

УДК 631.465;544.435

СПРЯМОВАНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ҐРУНТІ АГРОБІОГЕОЦЕНОЗІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РІЗНИХ АГРОЗАХОДІВ

Симочко Л. Ю., Симочко В. В., Бігарій І. Й.

Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті агробіогеоценозів при застосуванні різних агрозаходів. — Л.Ю. Симочко, В.В. Симочко, І.Й. Бігарій. — Проведено аналіз чисельності основних еколого-трофічних груп ґрунто-вих мікроорганізмів у ґрунті агроєкосистем Закарпатського інституту агропромислового виробництва УААН. Визначено показники спрямованості мікробіологічних процесів у ґрунті. Встановлено залежність чисельності мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп та показників оліготрофності і мінералізації-іммобілізації ґрунту від застосованих агрозаходів.

Ключові слова: ґрунт, агроєкосистема, ґрунтові мікроорганізми, показник оліготрофності, показник мінералізації-іммобілізації.

Адреса: Ужгородський національний університет, вул. Волощина, 32, Ужгород, 88000, Україна; e-mail: ecosymochko@mail.ru

Direction of microbiological processes in soil of agrobiogeocenoses at use different agrotechnologies. — L. Symochko, V. Symochko, I. Bygariy. — The analysis of number main ecological-trophic groups of soil microorganisms of agroecosystems of the Transcarpathian institute of agroindustrial production of UAAS is carried out. The parameters of directedness microbiological processes in soil are determined. The dependence of number microorganisms different ecological-trophic groups, parameters oligotrophy and mineralization-immobilization of soil from kind used agrotechnologies established.

Key words: soil, agroecosystem, soil microorganisms, parameters oligotrophy and mineralization-immobilization.

Address: Uzhgorod national university, Voloshyn str., 32, Uzhgorod, 88000, Ukraine; e-mail: ecosymochko@mail.ru

Вступ

Ґрунт – головний засіб сільськогосподарського виробництва і основа агроєкосистем. За структурою земельного фонду 2/3 території України зайнято землями сільськогосподарського призначення. Проте їх екологічний стан викликає занепокоєння. Родючість ґрунту формується під впливом складної системи екологічних факторів, серед яких провідна роль належить біохімічній діяльності мікроорганізмів. Вона забезпечує колообіг і трансформацію речовини та енергії педосфери. Ґрунтовий мікробіоценоз бере участь у формуванні всіх важливих властивостей ґрунту, які визначають його таксономічні характеристики: спрямованість, інтенсивність і тип процесів ґрунтоутворення, надає системі властивостей буферності, забезпечує його функціонування як біохімічного фільтра, сприяє біодинамічній врівноваженості процесів синтезу і руйнації органічної речовини, виділяє біологічно активні рістактивуючі речовини та забезпечує доступність поживних речовин рослинам [1, 2, 9, 10, 14, 17]. Педосфера, як складова будь-якої агроєкосистеми, знаходиться під впливом антропогенного впливу, різного за часом, інтенсивністю та масштабом [2, 4, 5]. Будь-який антропогенний вплив на ґрунт порушує нормальний перебіг ґрунтових процесів, а, отже, і процесів кругообігу речовин у біосфері. Цим зумовлені значні порушення в функціонуванні мікробного ценозу ґрунту, оскільки мікроорганізми є чутливими реагентами до змін,

що відбуваються в навколишньому середовищі. Відомо, що кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти адекватно віддзеркалює ступінь антропогенного навантаження, тому використовується як діагностичний показник при оцінці екологічного стану ґрунту [11, 12, 16].

На розвиток в ґрунті окремих мікроорганізмів та їх угруповань, а, отже, і на характер ґрунтоутворювального процесу, впливає ряд антропогенних факторів – дози і форми добрив, види обробітки ґрунту, беззмінне вирощування сільськогосподарських культур та застосування сівозміни, використання регуляторів росту рослин, застосування пестицидів [2, 5, 13, 14].

