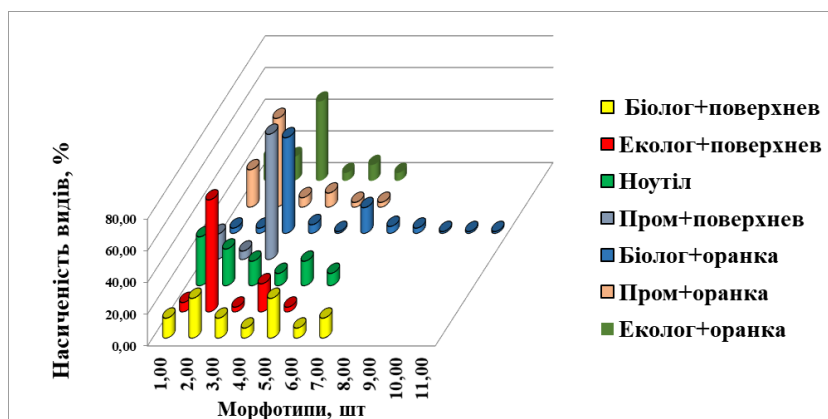


Рис. 4. Вплив систем землеробства та обробітку ґрунту на якісний склад прокаріот чорнозему типового (фаза воскової стиглості ячменю ярого)

Порівняльна оцінка екологічних індексів формування мікробіоти чорнозему типового показала значний зв'язок між показниками біорізноманіття Шеннона та домінування Сімпсона у різні фази онтогенезу ячменю ярого (див. табл.1).

За промислової системи землеробства індекс різноманіття бактеріальної мікрофлори був на середньому рівні (1,05 – за поверхневого обробітку та 0,74 – за оранки). Індекс домінування Сімпсона за промислової системи землеробства свідчить про формування однорідного мікробного комплексу чорнозему типового з високим ступенем домінування певних морфотипів бактеріальної мікрофлори за оранки.

Таблиця 1 - 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	поверхневий	1,05	0,15	0,27	0,65
	оранка	0,74	0,30	0,54	0,38
Біологічна	поверхневий	0,58	0,41	0,79	0,18
	оранка	0,90	0,20	0,62	0,18
Екологічна	поверхневий	0,87	0,16	0,40	0,53
	оранка	0,61	0,29	0,63	0,31
Ноутіл		0,99	0,12	0,73	0,21

Зростання індексу біорізноманіття у кінці вегетації пшениці до 0,79 за біологічної системи землеробства з поверхневим обробітком обумовлено накопиченням у ґрунті поживних для мікроорганізмів легкозасвоюваних речовин. Застосування промислової системи землеробства призводило до зниження різноманіття (0,27 й 0,54 відповідно). Зниження індексу домінування Сімпсона за біологічної системи свідчить про формування стабільних гомеостатичних систем ґрунтових мікроорганізмів, що сприяє

рівномірному розподілу видів і розширенню складності й трофічних зв'язків мікробного ценозу.

Висновки і перспективи: 1. Застосування екологічної та промислової систем землеробства дає можливість оптимізувати мікробіологічні процеси в період активної вегетації ячменю ярого, що сприяє створенню умов для збільшення чисельності амоніфікувальних бактерій в 2,6–3,7 рази, олігонітрофільних - в 1,6–2,4, що використовують мінеральні форми азоту, в 2,5–6,5 спороутворюючих і в 1,5– рази целюлозоруйнівних мікроорганізмів.

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.

Список використаних джерел

1. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Москва : Наука, 1980. 287 с.
2. Антипчук А. Ф., Піляшенко-Новохатний А. І., Євдокименко Т. М. Практикум з мікробіології. Київ : Університет «Україна», 2011. 156 с.
3. Андреев К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. Київ : Обереги, 2001. 240 с.
4. Добровольская Т. Г. Структура бактериальных сообществ почв. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2002. 282 с.
5. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: Монографія / за наук. ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграр. Наука, 2010. 464 с.
6. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. 3-е изд., испр. и доп. Москва : Изд-во МГУ, 2005. 445 с.
7. Патица В. П., Патица М. В. Біопрепарати в біоорганічному землеробстві. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2006. Вип. 4. С. 7–20.
8. Патица М. В., Колодяжний О. Ю., Груша В. В. та ін. Основи механізмів функціонального формування процесів відтворення та управління ґрунтовою родючістю в землеробстві України. *Бюлетень Асоціації учасників біовиробництва «БЮЛан Україна»*. 2014. № 11. С. 16.
9. Патыка Н. В., Круглов Ю. В., Шейн Е. В. Прокариотические микроорганизмы почвы: структура и функциональное разнообразие. Тезисы докладов XIII Съезда общества микробиологов Украины им. С. Н. Виноградского. Ялта, 2013. С. 46.
10. Щербаков А. П., Свистова И. Д., Мальхина Н. В. Агроэкологический биомониторинг: влияние удобрений на структуру комплекса микромитетов чернозема. *Вестник ВГУ. Серия химия, биология*. 2001. № 2. С. 39–44.

Дата надходження статті до редакції: 19.01.2019
Рецензування 21.02.2019 Прийняття в друк: 27.06.2019

Kiroyants M.O.

