

УДК 579.64:631.81:633.34

Особливості формування чисельності мікроорганізмів та спрямованість мікробних процесів ґрунту за вирощування пшениці озимої

С. О. Гудзь

ННЦ Інститут біології та медицини Київського національного університету імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна, e-mail: sergii.pharm@gmail.com

Мета. Виявити особливості мікробіологічних процесів, що відбуваються в ґрунті та ризосфері за вирощування пшениці м'якої озимої з використанням різних систем удобрення. **Методи.** Мікробіологічними методами визначали вміст у ґрунті та в ризосфері амоніфікувальних, амілолітичних, педотрофних, оліготрофних мікроорганізмів. Спрямованість мікробіологічних процесів ґрунту та ризосфери розраховували за допомогою коефіцієнтів: мінералізації–імобілізації, оліготрофності та педотрофності. **Результати.** За екологічної системи удобрення чисельність амілолітичних мікроорганізмів в фазу початку виходу в трубку культури була меншою на 35,5 %, у фазі колосіння на 3,4 % та у фазі молочно-воскової стиглості на 13,5 % порівняно з промисловою системою удобрення. Аналогічні результати були отримані нами за біологічної системи удобрення. А от педотрофних мікроорганізмів за екологічного та біологічного варіантів удобрення у фазі початку виходу в трубку було на 9,7 та 15,5 % більше чим на промисловій системі удобрення, а у фазі колосіння на 2,9 та 16,0 %, а у фазі молочно-воскової стиглості – 9,5 та 25,0 % відповідно. Чисельність оліготрофних мікроорганізмів була вищою при застосуванні промислової системи удобрення у фазі початку виходу в трубку та колосіння. А от у фазі молочно-воскової стиглості чисельність оліготрофних мікроорганізмів зростала в тому числі і на варіантах екологічної та біологічної систем удобрення. **Висновки.** Застосування екологічної системи удобрення зі збалансованим поєднанням мінеральних та органічних добрив і біологічної системи удобрення із сучасними органічними добривами та гуматами сприяє збільшенню активності мікробіоти ґрунту та поліпшенню перебігу процесів трансформації органічних сполук.

Ключові слова: мікробні процеси, система удобрення, пшениця озима, ґрунтова мікробіота.

Вступ

Мікроорганізми ґрунту є одним з важливих факторів агробіоценозів. Адже ріст та розвиток сільськогосподарських рослин невідривно пов'язаний не тільки з елементами технології вирощування їх а першочергово з взаємодією з ґрунтом та біотою ґрунту. А тому процеси формування родючості ґрунту є основою сталого та безпечного розвитку сільськогосподарської галузі взагалі. А це значить що лише вивчення і виявлення особливостей функціонування мікробних ценозів дозволяє сформувати уявлення про усі компоненти агроценозу [1, 2].

Варто зазначити, що чисельність мікробних популяцій у ґрунті визначається не тільки сезонними коливаннями едафічних факторів (вміст елементів живлення, температура ґрунту, наявність доступної вологи тощо), а й від вирощуваних сільськогосподарських культур [3, 4].

Кількісний склад ґрунтової мікробіоти не є показником родючості ґрунту, адже в певні проміжки часу набувають інтенсивного розвитку мікроорганізми що засвоюють органічний азот, мінеральні його форми, целюлозоруйнівні мікроорганізми та представники інших еколого-трофічних груп. Як наслідок замість збільшення родючості ґрунту може спостерігатись зниження вмісту мінеральних форм азоту та його накопичення у мікробних

РОСЛИНИЦТВО

клітинах. За таких умов мікроорганізми можуть ставати конкурентами рослин за фактори мінерального живлення [5, 6].

Нестачу елементів живлення у ґрунті людина традиційно намагається скоригувати за рахунок застосування більших їх кількостей. Що, у свою чергу, веде до формування більшого рівня антропогенного навантаження ґрунтів, погіршуючи їх агрохімічні та біологічні характеристики. Так, під впливом більших норм добрив суттєво змінюється комплекс мікробіологічних показників, відбуваються зміни, передусім, біорізноманіття та структури основних фізіологічних груп мікроорганізмів, що тільки погіршує перебіг мікробіологічних процесів у ґрунті [7, 8, 12].

Мета досліджень – виявити особливості мікробіологічних процесів, що відбуваються в ґрунті та ризосфері за вирощування пшениці м'якої озимої з використанням різних систем удобрення.

