

УДК 576.8:631.4:633.15:631.86:631.82

Л.Б. Бітюкова, Ю.О. Драч, кандидати біологічних наук
ННЦ “ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА УААН”

ВПЛИВ ДОБРИВ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБНОГО ЦЕНОЗУ СІРОГО ЛІСОВОГО ГРУНТУ ПІД КУКУРУДЗОЮ

Ринкові умови розвитку аграрного комплексу потребують нових шляхів оптимізації мінерального живлення рослин в агроєкосистемах, зокрема розробки і впровадження нових високоефективних органо-мінеральних біоактивних добрив, створених на основі природних ресурсів чи продуктів антропогенного походження і специфічної біоти, а також доз мінеральних добрив, розрахованих на основі видового генотипного співвідношення поживних елементів у культурі [1,6]. Таке співвідношення є спадковою ознакою кожного виду рослин і не залежить від географічних, ґрунтово-кліматичних умов, віку організму, технологій вирощування тощо [5,8,11]. Актуальним у цьому напрямі є комплексна оцінка впливу ефективності їхнього застосування не тільки на врожайність культури, а й закономірності формування і функціонування мікробного ценозу, діагностування біологічної активності, яка є найчутливішим екологічним та агрономічним індикатором антропогенної дії.

Мета досліджень. Встановити оптимальні параметри мікробіохімічної активності і фітотоксичності сірого лісового ґрунту за різних доз удобрення для обґрунтування високоефективної екологічно безпечної технології вирощування кукурудзи.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження впливу органо-мінерального біоактивного добрива (ОМБД) “Екобіом-Північ”, створеного на основі перехідного торфу і розрахованого на основі видового генотипного співвідношення поживних елементів у культурі. Дію доз мінеральних добрив на стан і функціонування мікробного ценозу сірого лісового пілувато-легкосуглинкового ґрунту під кукурудзою на силос вивчали в 2001-2005 рр. у короткостроковому досліді відділу агрохімії та фізіології рослин (дослідне господарство “Чабани”). Агрохімічні показники орного шару ґрунту такі: вміст гумусу- 1,19%, рН_{сольовий} -5,9, гідролітична кислотність - 1,2 мг-екв. на 100 г ґрунту, легкогідролізованого азоту 6,0 мг, рухомого фосфору (за Чириковим)- 16,7 мг, обмінного калію –6,7 мг на 100 г ґрунту.

Чисельність і видове різноманіття таксономічних та екологічних груп мікроорганізмів визначали методом висіву ґрунтової суспензії на стандартні поживні середовища [3]; активність

© Л.Б. Бітюкова, Ю.О. Драч, 2007

оксидоредуктаз – дегідрогенази і поліфенолоксидази та гідролаз – протеази і целюлази, показники напруженості мінералізаційних процесів (коефіцієнти мінералізації-іммобілізації азоту й активність процесу мінералізації гумусу) визначали за загальноприйнятими в ґрунтовій мікробіології та ензимології методами [4,7,9,12,13,14]. Токсичність ґрунту вивчали з використанням рослинних біотестів – кукурудзи й озимої пшениці [2,10].

Результати й обговорення досліджень. Відомо, що життєдіяльність мікробного угруповання тісно пов'язана з наявністю поживного субстрату, джерела енергії та живлення, що є провідним лімітуючим фактором розвитку мікробіоти ґрунту.

