

Ефекти мікробіологічної меліоративної дії препарату „AZOTER” на осушуваних дерново-підзолистих глеюватих ґрунтах

М.І. Зінчук¹, Н.В. Бойко¹, В.А. Гаврилюк², І.Ю.Наседкін³

¹Волинська філія ДУ „Інститут охорони ґрунтів України”

²Поліська філія ННЦ „Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н Соколовського”

³Інститут водних проблем і меліорації НААН України

Розглянуто підходи до розуміння меліорації ґрунтів з точки зору їх покращення. Висвітлено ефекти мінеральної системи удобрення та застосування ґрунтового мікробіологічного препарату „AZOTER”, з точки зору коригування агнономічно-цінних мікроорганізмів, що дозволяє обґрунтовано застосовувати термін „мікробіологічної меліорації” для малопродуктивних дерново-підзолистих глеюватих ґрунтів.

Питання меліорації ґрунтів у широкому розумінні, що передбачає їх покращення, традиційно розглядається у прикладному аспекті переважно до сільськогосподарської та лісгосподарської діяльності. При цьому, беззаперечними у науковому розумінні сприймаються терміни гідромеліорації, хімічної та фізичної меліорації, у більш вузькому розумінні - агро-меліорації і лісомеліорації, біологічної меліорації (фіторе mediaція, ревіталізація) та ін.

У відношенні до галузі рослинництва у сільському господарстві усі технологічні підходи, що забезпечують короткострокове, або довготривале підвищення врожайності тих чи інших сільськогосподарських культур, відтворення або підвищення родючості ґрунтів, через призму „покращення”, можна віднести до певного виду меліорації.

Проте, зважаючи на критику наших підходів, щодо правомочності застосування терміну „мікробіологічна меліорація”, який використаний у роботі [1], вважаємо за необхідне висвітлити результати теоретичних та польових досліджень з вивчення впливу мікробіологічних препаратів серії «AZOTER» на біопродуктивність ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур в умовах Волинської та Рівненської областей.

В понятті агро-меліорація переважають підходи визначені фізикою ґрунтів та агрохімією на підставі науково-промислової теорії Лібіха та, переважно, ігнорується складова ґрунтової мікробіології, яка ще у роботах В.В. Докучаєва і П.А. Костичева визначена як рівноправна і навіть превалююча складова формування ґрунту та продуктивності рослин.

Разом з тим, оптимізуючи агрофізичні та агрохімічні показники ґрунту, повноцінне агроекологічне живлення сільськогосподарських культур може забезпечити лише ефективна система „ґрунт-мікроорганізми-рослина” [2].

Не зважаючи на досить високу неоднорідність мікробіологічного пулу в різних ґрунтових відмінах, накопичена база знань ґрунтознавчої науки, зокрема ґрунтової мікробіології, дозволяє стверджувати про присутність певної залежності між типом ґрунту, його використанням та складовими мікробіорізномаяття. Зокрема, Медведєв В.В. [3] на підставі аналізу літературних та дослідних даних, стверджує про зміну особливостей функціонування мікробних угруповань, в залежності від стану та способу використання земель. В той же час, такі зміни не завжди позиціонуються як позитивні та можуть розглядатись у якості деградаційних процесів, що потребує їх коригування агроприйомами з метою збільшення кількості агнономічно-цінних мікроорганізмів, або ж штучно забезпечувати агроценози необхідними бактеріями [2].

Керування мікробіологічними процесами ґрунту в агроекосистемах можливо здійснювати різними способами: внесенням мінеральних та органічних добрив, запровадженням сівозмін, сидеральними компонентами технологій, вапнуванням, гіпсуванням тощо.

Окремим напрямком управління ґрунтовими мікробіологічними процесами агроекосистем є застосування штучно виготовлених мікробіологічних препаратів, що дозволяє збільшити активну біомасу корисної мікробіоти.

Варто зазначити, що при застосуванні агрохімічних та агротехнічних прийомів, як правило, основна увага приділяється створенню сприятливих умов для мікробіоти, що бере участь у колообігу азоту та вуглецю. В той же час, на сьогодні розроблені препарати, що дозволяють інтенсифікувати не лише пули організмів, що відповідають за трансформацію азоту (відповідно і вуглецю), а й фосфор- та калій мобілізуючі [4].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Зважаючи на вище викладене, метою наших досліджень було встановлення меліоративних мікробіологічних ефектів у часі за допомогою внесення у ґрунт препаративних штамів ґрунтових мікроорганізмів. У якості індикаторів використано показники загальної чисельності агрономічно-цінних метаболітиків азоту та фосфору, що визначались методом посіву на відповідних поживних середовищах. Дослідження проводились у 2011- 2013 роках на експериментальному полі Колківського технічного училища Волинської області в межах осушувальної системи „Маяк”, на осушуваних дерново-підзолистих оглеєних ґрунтах. Порівнюваність в досліді здійснювали відносно абсолютного контролю (зважаючи на перебування поля під перелогом у попередні роки), мінеральної системи удобрення та впливу мікробіологічного препарату.