Матеріали та методика досліджень

Полеві дослідження виконували в 2016–2019 рр. на Білоцерківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, а лабораторні в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, ННЦ Інститут біології та медицини, кафедра мікробіології та імунології.

Як контрольний варіант використовували сучасну промислову систему удобрення, а за біологічної системи використовували виключно сучасні органічні добрива, рослинні рештки та гумати (табл. 1).

Таблиця 1

Система удобрення пшениці в короткоротаційній сівозміні

№ з/п	Варіант системи удобрення	Основне удобрення	Передпосівне удобрення	Удобрення по вегетації
1	Біологічна	пожнивні рештки сої (2–3 т/га) + Біогумус (вермикомпост) «ЕКОЧУДО» 500 кг/га	обробка насіння біодобривом Вермісол 10 л/т	Квантум – ГУМАТ, 0,7 л/га
2	Екологічна	пожнивні рештки сої (2–3 т/га) + N ₂₂ P ₂₂ K ₂₂	обробка насіння біодобривом Вермісол 10 л/т + під культивуацію N ₈ P ₈ K ₈	підживлення весною N _{16,5}
3	Промислова	N ₄₄ P ₄₄ K ₄₄	під культивуацію N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	підживлення весною N ₃₃

Погодні умови в роки досліджень були характерними для зони нестійкого зволоження центрального Лісостепу України і сприятливими для вирощування пшениці м'якої озимої.

Ґрунт дослідного поля чорнозем типовий глибокий мало гумусний крупнопилувато-середньосуглинковий: вміст гумусу – 3,5 %, загального азоту – 0,31 %; гідролітична кислотність – 2,41 мг-екв, легкогідролізованого азоту (N) – 13,4 мг/100 г ґрунту, P₂O₅ – 27,6 мг/100 г ґрунту, K₂O – 9,8 мг/100 г ґрунту.

Для мікробіологічних аналізів відбирали по 10 г ґрунту з кожного варіанту досліду, досліди проводили у трьох повторях. Наважки переміщували у стерильні ступки і диспергували мікроорганізми методом Д. Зв'ягінцева. Десятикратні розведення вихідної ґрунтової суспензії використовували для висівання на селективні середовища.

Чисельність мікроорганізмів визначали методом висівання ґрунтової суспензії на стандартні поживні середовища: амоніфікуючі бактерії – на м'ясопептонному агарі (МПА), стрептоміцети і бактерії, що використовують мінеральний нітроген (амілолітичні) – на крохмаль-аміачному агарі (КАА), педотрофні – на ґрунтовому агарі (Гра), мікроміцети – на

середовищі Чапека, оліготрофні мікроорганізми – на голодному агарі (ГА)(компанія-виробник середовищ TITAN BIOTECH LTD, Індія), неспоріві бактерії на капустияному агарі (КА) (виготовлено самостійно). Після засіву поживних середовищ їх інкубували при температурі 28 °С упродовж 5–14 діб (залежно від швидкості росту мікроорганізмів певних груп) [9, 11].

Кількість мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) на 1 г абсолютно сухого ґрунту. Для цього термостатно-ваговим методом визначали вологість зразка ґрунту, взятого для дослідів, і перераховували отриману кількість колоній з урахуванням коефіцієнта вологості та розведення ґрунтової суспензії. Досліди проводили в трьох повторах. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті визначали за коефіцієнтами мінералізації–імобілізації, оліготрофності, педотрофності [10, 11].

Статистичний аналіз виконували методом дисперсійного аналізу в комп'ютерних програмах Excel та Statistica – 6.0 [13].

Результати досліджень

Проведені дослідження з вивчення основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів за вирощування пшениці озимої показали, що на час початку виходу в трубку ґрунт був більш збагачений мікроорганізмами порівняно з попередньою культурою. Це можна пояснити не тільки впливом попередника, а й осінніми закономірностями розвитку пшениці озимої, адже на час весняного відновлення вегетації рослини мали фізіологічно активну кореневу систему та більш активніше взаємодіяли з мікробіотою ґрунту а ніж пізні ярі культури.

Відповідно впродовж вегетації пшениці озимої чисельність основних груп мікроорганізмів зростала, набуваючи максимуму у фазу молочно-воскової стиглості. Такі особливості розвитку ґрунтових мікроорганізмів на нашу думку пов'язані з ранніми строками її досягання та збирання (липень), та власне активним відновленням мікробіоти за рахунок взаємодій з кореневою системою з ранньої весни.