Протягом багатьох десятиріч отримання високих врожаїв досягалося завдяки використанню мінеральних добрив. Це, в свою чергу, призводило до змін у функціонуванні мікробного ценозу ґрунту. Відомо, що мінеральні добрива покращують структуру ґрунту, сприяють скороченню втрат води та послабленню ерозії [6, 7, 9, 10]. Багаторічне застосування високих доз мінеральних добрив пригнічує розвиток азотфіксувальних, целюлозоруйнівних мікроорганізмів, амоніфікаторів, в той же час зростає активність денітрифікації. Серед явищ, що супроводжуються внесенням мінеральних добрив у ґрунт, привертає увагу посилення процесів мінералізації та денітрифікації, що призводить до втрат гумусу ґрунту та викликає зниження його стабільності [6, 15]. Дослідження спе-

цифіки впливу антропогенних факторів на біоценотичну діяльність мікробних угруповань ґрунту та дослідження спрямованості мікробіологічних процесів в ньому необхідне для розробки наукових основ раціонального використання земельних ресурсів, удосконалення систем землеробства і захисту навколишнього середовища.

Матеріали та методи досліджень

Матеріалом досліджень слугували зразки ґрунту стаціонарного дослідження, закладеного в 1965 році на першому відділенні дослідного господарства Закарпатського інституту агропромислового виробництва УААН.

Ґрунти дослідного поля – дерново-буроземні опідзолені середньосуглинкові. Агрохімічна характеристика орного шару: рН (KCL) – 5,0, гідролітична кислотність – 2,6 мг-екв/100 г ґрунту, вміст гумусу – 1,56%, рухомого фосфору – 1,9, обмінного калію – 14,1 мг/100 г ґрунту.

Площа ділянок: посівна – 240 м², облікова – 100 м². Розміщення варіантів у досліді систематичне-послідовне. Повторність триразова.

Чергування сільськогосподарських культур на 2006–2010 роки представлено у таблиці 1. Схему дослідження наведено у таблиці 2.

Загальну чисельність ґрунтових мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп визначали за загальноприйнятими методами [8]. Так, амоніфікуючі бактерії ураховували на м'ясопептонному агарі (МПА), спороутворювальні бактерії – на МПА з сушлом після прогріву при 75°C протягом 20 хвилин, бактерії, що використовують мінеральний азот – на крохмалю-аміачному агарі (КАА), *Azotobacter* – на середовищі Федорова за методом обростання грудочок ґрунту, мікроміцети – на середовищі Чапека, оліготрофні мікроорганізми – на голодному агарі (ГА).

Таблиця 1. Чергування сільськогосподарських культур на 2006–2010 роки

№ поля	Роки				
	2006	2007	2008	2009	2010
1	зернобобові	озима пшениця	кукурудза на зерно	вико-овес на зелений корм + багаторічні насадження	багаторічні трави 1-го року використання
2	вико-овес на зелений корм + багаторічні насадження	багаторічні трави 1-го року використання	багаторічні трави 2-го року використання	кукурудза на силос	зернобобові

Таблиця 2. Схема дослідження та розподіл мінеральних добрив по культурах сівозмін (кг/га діючої речовини)

№ п/п	варіанти	Зернобобові			Кукурудза на зерно			Багаторічні трави 1-го року використання			Багаторічні трави 2-го року використання		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Без добрив	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	N ₁ P ₁ K ₁	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3	N ₁ P ₃ K ₁	20	60	20	20	60	20	20	60	20	20	60	20
4	N ₄ P ₁ K ₁	80	20	20	80	20	20	80	20	20	80	20	20
5	N ₅ P ₁ K ₁	100	20	20	100	20	20	100	20	20	100	20	20

Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті визначали за К. Андреюк, Г. Іутинською зі співавторами [1]. Коефіцієнт мінералізації-імобілізації розраховували за формулою:

$$K_{m-i} = C_{КАА} / C_{МПА},$$

де: C_{КАА}, C_{МПА} – кількість мікроорганізмів, що виростили на крохмалю-аміачному та м'ясопептонному агарі.

Коефіцієнт оліготрофності розраховували за формулою:

$$K_{ол} = C_{ГА} / (C_{КАА} + C_{МПА}),$$

де: C_{ГА} – кількість мікроорганізмів, що виростили на голодному агарі.

Результати досліджень та їх обговорення

Використання біогеоценозів з метою одержання первинної продукції часто призводить до значних змін у біоценозі, зокрема у такій складовій як мікробіоценоз. Зміна структурної та функціональної цілісності цієї складової екосистеми призводить до порушення гомеостазу агробіогеоценозу, в цілому.

В першу чергу, це віддзеркалюється на низці ґрунтових процесів, що призводить до втрат родючості ґрунту. Зазвичай, зниження рівня родючості ґрунту обумовлено порушенням мікробіологічних процесів внаслідок антропогенного навантаження.