За результатами біодіагностичного оцінювання ефективності застосування ОМБД “Екобіом-Північ” і мінеральних добрив на сірому лісовому ґрунті під кукурудзу виявлено позитивний вплив удобрення на стан і функціонування мікробного угруповання і сумарні показники біологічної активності, які зумовили стабільні параметри трансформації органічної речовини у продуктивність культури. Найбільшу біогенність сірого лісового ґрунту, оптимальну трансформуючу здатність мікрофлори, різноманіття якісної структури індикаторних груп встановлювалося за внесення 2 т/га ОМБД “Екобіом-Північ” та мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{16}K_{55}$, розрахованій за видовим генотипним співвідношенням (ВГС) поживних елементів у культурі (табл. 1 і 2). Сформувалося мікробне угруповання зі стабільним характером функціональних зв'язків між еколого-трофічними групами мікроорганізмів, розвитком агрономічно цінної мікрофлори – спороутворювальної, целюлозоруйнівної, фосфоромобілізувальної, утилізаційної мінеральні форми азоту, нітратредукуючої, мікроміцетів і стрептоміцетів, чисельність якої на варіанті із застосуванням 2 т/га “Екобіом-Північ” в 1,4-2,2, а за внесення $N_{60}P_{16}K_{55}$ в - 1,5-2,8 раза перевищує контроль. Значну питому вагу в структурі мікробіоценозу займають бактеріальні форми, визначені на пептон-глюкозному агарі з ґрунтовою витяжкою (ПГАГ) олігонітро-фільні бактерії, мікроорганізми, утилізуючі мінеральний азот, амоніфікуючі бактерії, нітратредукуюча мікрофлора, життєдіяльність яких сприяє деструкції високомолекулярних сполук і трансформації їх у мінеральні форми, доступні вищим рослинам, накопиченню біологічного азоту та його кругообігу. В ґрунті вищевказаних варіантів встановлені значні параметри мікробіологічної активності: 17,2 і 20,8 млн колонієутворюючих одиниць (КУО)/г основних таксономічних груп мікроорганізмів та 67,0 і 75,6 млн КУО/г – еколого-трофічних груп на контролі відповідно 11,6 і 42,5 млн КУО/г абсолютно сухого ґрунту. Застосування ОМБД “Екобіом-Північ” та мінеральних добрив за ВГС культури ($N_{60}P_{16}K_{55}$) змінювало як кількісний

Таблиця 1. Вплив органо-мінеральних і мінеральних добрив на чисельність таксономічних та екологічно-трофічних груп мікроорганізмів сірого лісового ґрунту під кукурудзою на силос, млн.КУО на 1 г абсолютно сухого ґрунту, (середнє за 2001-2005 рр.)

| Варіант | Загальна чисельність бактерій на ПГАП | Мікроміцети, тис. КУО/г | Стрептоміцети | Споруутворювальні бактерії | Фосфоромобільні мікроорганізми | Целюлозоруйнівні мікроорганізми, тис. КУО/г | Олігонітрофільні бактерії | Амоніфікуючі бактерії | Нітрифікуючі бактерії, тис. КУО/г | Мікроорганізми утилізуючі мінеральний азот | Мікроорганізми, що відновлюють нітрати | Автохтонні мікроорганізми |
|---|---------------------------------------|-------------------------|---------------|----------------------------|--------------------------------|---|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--|--|---------------------------|
| Без добрив (контроль) | 8,1 | 42 | 2,7 | 0,8 | 1,1 | 101 | 8,3 | 4,8 | 469 | 9,9 | 3,4 | 2,8 |
| ОМБД "Екобіом-Північ", 2 т/га | 11,5 | 57 | 4,3 | 1,4 | 2,5 | 176 | 12,2 | 5,5 | 809 | 15,6 | 8,5 | 4,5 |
| N ₆₀ P ₁₆ K ₅₅ | 14,1 | 56 | 5,2 | 1,5 | 2,3 | 156 | 12,5 | 6,5 | 917 | 18,0 | 9,5 | 4,9 |
| N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 10,1 | 44 | 4,1 | 1,2 | 2,3 | 129 | 10,2 | 5,8 | 824 | 16,2 | 11,0 | 4,1 |
| НІР ₀₅ | 2,0 | 3,0 | 1,4 | 0,4 | 0,6 | 26 | 2,0 | 0,6 | 140 | 5,2 | - | 1,2 |

* Доза добрив розрахована за видовим генотипним співвідношенням (ВГС) елементів живлення культури

Таблиця 2. Вплив органо-мінеральних і мінеральних добрив на активність біохімічних, мінералізаційних процесів, фітотоксичні властивості сірого лісового ґрунту і врожайність кукурудзи на силос, (середнє за 2001-2005 рр.)