В той час як пізні ярі культури повільно взаємодіють з мікробіотою ґрунту на початку своєї вегетації та максимум мікробіологічної активності ґрунту приходить на липень–серпень – період активного розвитку цих культур. А от період досягання їх припадає уже на вересень – коли мікробіологічні процеси ґрунту зменшуються в силу впливу природних умов.

На час початку виходу в трубку величина кількісного складу амоніфікуючих мікроорганізмів порівняно з промисловою системою удобрення на варіантах дослідів що передбачав застосування екологічної та біологічної систем удобрення зростала на 5,5 та 19,7 %, а от в фазу колосіння пшениці озимої чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів зросла на 40,0 та 45,7 % порівняно з промисловою системою удобрення.

А от в фазу молочно-воскової стиглості чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів за промислової системи удобрення була мінімальною в досліді порівняно з іншими варіантами систем удобрення. Що на нашу думку пов'язано з вичерпанням запасів доступного рослинам мінерального азоту, що відповідним чином відобразилось і на закономірностях розвитку мікроорганізмів.

Відповідно за внесення мінеральних добрив активізувався розвиток мікроорганізмів що використовують азот мінеральних сполук. Так, за екологічної системи удобрення пшениці озимої чисельність амілолітичних мікроорганізмів в фазу початку виходу в трубку культури була меншою на 35,5 %, в фазу колосіння на 3,4 та в фазу молочно-воскової стиглості на 13,5 % порівняно з промисловою системою удобрення. Аналогічні результати були отримані нами за біологічної системи удобрення.

Досліджено, що перевага педотрофних мікроорганізмів спостерігалась за екологічного та біологічного варіантів удобрення. Так, в фазу початку виходу в трубку їх було на 9,7 та 15,5 % більше чим на промисловій системі удобрення, а в фазу колосіння на 2,9 та 16,0 %, а в фазу молочно-воскової стиглості – 9,5 та 25,0 % відповідно.

Дослідженнями встановлено, що чисельність оліготрофних мікроорганізмів була вищою при застосуванні промислової системи удобрення в фазу початку виходу в трубку та

РОСЛИНИЦТВО

колосіння. А от в фазу молочно-воскової стиглості чисельність оліготрофних мікроорганізмів зростала в тому числі і на варіантах екологічної та біологічної систем удобрення.

Таблиця 2

**Динаміка чисельності ґрунтових мікроорганізмів
в агрофітогеоценозах пшениці озимої за різних систем удобрення
(середнє за 2016–2019 рр.)**

Етапи вегетації пшениці м'якої озимої	Чисельність мікроорганізмів, млн КУО/г ґрунту	Система удобрення			НІР _{0,05}
		промислова (контроль)	екологічна	біологічна	
Початок виходу в трубку	Амоніфікуючі (МПА)	4,93	5,20	5,90	0,20
	Амілолітичні (КАА)	5,81	3,75	4,78	0,24
	Педотрофні (ПА)	4,72	5,18	5,45	0,23
	Оліготрофні (ГА)	9,26	6,22	8,15	0,41
	Мікроміцети*	23,70	30,64	26,43	1,10
Колосіння	Амоніфікуючі (МПА)	7,90	11,06	11,51	0,31
	Амілолітичні (КАА)	7,01	6,77	6,80	0,24
	Педотрофні (ПА)	6,83	7,03	7,92	0,34
	Оліготрофні (ГА)	7,92	4,97	5,30	0,32
	Мікроміцети*	34,30	36,43	38,50	1,18
Молочно-воскова стиглість	Амоніфікуючі (МПА)	4,94	5,06	7,34	0,27
	Амілолітичні (КАА)	15,89	13,74	10,82	0,73
	Педотрофні (ПА)	12,27	13,44	15,34	0,65
	Оліготрофні (ГА)	11,24	12,87	13,22	1,88
	Мікроміцети*	43,22	53,00	49,84	1,23

*чисельність 10³

Дослідженнями встановлено, що чисельність оліготрофних мікроорганізмів була вищою при застосуванні промислової системи удобрення в фазу початку виходу в трубку та колосіння. А от в фазу молочно-воскової стиглості чисельність оліготрофних мікроорганізмів зростала в тому числі і на варіантах екологічної та біологічної систем удобрення.

Аналіз загальної кількості мікроскопічних грибів показав, що на варіантах екологічної та біологічної систем удобрення їх чисельність була вищою порівняно з промисловою системою по всіх фазах розвитку пшениці озимої.