Мікробіологічні дослідження ґрунту відібраного з агроєкосистеми, де застосовувалась сівозмінна (озима пшениця – кукурудза на зерно) показали, що співвідношення та чисельність різних еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів залежить від дози внесених добрив. На дослідному полі, де добрива не вносились, домінувала оліготрофна мікрофлора. Представники мікрофлори розсіювання склали 4,5 млн. КУО на 1 г абс. сух. ґрунту. Вміст азотфіксуючої мікрофлори та органотрофів був мінімальним у порівнянні з іншими дослідними ділянками, що свідчить про несприятливі зміни у функціонуванні мікробного ценозу ґрунту. Внесення одинарних доз калійних, фосфорних та азотних добрив сприяло позитивним змінам у структурі ґрунтової мікрофлори, так чисельність амоніфікаторів зростає.

на 20%, азотфіксаторів – на 32%, натомість, вміст мікроміцетів зменшився в 2,3 рази, в середньому на

40% зменшилась чисельність спороутворювальних бактерій та оліготрофів (табл. 3).

Таблиця 3. Чисельність різних еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів в агроєкосистемі з використанням сівозміни (озима пшениця – кукурудза на зерно) (КУО на 1 г абс. сух. ґрунту)

№	Варіанти удобрення	Амоніфікатори, млн.	Мікроміцети, тис.	Мікроорганізми, здатні асимілювати мінеральні форми азоту, млн.	Спороутворювальні бактерії, млн.	Оліготрофи, млн.	Azotobacter, %
1	Без добрив	1,08	87	2,17	3,24	4,54	23
2	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	1,34	34	1,45	2,67	3,48	36
3	N ₂₀ P ₆₀ K ₂₀	1,75	38	1,32	2,09	3,33	54
4	N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	2,31	18	1,18	2,34	2,84	43
5	N ₁₀₀ P ₂₀ K ₂₀	1,16	25	1,40	2,97	3,67	40
НІР ₀₅		0,14	0,53	0,12	0,15	0,27	1,22

Мікробіологічні дослідження ґрунту показали, що найбільш оптимальною системою удобрення є внесення помірних доз азотних добрив у поєднанні з одинарними дозами калійних та фосфорних добрив. Саме таке співвідношення добрив сприяє активному розвитку "агрономічно цінної" мікрофлори. В агроєкосистемі, де використовувалась така система удобрень, чисельність амоніфікаторів була найвищою з усіх досліджуваних агроєкосистем

і становила 2,31 млн. КУО на 1 г абс. сух. ґрунту, вміст мікрофлори розсіювання був мінімальним і складав 2,84 млн. КУО на 1 г абс. сух. ґрунту.

У таблиці 4 наведені дані мікробіологічних досліджень ґрунту, відібраного з агроєкосистеми, де використовувалась сівозміна (багаторічні трави 1-го року використання – багаторічні трави 2-го року використання).

Таблиця 4. Чисельність різних еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів в агроєкосистемі з використанням сівозміни (багаторічні трави 1-го року використання – багаторічні трави 2-го року використання) (КУО на 1 г абс. сух. ґрунту)

№	Варіанти удобрення	Амоніфікатори, млн.	Мікроміцети, тис.	Мікроорганізми, здатні асимілювати мінеральні форми азоту, млн.	Спороутворювальні бактерії, млн.	Оліготрофи, млн.	Azotobacter, %
1	Без добрив	1,35	66	3,11	2,92	3,67	44
2	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	1,84	28	2,60	2,45	3,11	64
3	N ₂₀ P ₆₀ K ₂₀	1,97	22	1,67	1,88	2,56	78
4	N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	2,65	14	1,34	1,99	2,07	60
5	N ₁₀₀ P ₂₀ K ₂₀	1,76	22	1,78	2,13	2,87	55
НІР ₀₅		0,11	0,86	0,28	0,10	0,22	1,13

Застосування чергування багаторічних трав позитивно віддзеркалилось на функціонуванні азотфіксуючої ґрунтової мікрофлори, її вміст у всіх піддослідних агроєкосистемах зріс в середньому на 15% по всіх варіантах удобрень порівняно з агроєкосистемами, де застосовувалась сівозміна озима пшениця – кукурудза на зерно). Співвідношення чисельності ґрунтових мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп в цих агроєкосистемах зберігалось.