Препарат «AZOTER», використаний у досліді, є продуктом компанії «AZOTER» (s.r.o., Словачія, зареєстрований міжнародною компанією “Biokontroll” - реєстраційний номер 02.5/710/7/2009). Згідно технічної документації виробника містить штами мікроорганізмів *Azotobacter Croococcum*, *Azospirillum Braziliense*, *Bacterium Megatherium* у кількостях відповідно: $1,54 \cdot 10^{10}$; $2,08 \cdot 10^9$; $1,58 \cdot 10^8$ число КУО в см³. Застосовувався він у відповідності до рекомендацій виробника. Внесення препарату на відповідні варіанти проводилось одноразово – у квітні 2011 року. В подальші роки вивчалась лише його післядія.

Штами бактерій *Azotobacter Croococcum*, *Azospirillum Braziliense* відносяться до азотфіксаторів. Бактерії роду *Bacterium Megatherium* відносяться до фосформобілізуючих, механізм дії яких реалізується шляхом засвоєння фосфатів кальцію, що в межах вегетаційного періоду дозволяє підвищити рівень рухомих форм фосфатів та покращити мінеральне живлення рослин.

Закладений дослід - дрібноділяночний. Повторність досліді – триразова. Розміщення варіантів – рендомізоване. Сільськогосподарські рослини (культури), які використовувались у досліді – овес сорту Велес (посів 2011 року) та пшениця озима сорту „Миронівська 68” (посів під урожай 2012 року). Схема досліді передбачала наступні варіанти:

- при вирощуванні вівса (2011 рік):

1. Контроль (без добрив).
2. N₆₀P₅₀K₆₀.
3. «AZOTER»;

- при вирощуванні пшениці озимої (2012 рік):

1. Контроль (без добрив).
2. N₆₀P₆₀K₆₀.

3. Післядія препарату «AZOTER» ;

- у 2013 році відібрано зразки з врахуванням варіантів у весняний період.

Враховуючи досить високу варіабельність мікробіологічних показників в просторі та часі у схемі досліді передбачено абсолютний контроль (варіант 1) з метою врахування особливостей кожного року досліджень. Щодо метеорологічних умов, слід відмітити, що вегетаційні періоди років досліджень віднесені до спорадично посушливих та відповідно маловодних. Зокрема, у травні 2011 відмічено недостатню кількість опадів, що у 1,8 рази нижче середньобаторічної норми (60 мм). Це відповідно негативно позначилось на формуванні сходів. У липні і серпні, навпаки, кількість опадів перевищувала середньобаторічну норму у 1,9 і 1,5 рази відповідно. Це явище спричинило періодичне перезволоження ґрунту та вимивання вниз по профілю поживних речовин (з врахуванням легкого гранулометричного складу). Дана ситуація формувалась на фоні підвищених температур, що спричиняло посушливі умови та негативно вплинула на врожай вівса.

Осінь 2011 року була аномально суха та тривала. Опадів з вересня по листопад випало 42-56 мм, що становить 30-37% норми. Запаси продуктивної вологи в орному шарі перед посівом озимини були недостатніми (11-15 мм). Відбувалась затримка проростання зерна, сходи формувались нерівномірні та зріджені.

Весна 2012 року видалась контрастною за зволоженням, початок літа – переважно спекотний, а період збирання озимої пшениці – вологий (108-117% норми). Весняний період 2013 року характеризувався дуже надлишковою вологістю, хоча на період відбору зразків (8 травня) встановилась достатньо спекотна погода (до 30°C).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для повного розуміння доцільності використання біопрепарату, наведемо результати обліку врожайності (таблиця 1), які свідчать про присутність достовірного позитивного ефекту як у рік застосування препарату «AZOTER» так і в післядії (НІР_{0,95} становлять 0,7 та 1,1 ц/га відповідно). При цьому, у рік застосування ефективність його цілком співставна з дією мінеральної системи живлення (N₆₀P₅₀K₆₀) та навіть у післядії забезпечила статистично істотну прибавку.

Таблиця 1

Врожайність сільськогосподарських рослин за варіантами досліді

Варіант	Врожайність		
	ц/га	приріст до контролю	
		ц/га	%
Овес, 2011 рік			
Контроль	9,2	-	-
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	14,4	5,2	56,5
Azoter	13, 7	4,5	48,9
Пшениця озима, 2012 рік			
Контроль	16,4	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	21,7	5,3	32,3

Azoter	18,3	1,9	11,6
--------	------	-----	------

Також, слід відмітити, що мінеральна система удобрення середніми нормами ($N_{60}P_{50-60}K_{60}$) забезпечує суттєвий приріст продукції (32-56%) до контролю, проте провокує зниження вмісту гумусу, підкислення ґрунтового розчину та зростання гідролітичної кислотності, зменшення запасів кальцію та магнію на фоні деякого збільшення запасів NPK. У той же час, застосування препарату «AZOTER» забезпечує дещо менший ефект приросту врожаю (49% та 12% у післядії в порівнянні з контролем), проте позитивно впливає на усі показники родючості ґрунтів за виключенням обмінного калію.