Більш повно охарактеризувати особливості впливу мікроорганізмів на ріст та розвиток рослин пшениці озимої можна визначивши їх чисельність в ризосфері. Так, показники основних агрономічно корисних груп мікроорганізмів залежно від фаз розвитку культури та систем удобрення наведено в таблиці 3.

В цілому якщо аналізувати результати вивчення мікроорганізмів в одиниці об'єму ризосферного ґрунту, то щільність мікробних клітин була вищою на усіх еколого-трофічних угрупованнях мікроорганізмів.

За застосування екологічної та біологічної систем удобрення в фазу початку виходу в трубку чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів зроста на 30,9 та 47,7 %, а в фазу колосіння відповідно була вищою на 13,1 % та 23,3 %, а в фазу молочно-воскової стиглості на 15,9 та 27,1 % порівняно з промисловою системою удобрення.

Відповідно досліджено, що за екологічної системи удобрення пшениці озимої чисельність амілолітичних мікроорганізмів в фазу колосіння пшениці озимої була меншою на 11,6 % порівняно з промисловою системою удобрення, а за біологічної системи удобрення на 25,0, та в фазу молочно-воскової стиглості відповідно на 12,8 та 38,7 % менше чим на контрольному варіанті.

РОСЛИНИЦТВО

А от чисельність педотрофних мікроорганізмів в ризосфері пшениці озимої навпаки була визначена як максимальна за екологічного та біологічного варіантів її удобрення. Так, в фазу початку виходу в трубку за цих систем удобрення педотрофних мікроорганізмів було на 35,5 % та 57,8 % більше чим на промисловій системі, в фазу колосіння на 14,1 % та 11,8 %, а в фазу молочно-воскової стиглості на 38,7 % та 41,7 % відповідно.

Таблиця 3

**Динаміка чисельності ґрунтових мікроорганізмів
в ризосфері пшениці озимої за різних систем удобрення
(середнє за 2016–2019 рр.)**

Етапи вегетації пшениці м'якої озимої	Чисельність мікроорганізмів, млн КУО/г ґрунту	Система удобрення			НІР _{0,05}
		промислова (контроль)	екологічна	біологічна	
Початок виходу в трубку	Амоніфікуючі (МПА)	6,44	8,43	9,51	0,26
	Амілолітичні (КАА)	7,52	7,30	7,21	0,21
	Педотрофні (ПА)	6,23	8,44	9,83	0,25
	Оліготрофні (ГА)	8,92	8,12	8,82	0,24
	Мікроміцети*	14,20	19,76	19,80	1,12
Колосіння	Амоніфікуючі (МПА)	10,64	12,03	13,12	1,14
	Амілолітичні (КАА)	10,82	9,56	9,43	1,05
	Педотрофні (ПА)	16,84	19,22	18,82	1,42
	Оліготрофні (ГА)	9,03	8,32	10,63	0,34
	Мікроміцети*	26,35	35,64	37,74	1,58
Молочно-воскова стиглість	Амоніфікуючі (МПА)	12,47	14,45	15,85	1,24
	Амілолітичні (КАА)	27,54	20,65	16,87	1,53
	Педотрофні (ПА)	19,89	27,59	28,18	1,05
	Оліготрофні (ГА)	16,00	13,02	14,07	1,18
	Мікроміцети*	40,81	46,02	45,92	1,90

*чисельність 10^3

В той же час, аналогічно даним чисельності мікроорганізмів в ґрунті чисельність оліготрофних мікроорганізмів в ризосфері пшениці озимої була найвищою при застосуванні промислової системи удобрення.

Вивчення чисельності мікроміцетів в ризосфері пшениці озимої підпадає під аналогічні закономірності з дослідження їх чисельності в ґрунті. Так, визначено, що на варіантах використання екологічної та біологічної систем удобрення їх чисельність була максимальною порівняно з промисловою системою. Так, в фазу колосіння пшениці озимої на екологічній системі мікроміцетів було на 35,3 % а на біологічній на 43,2 % вище контролю, а в фазу молочно-воскової стиглості відповідно на 12,8 % та 12,5 %. Причому їх чисельність зростала по мірі вегетації культури, що викликано відповідною активізацією переробки рослинних решток з високим вмістом клітковини.

Показник особливостей формування динаміки чисельності неспорової мікрофлори ґрунту в агрофітоценозах та ризосфері пшениці озимої за різних систем удобрення подано в таблиці 4.