| Варіант | Активність | | | Розкладання клітковини, % | Коефіцієнт мінералізації-імобілізації азоту | Активність процесу мінералізації гумусу, % | Токсичність ґрунту | | Урожайність зеленої маси кукурудзи, ц/га |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|---|--|--|---|--|
| | дегідрогенази, мг формазану | поліфенол оксидази, мг п-бензохінону | протеази, желатинолітичних одиниць | | | | загальна маса 100 рослин тест-культури озимої пшениці, г | інгібування (-), чи активація (+) приросту коренів кукурудзи, % | |
| | на 10 грам ґрунту | | | | | | | | |
| Без добрив (контроль) | 0,85 | 9,8 | 170,6 | 21,4 | 2,06 | 34,6 | 11,0 | -2,6 | 275 |
| ОМБД "Екобіом-Північ", 2 т/га | 0,91 | 11,7 | 205,1 | 30,5 | 2,84 | 39,1 | 12,5 | +14,5 | 409 |
| N ₆₀ P ₁₆ K ₅₅ | 0,89 | 11,9 | 220,2 | 31,2 | 2,77 | 34,7 | 11,8 | +5,6 | 373 |
| N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 0,90 | 11,3 | 232,3 | 46,1 | 2,80 | 40,6 | 12,4 | +9,1 | 379 |
| НІР ₀₅ | 0,04 | 1,4 | 30,0 | 9,0 | - | - | 0,7 | 1,8 | - |

* Доза добрив розрахована за видовим генотипним співвідношенням (ВГС) елементів живлення культури

склад мікрофлори ґрунту, так і видове різноманіття індикаторних груп. Серед мікроміцетів домінуючими виявились роди *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Chaetomium*, *Trichoderma*, яким потрібні органічні рештки, значний рівень азотного і вуглецевого живлення; целюлозоруйнівних - у більшості мікроскопічні гриби, а також міксобактеріальні форми і вібріони родів *Cytophaga*, *Polyangium*, *Cellvibrrio* з високою вимогливістю до азотного живлення; спороутворювальних форм – *Bacillus megaterium*, *B.cereus*, *B.idosus*, *B.mycoides*, *B.brevis*, *B.mesentericus*, *B.agglomeratus*, що асимілюють органічний та мінеральний азот і характерні для ґрунтів, де активно протікають процеси нітрифікації. За внесення в ґрунт мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ (еквівалентно 2 т/га ОМБД) відмічено суттєве збіднення різноманіття в целюлозоруйнівному комплексі, представленому виключно мікроміцетами родів *Penicillium*, *Dematium*, *Aspergillus* і стрептоміцетами.

Позитивний вплив ОМБД “Екобіом-Північ” на структуру і функціонування мікробіоценозу досліджуваного ґрунту зумовлено, значним умістом у ньому органічної речовини – 43,25%, мінеральних речовин (золи) – 56,75%, загального азоту – 2,98%, рухомого фосфору – 3,48%, обмінного калію – 2,34%, а також наявністю специфічної біоти, виділеної і вивченої в лабораторії ґрунтової мікробіології ННЦ “ІЗ УААН” й апробованої в умовах польових і виробничих дослідів. Активізація життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів за внесення під кукурудзу $N_{60}P_{16}K_{55}$, очевидно пов’язана з досягненням оптимізації мінерального живлення рослин, що сприяло збагаченню кількісного й якісного складу корневих виділень (ферментів, метаболітів, біологічно активних речовин), які є живильним субстратом для ризосферних мікроорганізмів.

Підтвердженням достатньої кількості мінеральних форм азоту в сірому лісовому ґрунті при застосуванні ОМБД і мінеральних добрив у дозах $N_{60}P_{16}K_{55}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ є помірний вміст у ньому нітрифікуючих бактерій, чисельність яких становить 14,1-14,7% (на контролі 9,7%) від кількості амоніфікаторів, та значний вміст мікроорганізмів, що асимілюють мінеральні форми азоту – 15,6-18,0 млн КУО/г (на контролі 9,9 млн КУО/г).