Postgraduate student

Email: Midiya1993@gmail.com

National University of Biology and Natural Resources of Ukraine

Kyiv, Ukraine

FORMING THE MICROBIAL COMPLEX OF TYPICAL BLACK-SOIL IN SPRING BARLEY AGROFITOCENOSIS FOR DIFFERENT AGRICULTURE SYSTEMS

Abstract

Microbial coenosis is one of the most diverse and widespread types of spatial-functional organization of living groups on Earth.

The article presents the results of studies that rely on the study of the qualitative and quantitative composition of the microbial complex, which transforms the organic matter of typical black soil of spring barley cultivation in various farming systems. The study of the typical microbial flora of the black soil was carried out on the basis of the stationary field experience of the Department of Agriculture and Herbology of NULES of Ukraine "Agronomic Experimental Station". The territory of the studied field is located in the right-bank part of the Forest-Steppe of Ukraine. The experiments were conducted on biological, ecological and industrial systems of agriculture; processing - plowing and superficial; and the system of no-till as a control was also studied. The number of microorganisms of the main physiological and taxonomic groups was determined by the method of sowing soil suspensions on the respective elective nutrient media. In the article a comparative analysis of the formation of the microbial complex of typical black soil in spring barley agrophytocenoses was conducted. The qualitative composition of the microbial complex was studied on the basis of the representation of morphological and cultural types. According to the results of the analysis, the level of differentiation of the number of major physiological and taxonomic groups of microorganisms of the rhizosphere of plants was studied. One of the main goals of the study is the long-term development, formation and realization of the best agents of the rhizospheric environment of the RSL to optimize the growth and development of barley against the backdrop of reducing the use of mineral fertilizers.

Keywords: *barley; microbial complex; structure of agrophytocenoses; biodiversity; typical black soil; system of agriculture; tillage.*

References

1. Aleksandrova, L. N. (1980). *Organicheskoe veshhestvo pochvy i processy ego transformacii [Organic matter of the soil and the processes of its transformation]*. Moscow : Nauka. [in Russ.]
2. Antipchuk, A.F., Piljashenko-Novohatnij, A.I., & Evdokimenko, T.M. (2011). *Praktikum z mikrobiologii [Workshop with microbiology]*. Kiiv : Universitet «Ukraïna». [in Ukrainian]
3. Andrejuk, K. I., Iutins'ka, G. O., & Antipchuk, A. F. (2001). *Funkcionuvannja mikrobnih cenziv gruntu v umovah antropogennogo navantazhennja [Functioning of microbial cenoses of the soil under conditions of anthropogenic load]*. Kiiv : Oberegi. [in Ukrainian]
4. Dobrovol'skaja, T. G. (2002). *Struktura bakterial'nyh soobshhestv pochv [The structure of bacterial communities of soils]*. Moscow : IKC «Akademkniga». [in Russ.]
5. Volkogon, V. V. (Ed.), Nadkernichna, O. V., Tokmakova, L. M. et al. (2010). *Eksperimental'na truntova mikrobiologija: Monografija [Experimental soil microbiology]*. Kyiv : Agrar. Nauka. [in Ukrainian]
6. Zvjagincev, D. G., Bab'eva, I. P., Zenova, G. M. (2005). *Biologija pochv [Soil Biology]*. 3-e izd., ispr. i dop. Moscow : Izd-vo MGU. [in Ukrainian]
7. Patika, V. P., & Patika, M. V. (2006). *Bioprepari v bioorganichnomu zemlerobstvi [Biological products in bioorganic farming]*. *Sil's'kogospodars'ka mikrobiologija*, 4, 7–20. [in Ukrainian]
8. Patika, M. V., Kolodjazhnyj, O. Ju., Grusha, V. V. ta in. (2014). *Osnovi mehanizmv funkcional'nogo formuvannja procesiv vidtvorennja ta upravlinnja truntovoju rodjuchistju v zemlerobstvi Ukraïni [Fundamentals of the mechanisms of the functional formation of processes of reproduction and soil fertility management in agriculture of Ukraine]*. *Bjuleten' Asociacii uchasnykiv biovirobnictva*

«*BIOLan Ukraïna*», 11, 16. [in Ukrainian]

9. Patyka, N. V., Kruglov, Ju. V., & Shein, E. V. (2013). Prokarioticheskie mikroorganizmy pochvy: struktura i funkcional'noe raznoobrazie [Prokaryotic soil microorganisms: structure and functional diversity]. *Abstracts of the KhVIII Congress of the Society of Microbiologists of Ukraine named after S.N. Vinogradsky*. Jalta. [in Russ.]

10. Shherbakov, A. P., Svistova, I. D., & Malyhina, N. V. (2001). Agrojekologicheskij biomonitoring: vlijanie udobrenij na strukturu kompleksa mikromicetov chernozema [Agroecological biomonitoring: the effect of fertilizers on the structure of the micromycete complex of chernozem]. *Vestnik VGU. Serija himija, biologija*, 2, 39-44. [in Russ.]

Received 01/19/2019

Revision 02/21/2019 Accepted November 06/27/2019