Як показали результати проведених досліджень неспорові бактерії в ризосфері пшениці озимої розвивались більш активніше, адже коренева система допомагає даним бактеріям вижити за погіршення умов навколишнього середовища до критичних рівнів.

Відповідно визначено, що кількість неспорових мікроорганізмів по мірі вегетації пшениці озимої збільшувалась та її максимальна чисельність спостерігалась в ризосфері в фазу молочно-воскової стиглості зерна за екологічної та біологічної системи удобрення, що на 17,6 % та 33,9 % вище показників контрольного варіанту.

Динаміка чисельності неспорової мікрофлори ґрунту в агрофітоценозах та ризосфері пшениці озимої за різних систем удобрення, млн КУО в 1 г ґрунту (середнє за 2016–2019 р.)

Етапи вегетації культури	Система удобрення					
	промислова		екологічна		біологічна	
	ґрунт	ризосфера	ґрунт	ризосфера	ґрунт	ризосфера
Початок виходу в трубку	6,30	6,45	7,31	7,80	5,43	6,40
Колосіння	6,10	6,53	6,53	7,08	6,00	7,43
Молочно-воскова стиглість	5,22	9,89	5,34	11,63	4,46	13,24
НІР _{0,05}	0,14	0,21	0,28	0,40	0,25	0,56

Параметри мікробіологічних коефіцієнтів інтенсивності протікання ґрунтово-біологічних процесів в агрофітогеоценозах пшениці озимої за різних систем удобрення наведено в таблиці 5.

Мікробіологічні коефіцієнти інтенсивності протікання ґрунтово-біологічних процесів в агрофітогеоценозах пшениці озимої за різних систем удобрення (середнє за 2016–2019 рр.)

Мікробіологічні коефіцієнти	Системи удобрення								
	промислова (контроль)			екологічна			біологічна		
	етапи вегетації культури								
	початок виходу в трубку	колосіння	МОЛОЧНО-ВОСКОВА СТИГЛІСТЬ	початок виходу в трубку	колосіння	МОЛОЧНО-ВОСКОВА СТИГЛІСТЬ	початок виходу в трубку	колосіння	МОЛОЧНО-ВОСКОВА СТИГЛІСТЬ
Мінералізації–імобілізації азоту (КАА/МПА)	1,17	1,02	2,21	0,87	0,79	1,43	0,76	0,72	1,06
Педотрофності (ПА/МПА)	0,83	1,58	1,60	1,00	1,60	1,91	1,03	1,43	1,78
Оліготрофності (ГА/МПА)	1,38	0,85	1,28	0,96	0,69	0,90	0,93	0,81	0,89

Переважає параметр коефіцієнту мінералізації–імобілізації азоту у варіанті промислової системи удобрення за усіх досліджуваних фаз розвитку рослин пшениці озимої свідчить про спрямованість процесів деструкції органічної речовини над синтезом. На варіантах екологічної та біологічної систем удобрення показники коефіцієнту були значно нижчими і лише в фазу молочно-воскової стиглості спостерігалась деструкція органічної речовини викликані значною потребою рослин в азоті для формування зерна.

Зростання коефіцієнту педотрофності свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту, а тому за застосування промислової системи удобрення показники коефіцієнту педотрофності були доволі високими в фазу колосіння та молочно-воскової стиглості (0,86 та 2,49) і лише в фазу кушення його параметри були близькими до показників інших систем удобрення. А от за екологічної та біологічної систем удобрення в періоди найбільш активного споживання елементів живлення коефіцієнт педотрофності були нижчими по досліді в порівнянні з промисловою системою.

РОСЛИНИЦТВО

Максимальні показники коефіцієнту педотрофності по досліді були в фазу молочно-воскової стиглості рослин, що відповідає збільшенню інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту для забезпечення потреб рослин в елементах живлення.

Найбільш високі показники коефіцієнту оліготрофності в фазу початку виходу в трубку спостерігались за промислової системи удобрення, а от на час колосіння відбулось зниження даного коефіцієнту, особливо на варіантах удобрення екологічної та біологічної. Попри нестачу легкозасвоюваних органічних речовин для ґрунтової мікробіоти в фазу молочно-воскової стиглості на усіх варіантах удобрення показники коефіцієнту оліготрофності екологічної та біологічної систем удобрення були кращими порівняно з промисловою системою удобрення.