Проте, головною метою було виявлення особливостей динаміки агрономічно-цінних мікроорганізмів на даній ґрунтовій відміні та можливість обґрунтування терміну „мікробіологічна меліорація” на низкопродуктивних осушуваних ґрунтах. Результати цих досліджень наведені у таблицях 2 та 3.

Аналізуючи наведені дані, слід відзначити досить низькі вихідні значення кількостей колонієутворюючих організмів (КУО), що беруть участь у перетворенні азотних та фосфорних сполук. Відбір зразків 2011 року був здійснений з варіантів досліду до застосування мінеральних добрив та біопрепарату, тому характеризує просторову неоднорідність дослідної ділянки. Проте, статистичний аналіз свідчить про допустимі відхилення значень від середнього, оскільки коефіцієнти варіації для метаболітиків азоту не перевищували 26% та метаболітиків фосфору – 4%. Для абсолютного контролю (варіант 1) в часі вони склали відповідно 24 та 2%.

До закладки досліду, в даному ґрунті переважали процеси амоніфікації на фоні досить низької кількості аеробних азотфіксаторів. При цьому, чисельно переважали КУО актиноміцетів, які характерні для малородючих ґрунтів. З фосфатмобілізуючих груп відмічалось суттєве переважання метаболітиків мінеральних форм над органічними (у 3-6 разів). За період досліджень на абсолютному контролі (варіант 1) ситуація залишалась незмінною.

Застосування мінеральної системи удобрення у 2011 році збільшило коефіцієнт мінералізації на фоні суттєвого зменшення до контролю амоніфікаторів, зростання азотфіксуючих мікроорганізмів (у 1,5 рази) та збільшення актиноміцетів, що також свідчить про нестачу біофільних компонентів у ґрунті. Застосування цієї системи удобрення у 2012 році повернуло процеси метаболізму азоту до вихідного коефіцієнту мінералізації на фоні відновлення кількості амоніфікаторів, подальшого зростання азотфіксаторів (1,9 разів до контролю) та зменшення актиноміцетів, що можна трактувати як позитивні ефекти в напрямку окультурення ґрунту. Встановлено також більш активне збільшення фосфатмобілізуючих мікроорганізмів у 2012 році, яке дещо знизилось у 2013 році.

Внесення у ґрунт біопрепарату вже у наступний рік суттєво збільшило присутність амоніфікаторів і нітрифікаторів та дозволило дещо наблизити дані процеси до рівноважного стану ($K_m = 0,84$). Це відбулось на фоні зменшення актиноміцетів та збільшення (у 2,5 разів до контролю) азотфіксаторів. В наступний рік післядії, у ґрунті продовжилось зменшення актиноміцетів, зростання азотфіксаторів (у 2,4 рази) та на відносно високому рівні присутності нітри- та амоніфікаторів створились умови для біогенного вивільнення нітратних форм азоту ($K_m = 1,12$), що ймовірно може забезпечувати ефективність препарату після дворічної післядії. Щодо фосформобілізуючих мікроорганізмів, то динаміка є збіжною з мінеральною системою удобрення.

Таблиця 2

Чисельність метаболітиків азоту за період досліджень

Варіанти	К-сть КУО, тис. на 1 г абс. сухого ґрунту				Коефіцієнт мінералізації
	Аеробні	Нітрифікатори	Актиноміцети	Амоніфікатори	

	азотфіксатори (на середовищі Ешбі)	(на КАА)	(на КАА)	(на МПА)	(Км)
весна 2011 року (вихідна чисельність)					
1	68	97	320	171	0,57
2	54	115	300	181	0,63
3	71	87	420	170	0,51
весна 2012 року					
1	83	137	310	203	0,67
2	125	104	412	99	1,05
3	188	430	183	511	0,84
весна 2013 року					
1	87	122	370	193	0,63
2	165	127	322	199	0,64
3	205	331	103	295	1,12

Таблиця 3

Чисельність метаболітиків фосфору у період досліджень

(період весняного відновлення вегетації)

Варіанти	Фосфатмобілізуючі, тис. КУО / г а.с.г.					
	мікроорганізми, що засвоюють органічні фосфати			мікроорганізми, що засвоюють мінеральні фосфати		
	(середовище Менкіної)			(середовище Муромцева)		
	2011 р. *	2012 р.	2013 р.	2011 р.*	2012 р.	2013 р.
1	114	124	112	640	641	470
2	111	196	168	603	703	659
3	142	198**	194**	432	693**	641**
* - вихідна чисельність; ** - післядія препарату Azoter						