Результати досліджень показали, що максимальна чисельність оліготрофної мікрофлори спостерігалась в агроєкосистемі, де добрива не вносились взагалі і становила 3,67 млн. КУО на 1 г абс. сух. ґрунту. Вміст амоніфікаторів та азотфіксуючої мікрофлори був мінімальним порівняно з іншими дослідними агробіогеоценозами, що свідчить про несприятливі зміни у функціонуванні мікробного ценозу едафотопу. Внесення одинарних доз азотних, фосфорних та калійних добрив позитивно впливає на мікробний ценоз ґрунту, оскільки збільшилася кількість амоніфікаторів, зріс вміст *Azotobacter* до 64%. Натомість, знизилась чисельність спороутворювальних бактерій

на 20%, а вміст мікроміцетів становив 28 тис. КУО на 1 г абс. сух. ґрунту.

Аналіз даних мікробіологічних досліджень ґрунту показав, що найбільш сприятливі умови для нормального функціонування мікроорганізмів, які відіграють позитивну роль у формуванні врожайності сільськогосподарських культур, створюються в агроєкосистемі з помірними дозами азотних, одинарними дозами фосфорних та калійних добрив. В цьому агробіогеоценозі чисельність амоніфікаторів була найвищою з усіх досліджуваних агроєкосистем і становила 2,65 млн. КУО на 1 г абс. сух. ґрунту, вміст мікрофлори розсіювання був найменшим і складав 2,07 млн. КУО на 1 г абс. сух. ґрунту (табл. 4.). Такі зміни у структурі мікробного ценозу ґрунту свідчать про створення екологічно сприятливих умов для його функціонування.

Дослідження спрямованості мікробіологічних процесів у ґрунті дозволяє зробити більш глибокий аналіз змін у структурі ґрунтово-біотичного комплексу, які відбуваються внаслідок антропогенного навантаження. Спрямованість мікробіологічних процесів визначають за допомогою коефіцієнту мінералі-

зації та іммобілізації, який дає можливість охарактеризувати напруженість мінералізаційних процесів, індексу оліготрофності, що характеризує ступінь олі-

готрофності мікробних ценозів ґрунту. Результати розрахунків представлені у таблиці 5.

Таблиця 5. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті агроєкосистем залежно від застосованих агрозаходів

№	Варіанти удобрення	озима пшениця – кукурудза на зерно		багаторічні трави 1-го року використання – багаторічні трави 2-го року використання	
		K_{M-i}	$K_{оліг.}$	K_{M-i}	$K_{оліг.}$
1	Без добрив	2,00	1,40	2,30	0,82
2	$N_{20}P_{20}K_{20}$	1,08	1,24	1,00	0,70
3	$N_{20}P_{60}K_{20}$	0,75	1,08	0,84	0,72
4	$N_{80}P_{20}K_{20}$	0,51	0,81	0,50	0,52
5	$N_{100}P_{20}K_{20}$	1,20	1,40	1,41	0,81

Напруженість мінералізаційних процесів зростала в агроєкосистемах з надмірним використанням азотних добрив та в агроєкосистемах без внесення добрив. Слід зазначити, що така закономірність спостерігалась в обох варіантах застосування різних сівозмін. Напруженість мінералізаційних процесів знижувалась при застосуванні помірних доз мінеральних добрив ($N_{20}P_{60}K_{20}$; $N_{80}P_{20}K_{20}$), в агроєкосистемах, де застосовувалась сівозмінна озима пшениця – кукурудза на зерно, цей показник становив відповідно: $K_{M-i} - 0,75$; $K_{M-i} - 0,51$.

При застосуванні сівозміни (багаторічні трави 1-го року використання – багаторічні трави 2-го року використання) коефіцієнт мінералізації-іммобілізації у відповідних варіантах удобрення становив $K_{M-i} - 0,84$; $K_{M-i} - 0,50$. Оліготрофність ґрунтів в цих агроєкосистемах була мінімальною, що свідчить про формування оптимальних умов для функціонування ґрунтового мікробіоценозу.

Інтенсивний розвиток представників мікрофлори розсіювання спостерігався при культивуванні кукурудзи без додаткового живлення, коефіцієнт оліготрофності ґрунту в цій агроєкосистемі становив 1,40, як і при застосуванні мінеральних добрив у дозі $N_{100}P_{20}K_{20}$. Слід зазначити, що коефіцієнт оліготрофності ґрунту під багаторічними травами також був найвищий на цих дослідних варіантах удобрення, однак у порівнянні з попередньою агроєкосистемою його значення було в 1,8 рази меншим, що свідчить про позитивний вплив на

життєдіяльність ґрунтової мікрофлори використання у сівозміні багаторічних трав.