Наступним кроком нашого дослідження було вивчення питання формування мікробіологічних коефіцієнтів інтенсивності протікання ґрунтово-біологічних процесів в ризосфері пшениці озимої за різних систем удобрення (табл. 6).

Визначення показника коефіцієнту мінералізації-імобілізації азоту в ґрунті в ризосфері пшениці озимої за застосування промислової системи удобрення показало високі значення його в фазу колосіння, що свідчить про переважання процесів деструкції органічної речовини над синтезом.

Таблиця 6

Мікробіологічні коефіцієнти інтенсивності протікання ґрунтово-біологічних процесів в ризосфері пшениці озимої за різних систем удобрення (середнє за 2016–2019 рр.)

Мікробіологічні коефіцієнти	Системи удобрення					
	промислова (контроль)		екологічна		біологічна	
	етапи вегетації культури					
	колосіння	молочно-воскова стиглість	колосіння	молочно-воскова стиглість	колосіння	молочно-воскова стиглість
Мінералізації-імобілізації азоту (КАА/МПА)	1,17	0,74	1,49	0,87	0,79	1,43
Педотрофності (ПА/МПА)	0,97	1,15	1,08	1,00	1,60	1,91
Оліготрофності (ГА/МПА)	1,38	0,62	0,87	0,96	0,69	0,90

Водночас з тим, у варіанті екологічної системи удобрення переважання процесів деструкції над синтезом спостерігалось лише в колосіння, а за біологічної системи удобрення – в фазу молочно-воскової стиглості (1,43).

Отримане значення коефіцієнту педотрофності було високим в пшениці озимої в фазу колосіння на екологічній та біологічній системах (1,08 та 1,60), а в фазу молочно-воскової стиглості особливо за біологічної системи удобрення. Отже, потреба рослин компенсувалась в тому числі й за рахунок розкладання органічних речовин. Однак пшениця озима потребує значної кількості елементів живлення в доволі короткий проміжок часу, а застосування на біологічній системі удобрення добрив нової формуляції передбачає внесення в тому числі значної кількості саме органічних речовин.

Найвище значення коефіцієнту оліготрофності в фазу колосіння рослин пшениці озимої, що відповідає доброму забезпеченню легкозасвоюваними органічними речовинами було в промислової системи удобрення (1,38). А от в фазу молочно-воскової стиглості в екологічної та біологічної систем удобрення спостерігалась хороша забезпеченість ґрунтової мікробіоти легкозасвоюваними органічними речовинами.

Висновки

Аналіз перебігу мікробних процесів в ґрунті, за вирощування пшениці м'якої озимої, показав, що найвища чисельність популяцій мікроорганізмів, що використовують органічний

азот була за обмеження або ж відмови від застосування засобів хімізації втілених у екологічній та біологічній системі удобрення. А от застосування мінеральних добрив суттєво посилювало розвиток мікроорганізмів що використовують азот мінеральних сполук, тому переважно за біологічної системи удобрення в ґрунті був представлений мікробний ценоз збіднений видами, здатними утилізувати мінеральні сполуки азоту. Також встановлено, що більше педотрофних мікроорганізмів було в випадку достатньої кількості органічних добрив, тобто за застосування екологічного та біологічного варіантів удобрення. А от чисельність оліготрофів була вищою за промислової системи удобрення. Також, за застосування екологічної та біологічної систем удобрення рослин чисельність мікроскопічних грибів була максимальною порівняно з промисловою системою, адже достатній вміст клітковини в ґрунті стимулював активізацію розвитку грибної мікрофлори.

Порівняно з аналізом чисельності мікроорганізмів в ґрунті нами встановлено що щільність мікробних клітин в одиниці об'єму ризосферного ґрунту була вищою по відношенні до усіх досліджуваних еколого-трофічних угруповань, а виявлені особливості перебігу процесів закономірно зберігались в динаміці вегетації рослин.

За результатами аналізу коефіцієнтів мінералізації–імобілізації, оліготрофності та педотрофності встановлено, що за біологічної системи удобрення показники коефіцієнту мінералізації–імобілізації азоту були найнижчим, що свідчить про зрівноваження процесів мінералізації та імобілізації. А от підвищення величини коефіцієнту педотрофності, що свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту, зокрема гумусових сполук спостерігалась за застосування промислової системи удобрення. Також, встановлено, що показники коефіцієнту оліготрофності екологічної та біологічної систем удобрення свідчать про хорошу забезпеченість ґрунтової мікробіоти легкозасвоюваними органічними речовинами, та формування оптимальних умов для функціонування ґрунтового мікробного комплексу.