Відмічаю, що в ґрунті під кукурудзою при застосуванні добрив упродовж 2001-2005 рр. зафіксований незначний розвиток індикатора агрономічно цінних його властивостей – азотобактера (2-9%), який пов’язується, перш за все, з реакцією ґрунтового розчину, гідротермічними умовами (посухою, високою температурою) і можливо з певною обмеженістю енергетичного матеріалу – вуглеводів, що виділяються кореневою системою рослин. Провідну роль у процесі фіксації атмосферного азоту у сірому лісовому ґрунті відіграють

вільноіснуючі азотофіксатори-олігонітрофіли.

Значний біологічний потенціал сірого лісового ґрунту під кукурудзою на силос одержано за внесення повної дози мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ еквівалентної 2 т/га ОМБД. Показники сумарної чисельності таксономічних груп становили 15,5 млн, еколого-трофічних груп – 66,5 млн КУО/г. Підвищення біогенності ґрунту зумовлено досить значним розвитком мікроорганізмів третьої системи біоорганомінерального комплексу: амоніфікуючих, нітрифікуючих, утилізуючих мінеральний азот, фосфоромобілізуючих, автохтонних і особливо нітраторедуруючих, чисельність яких перевищує їхній уміст у контрольному варіанті в 1,6-3,4 раза. Розвиток справжніх денітрифікаторів тут найбільший порівняно з ґрунтом інших варіантів і становить 49% від кількості мікроорганізмів, що викликають редукцію нітратів. Слід відмітити і посилення життєдіяльності в ґрунті денітрифікаторів за внесення $N_{60}P_{16}K_{55}$ – 32% від загальної чисельності нітратредуцентів, що може за несприятливих умов викликати непродуктивні втрати газоподібного азоту добрив і ґрунту.

Позитивним також у розвитку мікробоценозу сірого лісового ґрунту під кукурудзою на силос є невелика кількість серед автохтонної мікрофлори червонопігментованих представників роду *Nocardia*, здатних до глибокої деструкції гумусових та інших поліциклічних сполук. Їхня чисельність становить 22-117 тис. КУО/г або 0,8-2,8% від загальної кількості автохтонної групи, з найбільшою кількістю від застосування мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. При цьому в ґрунті даного варіанта спостерігалася активізація мобілізаційних процесів, що підтверджується розрахованими за мікробіологічними тестами показниками напруженості мінералізаційних процесів: коефіцієнтами мінералізації-іммобілізації азоту й активності мінералізації гумусу (табл. 2). За середніми п'ятирічними даними вони складають відповідно 2,80 і 40,6%, на контролі 2,06 і 34,6%.

Аналогічна спрямованість мінералізаційних процесів характерна для сірого лісового ґрунту за внесення інших доз добрив, що сприяло збагаченню його доступними рослинам і мікроорганізмам елементами мінерального живлення і супроводжувалось збільшенням урожайності зеленої маси кукурудзи на 98 і 104 ц/га (за застосування $N_{60}P_{16}K_{55}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) та на 134 ц/га (за внесення 2 т/га “Екобіом-Північ”) при врожайності на контролі 275 ц/га.

Вважається, що ферменти класу оксидоредуктаз, які каталізують окисно-відновні процеси у ґрунті на різних етапах трансформації органічної речовини, та гідроліз, що здійснюють гідролітичний розпад складних азото-і вуглецевмісних речовин і відіграють важливу роль у збагаченні ґрунту доступними елементами живлення, можуть слугувати

одними з інтегрованих показників його родючості при внесенні добрив.