Висновки

1. Моніторингові дослідження життєдіяльності мікрофлори та спрямованості мікробіологічних процесів у ґрунті антропогенно трансформованих екосистем є науковою основою для розробки заходів, спрямованих на покращення сільськогосподарського виробництва, посилення охорони ґрунтів.

2. Застосування сівозміни та внесення помірних доз мінеральних добрив позитивно впливає на функціонування мікрофлори ґрунту. В агроєкосистемах із застосуванням таких агрозаходів відбувалося збільшення чисельності азотфіксаторів та органіотрофів, а також зниження напруженості мінералізаційних процесів та оліготрофності ґрунту.

3. Екологічно несприятливі умови для функціонування ґрунтової мікрофлори створюються в агроєкосистемах, де добрива не вносились взагалі, що підтверджується максимальним вмістом мікрофлори розсіювання та спороутворювальних бактерій, у порівнянні з іншими агроєкосистемами.

4. Використання мінеральних добрив у дозах $N_{100}P_{20}K_{20}$ при культивуванні як кукурудзи так і багаторічних трав призводить до збільшення коефіцієнтів оліготрофності та мінералізації-іммобілізації, що свідчить про негативний вплив застосованого агрозаходу на функціонування ґрунтової мікрофлори.

1. Андреев К. И., Гутинська Г. О., Антипчук А. Ф., Валагурова В. О., Пономаренко С. П. Функционирование микробных ценозов ґрунту в условиях антропогенного навантаження. – К.: Обереги, 2001. – 240 с.
2. Андреев К. И., Валагурова Е. В. Основы экологии почвенных микроорганизмов. – К.: Наукова думка, 1992. – 224 с.
3. Звягинцев Д. Г. Экологическая роль микробных метаболитов. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1986. – 235 с.
4. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 235 с.
5. Звягинцев Д. Г. Успехи и современные проблемы почвенной микробиологии // Почвоведение. – 1987. – №10. – С. 44–51.
6. Кудеярва Е. И. Разнообразие микробных сообществ при различных антропогенных нагрузках. – Молдова, Кишинев: Высшая школа, 1999. – 273 с.
7. Мишустин Е. Н. Ассоциация почвенных микроорганизмов. – М.: Наука, 1975. – 106 с.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Звягинцева Д. Г. – М.: Из-во МГУ, 1991 – 30 с.
9. Патыка В. Ф. Роль микроорганизмов в формировании устойчивых агроэкоэосистем // Материалы межд. конференции "Микробиология и биотехнология 21 столетия". – Минск, 2002. – С. 257–259.
10. Патица В. П. Микроорганізми і врожай // Наук.-виробн. конф. "Оптимізація структури агроландшафтів і раціональне використання ґрунтових ресурсів". – К., 2000. – С. 26–27.
11. Степанов А. М. Биондикация на уровне экосистем // Биондикация и биомониторинг. – М.: Наука, 1991. – С. 59–64.
12. Сьмочко Л. Ю., Домбай И. В. Почвенные микроорганизмы как тест объекты при мониторинговых исследованиях наземных экосистем // Тезисы докладов международной научной конференции "Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем" – 5–8 июня, Ростов-на Дону, 2007. – С. 290.
13. Тюменцев Н. Ф., Славина Т. П., Потехина Л. И. Влияние удобрений на растения, биохимические процессы и микрофлору почвы. – Томск, 1954, т. 130. – С. 80–109.

14. *Badreiner M. R., Talak V. B.* Structure and organization of soil microorganisms in different ecological systems // *Biofutur.* – 1998. – № 180. – P. 19–22.
15. *Bekken L. R.* Straw decomposition in soil, effects on denitrification and mineralization immobilization of nitrogen during the autumn and spring // *Meld. Norg. Landbrukshogsr.* – 1986. – 65. – № 13. – P. 1–16.
16. *Cerna B., Elhottova D., Santruckova H.* Functional groups of soil microbial community // International Symposium on "Structure and Function of Soil Microbiota". – 2003. – P. 3–67.
17. *Gregory E., Antony V., Nowak G.* "Managing Soil Microorganisms to Improve Productivity of Agro-Ecosystems"//*Plant Science Issue 2 March 2004, P 175–193.*

Отримано: 11 червня 2010 р.

Прийнято до друку: 24 червня 2010 р.