Використана література

1. Borko Yu. P., Patyka M. V., Kolodiaznyi O. Yu. Microbial conenoses of chernozem typical of biological and intensive farming systems. *Agriculture*. 2016. Iss. 1. P. 58–63.
2. Chebanova V. V. Dynamics of fermentative activity of chernozem typical for the use of different types of fertilizers. *Environmental Sciences*. 2019. Vol. 1. P. 82–86.
3. Fedotov G. N., Lysak L. V. The possible role of microorganisms in humus formation in soils. *Biological Sciences*. 2014. Vol. 455, Iss. 1. P. 87–90.
4. Iutynska H. O, Yamborko N. Ya. The stability of soil microbial communities to toxic and mutagenic pesticides in various agricultural technologies of growing crops. *Scientific herald NAU*. 2005. Vol. 81. P. 21–25.
5. Kennedy A. C., Gewin V. L. Soil microbial diversity: Present and future considerations. *Soil Sci*. 1997. Vol. 162, Iss. 9. P. 607–617.
6. Lazcano C., Gómez-Brandón M., Revilla P., Domínguez J. Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biology and fertility of soils*. 2013. Vol. 49, Iss. 6. P. 723–733.
7. Li X., Rui J., Mao Y. Dynamics of the bacterial community structure in the rhizosphere of a maize cultivar. *Soil Biology and Biochemistry*. 2014. Vol. 68. P. 392–401.
8. Філон В. І., Казаков В. А., Ольховський Г. Ф., Залізівський В. С. Методика агрохімічних досліджень. Харків, 2017. 224 с.
9. Люта В. А., Кононов О. В. Практикум з мікробіології. Київ : Медицина, 2018. 184 с.
10. Іутинська Г. О. Мікробні біотехнології для реалізації нової глобальної програми забезпечення сталого розвитку агросфери України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 149–155.
11. Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. Нижний Новгород, 2012. 64 с.

12. Romero-Olivares A. L., Allison S. D., Treseder K. K. Soil microbes and their response to experimental warming over time: A meta-analysis of field studies. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. Vol. 107. P. 32–40. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.12.026

13. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

References

1. Borko, Yu. P., Patyka, M. V., & Kolodiazhnyi, O. Yu. (2016). Microbial conenoses of chernozem typical of biological and intensive farming systems. *Agriculture*, 1, 58–63.

2. Chebanova, V. V. (2019). Dynamics of fermentative activity of chernozem typical for the use of different types of fertilizers. *Environmental sciences*, 1, 82–86.

3. Fedotov, G. N., & Lysak, L. V. (2014). The possible role of microorganisms in humus formation in soils. *Biological Sciences*, 455(1), 87–90.

4. Iutynska, H. O., & Yamborko, N. Ya. (2005). The stability of soil microbial communities to toxic and mutagenic pesticides in various agricultural technologies of growing crops. *Scientific herald NAU*, 81, 21–25.

5. Kennedy, A. C., & Gewin V. L. (1997). Soil microbial diversity: Present and future considerations. *Soil Sci.*, 162(9), 607–617.

6. Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Revilla, P., & Domínguez, J. (2013). Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biology and fertility of soils*, 49(6), 723–733.

7. Li, X., Rui, J., & Mao, Y. (2014). Dynamics of the bacterial community structure in the rhizosphere of a maize cultivar. *Soil Biology and Biochemistry*, 68, 392–401.

8. Filon, V. I., Kazakov, V. A., Olkhovskiy, H. F., & Zalizovskiy, V. S. (2017). *Methods of agrochemical research*. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]

9. Liuta, V. A., & Kononov, O. V. (2018). *Workshop on Microbiology*. Kyiv: Medicine. [in Ukrainian]

10. Iutynska, H. O. (2017). Microbial biotechnology for the implementation of the new global program for sustainable development of the Ukrainian agrosphere. *Agroecological Journal*, 2, 149–155. [in Ukrainian]

11. Titova, V. I., & Kozlov, A. V. (2012). *Methods for assessing the functioning of the soil microbiocenosis involved in the transformation of organic matter*. Nizhny Novgorod: N.p. [in Russian]

12. Romero-Olivares, A. L., Allison, S. D., & Treseder, K. K. (2017). Soil microbes and their response to experimental warming over time: A meta-analysis of field studies. *Soil Biology and Biochemistry*, 107, 32–40. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.12.026

13. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in package Statistica 6.0. Guidelines*. Kyiv: PolyhraphConsaltyng. [in Ukrainian]

УДК 579.64: 631.81: 633.34

Гудзь С. А. Особенности формирования численности микроорганизмов и направленность микробных процессов почвы при выращивании пшеницы озимой // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2019. Вып. 27. С. 131–140.