Переходячи до обговорення зміни загального мікробіологічного стану ґрунту в часі під впливом агрометеорологічних факторів, мінеральної системи удобрення та біопрепарату «AZOTER», хочемо звернути увагу, що з точки зору покращення мікробіологічних процесів ґрунтів важливе

значення має не лише динаміка, а й співвідношення між групами організмів та загальна величина агрономічно-цінних бактеріальних пулів, які з агроекологічної точки зору є більш уразливими. Незважаючи на певну участь актиноміцетів у багатьох процесах трансформації органічної речовини та навіть азотфіксації, за класичними розуміннями вони є перехідною формою між грибами та бактеріями, пристосовані до більш жорстких умов виживання та у певній мірі є індикаторами низькородючих ґрунтів.

На рисунках 1 та 2 представлено динаміку змін досліджуваних мікроорганізмів відносно вихідного 2011 року за варіантами у відсотках, що дозволяє проаналізувати їх загальні тенденції у часі.

Рис. 1. Динаміка метаболітиків азоту у ґрунті за варіантами відносно 2011 року, %

Природнокліматичні умови сприяли незначній динаміці метаболітиків азоту. Сумарна кількість бактеріальних форм (арифметична сума аеробних азотфіксаторів, нітрифікаторів та амоніфікаторів) у 2012 році збільшилась на 82%, у 2013 – на 67 % переважно за рахунок нітрифікаторів та азотфіксаторів. В той же час, мінеральна система сприяла збільшенню цих форм у вказані роки на 76% та 226% виключно за рахунок суттєвого збільшення азотфіксаторів. Найбільший ефект кількості бактеріальних метаболітиків азоту забезпечив ґрунтовий біопрепарат «AZOTER» – 760 та 543% відповідно, переважно за рахунок КУО нітрифікаторів, на фоні суттєвого збільшення азотфіксаторів та амоніфікаторів. При цьому, чіткого тренду набуло зменшення актиноміцетів (-56 та -75%), що свідчить про ефективну інтродукцію агрономічно-цінних бактеріальних форм перетворювачів азоту в даних ґрунтах.

Рис. 2. Динаміка метаболітиків фосфору у ґрунті за варіантами відносно 2011 року, %

Застосовуючи аналогічний підхід до оцінки мікробіологічного пулу фосфатмобілізуємих бактерій, на контролі виявлено динаміку +9% у 2012 році за рахунок метаболітиків органічних форм та +29% у 2013 році за рахунок переважно організмів мінерального живлення. У той же час, мінеральна система удобрення забезпечила приріст пулу у 94% після першого року застосування та 60% на другий рік з переважанням росту за рахунок організмів-метаболітиків органічних фосфатів. Біопрепарат «AZOTER» стимулював збільшення цих мікроорганізмів на 99% та 85% у відповідні роки, проте з переважанням мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні фосфати.

ВИСНОВКИ

Наведені результати досліджень дозволяють стверджувати, що застосування мінеральної системи удобрення, як і застосування біопрепаратів (зокрема «AZOTER») дозволяє впливати на баланс та величину агрономічно-цінного мікробіологічного пулу ґрунтів. Зважаючи на більш цілеспрямовану дію мікробіологічних препаратів у порівнянні з мінеральною системою удобрення, можливо суттєво покращувати мікробіологічний стан ґрунтів та забезпечувати тривалий агроеліоративний вплив (ефекти мікробіологічної меліоративної дії). В свою чергу, це дозволяє повноправно застосовувати термін „мікробіологічна меліорація ґрунтів” та розвивати цей напрям.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко Н.В. До питання розробки технологій мікробіологічної меліорації осушуваних земель Західного Полісся/ Н.В. Бойко, М.І. Зінчук// Науковий вісник Чернівецького ун-ту. Біологічні системи. – 2012. – Том 4, Вип. 2. – С. 131-135.

2. Волкогон В.В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві/ В.В. Волкогон //Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. — Чернігів, 2005. — Вип. 1-2. — С. 6-29.
3. Медведев В.В. Моніторинг почв України. Концепция, предварительные результаты, задачи/ В.В. Медведев. — Харьков.: ПФ «Антиква», 2002. — С. 127-137.
4. Волкогон В.В. Засвоєння культурними рослинами поживних речовин за впливу мікрбних препаратів / В.В. Волкогон, О.М. Бердніков, С.Б. Дімова та ін.//Вісник Харківського національного аграрного ун-ту імені В.В. Докучаєва. Серія „Грунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство”. — 2012. - №3. — С. 84-89.