Одержані результати по визначенню активності оксидоредуктаз – дегідрогенази і поліфенолоксидази – свідчать про позитивну спрямованість біохімічних процесів новоутворення гумусових речовин при застосуванні як мінеральних добрив, так і ОМБД (табл.2). При помірному процесі дегідрування органічної речовини (I етап окислення) відмічена інтенсифікація окислення поліфенолів у хінони, що каталізуються поліфенолоксидазою (II етап окислення). За середніми п'ятирічними даними збільшення активності поліфенолоксидази, порівняно з контролем, у ґрунті удобрених варіантів становило 15-21%.

Активність розкладання клітковини за один місяць її експозиції у ґрунті на варіантах досліді перевищувала показник контрольного варіанта на 9,1-24,7% з найбільшою інтенсивністю за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, де вона складала 46,1%. Це вказує на підвищення мінералізаційної функції мікробоценозу та високу забезпеченість досліджуваного ґрунту зв'язаними формами азоту. Підтвердженням цього положення є дані по протеолітичній активності ґрунту з максимальною величиною протеазної активності 232 желатинолітичних одиниць на варіанті із застосуванням $N_{60}P_{60}K_{60}$, що перевищувало дані контрольного варіанта на 36%. Внесення в досліджуваний ґрунт $N_{60}P_{16}K_{55}$ та ОМБД “Екобіом-Північ” сприяло підвищенню активності розкладання білкових структур відносно контролю на 20-29%.

У результаті кореляційного аналізу встановлено найтісніший зв'язок між врожайністю зеленої маси кукурудзи і чисельністю олігонітрофільних, целюлозоруйнівних, спороутворювальних, фосфоромобілізувальних, автохтонних мікроорганізмів, мікроміцетів, активністю процесу мінералізації гумусу – $r = 0,67-0,94$, при цьому $d = 45-89\%$. Сильний ступінь кореляції також виявлено між урожайністю культури й активністю протеази, поліфенолоксидази і дегідрогенази – кореляція знаходиться на рівні $r = 0,70-0,95$, причому коефіцієнт детермінації d становить 48-90%.

Токсичність ґрунту – комплексне природне явище, зумовлене факторами абіогенного та біогенного характерів і може проявлятися при внесенні засобів хімізації. Вивчення токсичності сірого лісового ґрунту під кукурудзою на силос методом ґрунтових пластин з використанням рослинного біотесту пшениці озимої та за дією водних витяжок з ґрунту на приріст коренів тест-культури кукурудзи за добу від стартової лінії виявило стимулюючий ефект застосування мінеральних добрив та 2 т/га ОМБД “Екобіом-Північ” на ріст і розвиток біотесту (табл.2). Відсутність токсичності в ґрунті проявилася в активізації ростових процесів і збільшенні загальної маси біотесту озимої пшениці на 7,32; 12,7 і 13,6% відносно контролю. Виявлена аналогічна дія і водних витяжок

з ґрунту на приріст коренів тест-культури кукурудзи. Незначне проявлення токсичності ґрунту відмічено в окремі роки досліджень за складних гідротермічних умов (посушливі періоди, нестача вологи).

Висновки.

1. На сірому лісовому ґрунті під кукурудзою на силос найсприятливіші умови для функціонування мікробного ценозу та його трансформуючої здатності щодо органічної речовини, активізації оксидоредуктаз, стимулювання розвитку рослинних біотестів забезпечило застосування 2 т/га органо-мінерального біоактивного добрива “Екобіом-Північ” на основі перехідного торфу. За його внесення вміст таксономічних груп мікроорганізмів зріс на 48%, еколого-трофічних – на 60%, урожайність культури – на 49%.

2. Значні параметри мікробо-біохімічної активності зі збагаченням мікробного угруповання агрономічно корисною мікрофлорою в 1,5-2,8 раза, широким видовим різноманіттям індикаторних груп, підвищенням активності, поліфенолоксидази на 21%, протеази – на 29% склалися за внесення в ґрунт мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{16}K_{55}$, розрахованої на основі генотипного співвідношення поживних елементів у культурі. Доцільність застосування даної дози підтверджується збільшенням умісту мікроорганізмів на 76-80%, урожайності зеленої маси кукурудзи – на 35,6%.