ННЦ Інститут біології і медицини Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ул. Владимирская, 64/13, г. Киев, 01601, Украина, e-mail: sergii.pharm@gmail.com

Цель. Выявить особенности микробиологических процессов, происходящих в почве и ризосфере при выращивании пшеницы мягкой озимой с использованием различных систем удобрения. **Методы.** Микробиологическими методами определяли содержание в почве и в ризосфере аммонифицирующих, амилалитических, педотрофных, олиготрофных микроорганизмов. Направленность микробиологических процессов почвы и ризосферы

рассчитывали с помощью коэффициентов: минерализации-иммобилизации, олиготрофности и педотрофности. **Результаты.** При экологической системе удобрения численность амилотических микроорганизмов в фазе начала выхода в трубку культуры была меньше на 35,5 %, в фазе колошения на 3,4 и в фазе молочно-восковой спелости на 13,5 % по сравнению с промышленной системой удобрения. Аналогичные результаты были получены нами и при биологической системе удобрения. А вот педотрофных микроорганизмов при экологической и биологической системах удобрения в фазе начала выхода в трубку было на 9,7 и 15,5 % больше, чем при промышленной системе удобрения, а в фазе колошения – на 2,9 и 16,0 %, а в фазе молочно-восковой спелости – на 9,5 и 25,0 % соответственно. Численность олиготрофных микроорганизмов была выше при применении промышленной системы удобрения в фазе начала выхода в трубку и колошения. А вот в фазе молочно-восковой спелости численность олиготрофных микроорганизмов росла в том числе и на вариантах экологической и биологической систем удобрения. **Выводы.** Применение экологической системы удобрения со сбалансированным сочетанием минеральных и органических удобрений и биологической системы удобрения с современными органическими удобрениями и гуматами способствует увеличению активности микробиоты почвы и улучшению течения процессов трансформации органических соединений.

Ключевые слова: микробные процессы; система удобрения; пшеница озимая; почвенная микробиота.

UDC 579.64:631.81:633.34

Hudz, S. O. (2019). Features of the formation of the number of microorganisms and the direction of soil microbial processes in the cultivation of winter wheat. *Nauk. pracі Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 27, 131–140. [in Ukrainian]

NSC Institute of Biology and Medicine of Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13 Volodymyrivska St., Kyiv, 01601, Ukraine, e-mail: sergii.pharm@gmail.com

The aim of the work was to study the peculiarities of microbiological processes occurring in the soil and rhizosphere during the cultivation of soft winter wheat using different fertilizer systems. **Methods.** The content of ammonifying, amylolytic, pedotrophic, oligotrophic microorganisms in the soil and in the rhizosphere was determined by microbiological methods. The direction of soil and rhizosphere microbiological processes was calculated using the coefficients: mineralization–immobilization, oligotrophic and pedotrophic. **Results.** Under the ecological fertilizer system, the number of amylolytic microorganisms in the phase of the beginning of the crop tube was lower by 35.5 %, in the earing phase by 3.4 and in the phase of milk-wax ripeness by 13.5 % compared to the industrial fertilizer system. Similar results were obtained by us for a biological fertilizer system. But pedotrophic microorganisms in ecological and biological variants of fertilizer in the phase of the beginning of the tube was 9.7 and 15.5 % more than in the industrial fertilizer system, and in the earing phase by 2.9 and 16.0 %, and in the phase milk-wax ripeness – 9.5 and 25.0 %, respectively. The number of oligotrophic microorganisms was higher when using an industrial fertilizer system in the early phase of emergence and earing. But in the phase of milk-wax maturity, the number of oligotrophic microorganisms increased, including variants of ecological and biological fertilizer systems. **Conclusions.** The use of ecological fertilizer system with a balanced combination of mineral and organic fertilizers and biological fertilization system with modern organic fertilizers and humates helps to increase the activity of soil microbiota and improve the transformation of organic compounds.

Keywords: microbial processes; fertilizer system; winter wheat; soil microbiota.

Надійшла / Received 22.10.2019

Погоджено до друку / Accepted 27.11.2019