3. Внесення під кукурудзу мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$, еквівалентній 2 т/га ОМБД, сприяло підвищенню в 1,6-3,4 раза чисельності мікроорганізмів-мінералізаторів органічних речовин: амоніфікуючих, нітрифікуючих, утилізуючих мінеральний азот, фосфоромобілізувальних, автохтонних, нітратредукуючих і особливо денітрифікуючих, інтенсифікації протеази та целюлази на 36 і 25%, що посилювало мобілізаційні процеси та денітрифікаційну здатність ґрунту.

1. Андреев Е.И., Антипчук А.Ф., Рангелова В.Н., Тандоренко Е.В. Биоторфяное удобрение – новый комплексный бактериальный препарат // Микробиологический журнал. – 1999. – Т.61, №2. – С. 45-52.

2. Берестецкий О.А. Методы определения токсичности почв // Микробиологические и биохимические исследования почв. – Киев: Урожай, 1971. – С. 239-243.

3. Основные микробиологические и биохимические методы исследования почв / Под ред. Возняковской Ю.М. – Л.: ВНИИСХМ, 1987. – 47 с.

4. Галстян А.Ш. Определение активности ферментов почв (Методические указания). – Ереван: Айстан, 1978. – 37 с.

5. Горшкова М.А. Использование данных анализа листьев озимой пшеницы для уточнения агрохимических картограмм // Химия в сельском хозяйстве. – № 2. – 1976.

6. Дегодюк Е.Г., Дегодюк С.Е., Драч Ю.О., Касьян Р.М., Фомін В.М. Наукowo-технічний твір «Технологічний регламент на виробництво органо-мінерального

добрива, модифікація «Екобіом-Північ»»/Свідоцтво про державну реєстрацію автора на твор.-ПА № 3924 від 20.03.2001 р.

7. Демкина Т.С., Золотарева Б.Н. Микробиологические процессы в почвах при различных уровнях интенсификации земледелия // Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур. – Вильнюс, 1986. – С. 101-103.

8. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / За ред. Дмитренко П.О., Крупського М.К., Демиденка І.Г. – К.: Урожай, 1975. – 342 с.

9. Карягина Л.А., Михайловская Н.А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве // Вестник АН БССР, 1986. – № 2. – С. 40-41.

10. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов/Под ред. Красильникова Н.А. – М.: МГУ, 1966. – 162 с.

11. Лавриченко В.М. Соотношение элементов питания в растениях как видовое генотипическое понятие // Вестник сельскохозяйственной науки. – № 7. – 1971. – С. 129-134.

12. Мишустин Е.Н., Рунов Е.В. Успехи разработки принципов микробиологического диагностирования состояния почв // Успехи современной биологии. – М.: АН СССР, 1957. – Т. 44. – С. 256-267.

13. Мишустин Е.Н., Востров И.С. Аппликационные методы в почвенной микробиологии // Микробиологические и биохимические исследования почв. – К.: Урожай, 1971. – С. 3-12.

14. Хазиев Ф.Х. Почвенные ферменты (Биохимия служит земледелию). – М.: Знание, 1972. – 32 с.

В полевом опыте на серой лесной почве под кукурузой на силос проведена комплексная оценка применения различных видов удобрений. Диагностирование микробо-биохимической активности, фитотоксичности почвы и продуктивности кукурузы показало эколого-экономическую целесообразность использования органо-минерального биоактивного удобрения «Екобиом-Север» 2 т/га, а также минеральных удобрений в дозе N₆₀P₁₆K₅₅, рассчитанной по генотипическому соотношению питательных элементов в культуре.

In the field experiment on gray forest soil under maize for silage the complex evaluation of different fertilizer kind application is conducted. The diagnosis of microbial and biochemical activity, soil phytotoxicity and maize productivity showed the ecologically-economic advisability of the organo-mineral bioactive fertilizer “Ekobiom-Sever” (2 t/ha) use as well as mineral fertilizers in dose N₆₀P₁₆K₅₅ calculated on a genotypical nutrient ratio in the crop.