

УДК 631.461  
© 2011

*Гриник І. В., академік НААН*  
Президія НААН України

*Патика В. П., академік НААН*  
Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України

*Шкатула Ю. М., кандидат сільськогосподарських наук*  
Вінницький національний аграрний університет

## МІКРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

*Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор О. В. Шерстобова*

*Висвітлюються основні підходи щодо активізації рослинно-мікробної взаємодії – потужного фактора підвищення продуктивності агроценозів. Показано, що стабілізуючою основою більшості технологій вирощування зернових культур є бобові рослини, частка яких у структурі посівних площ повинна становити 25–40 %. Значну увагу автори відводять питанню біологізації рослинництва.*

**Ключові слова:** рослинно-мікробна взаємодія, агроценоз, бобові рослини, біологічна азотфіксація і фосфатмобілізація, мікробні препарати.

**Постановка проблеми.** Нині загальновізнаною світовою практикою ефективного функціонування будь-якого агропромислового комплексу є поєднання високої продуктивності, а отже, економічної доцільності та екологічної безпеки. Тобто, основою конкурентоздатності сільськогосподарської продукції на світовому ринку є не лише економічні критерії її вартості, а й жорсткий контроль за якістю та безпекою продукції. Зважаючи на значний аграрний потенціал, дана проблема для України є досить актуальною.

Відомо, що основними чинниками, що впливають на природну високу врожайність сільськогосподарських культур, є сприятливі кліматичні умови, родючість ґрунту, структура мікробного комплексу, відсутність збудників захворювань різної етіології тощо.

Зокрема ґрунтознавцями доведено, що на природний потенціал родючості ґрунту суттєво впливає якісний та кількісний склад його мікрофлори. Дослідження в галузі класичної ґрунтової мікробіології показали, що чисельність, біомаса й таксономічна структура мікробного комплексу ґрунту залежать від багатьох чинників. Введення ґрунту в активне землекористування призводить до значних змін цих показників. При тривалому використанні земель ці зміни накопичуються. При цьому вплив даних факторів на формування

мікробного комплексу і в цілому на якість ґрунту мало вивчений, хоча від цього залежить система заходів, що забезпечують гомеостаз ґрунтів, а також їх високу продуктивність.

Із вищезазначеного можна дійти висновку, що вирішення питання знаходиться, передусім, у площині вивчення ґрунтових мікроорганізмів і аналізі характеру їх взаємодії з рослинами.

Природою закладені всі механізми управління найважливішими біосферними процесами: азотфіксація, фосфатмобілізація, антагонізм мікроорганізмів до фітопатогенів, синтез багатьма ґрунтовими мікроорганізмами біологічно активних речовин, здатних суттєво впливати на фізіологічний стан рослин і їх імунітет, викликати епізоотії у шкідників сільськогосподарських культур тощо. Активізація рослинно-мікробної взаємодії є потужним фактором підвищення продуктивності агроценозу, хоча в сільськогосподарській практиці використовується недостатньо. Тому необхідна широкомасштабна біологізація агротехнологій вирощування зернових культур для забезпечення умов реалізації природних процесів.

Неабияка роль у здійсненні загальних принципів біологізації та екологізації рослинництва належить сівозмінам. Науково обґрунтоване чергування культур у сівозмінах є головним у забезпеченні й підтриманні фітосанітарного благополуччя полів та посівів, екологічно найчистішим заходом проти поширення бур'янів, шкідників і хвороб, джерелом збагачення корисної ґрунтової мікрофлори, органічних речовин ґрунту, збагачення його на азот, підтримання на оптимальному рівні балансу вологи в межах не тільки сівозміни, а й усього агроландшафту чи навіть агроєкосистеми. Як довели наші дослідження, зернові культури сприяють більш активному, ніж просапні, розвитку мікроорганізмів, що беруть участь у перетвореннях органічних і мінеральних сполук азоту, й більш інтенсивному протіканню в ґрунті окислювальних процесів.

У ґрунті під зерновими культурами активізуються процеси перетворення органічної речовини рослинних залишків, а під просапними – важкорозчинних сполук типу гумусових речовин, що призводить до деструкції ґрунтової органічної речовини. У ґрунті під пшеницею підвищується кількість мікроскопічних грибів, під горохом більш активно протікають процеси розкладу органічних сполук азоту, фосфору й целюлози.

**Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв’язання проблеми.** Сьогодні зустрічається значна кількість літературних джерел, в яких стверджується, що управління біологічними процесами у агроценозах можливе через інтродукцію агрономічно цінних штамів мікроорганізмів у ризосферу рослин, що підсилює корисну або послаблює негативну дію небажаних для реалізації їх потенціалу явищ [1, 2, 6, 10]. Слід відмітити, що рослинно-мікробна взаємодія заснована не лише на трофічних зв’язках.

Встановлено, що рослини володіють набором генів, експресія яких викликається лише в присутності мікроорганізмів [1].

**Мета дослідження** – встановити фактори активізації рослинно-мікробної взаємодії, зокрема використання бобових рослин як потужного фактора підвищення продуктивності агроценозів і їх біологізації.

**Результати дослідження.** Відомо, що стабілізуючою основою більшості технологій вирощування зернових культур є бобові рослини, частка яких у структурі посівних площ повинна становити 25–40 %. Статистичний аналіз структури посівних площ лише Вінницької області показує, що на зернобобові культури припадає всього в середньому за 2007–2009 роки 17,2 тис. га посівних площ, тоді як на соняшник – 101 тис. га, ріпак, відповідно, 112,6 тис. га (табл. 1). Частка бобового компоненту настільки мала, що вести мову про біологізацію рослинництва, якість вирощеної продукції неможливо (табл. 1). Напрошується єдиний висновок: необхідно значно розширювати площі посівів зернобобових культур і багаторічних трав, що в майбутньому сприятиме підвищенню родючості ґрунту, зменшенню ерозійних процесів, покращанню фітосанітарного стану сільськогосподарських земель.

**1. Структура посівних площ Вінницької області, тис. га**

| Використання землі, структура посівів | 2007 р. | 2008 р. | 2009 р. | Середня |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Загальний земельний фонд              | 2649,2  | 2649,2  | 2649,2  | 2649,2  |
| Сільськогосподарські угіддя           | 2017,2  | 2017,1  | 2016,6  | 2017,0  |
| Орні землі                            | 1729,4  | 1729    | 1728,1  | 1728,8  |
| Уся посівна площа                     | 1423,6  | 1525,1  | 1527,5  | 1492,1  |
| Зернові культури                      | 771     | 838,6   | 863,9   | 824,5   |
| Озимі зернові                         | 305,4   | 414,4   | 413     | 377,6   |
| пшениця                               | 278,8   | 366,9   | 345,7   | 330,5   |
| жито                                  | 7,3     | 14,1    | 15,5    | 12,3    |
| ячмінь                                | 19,3    | 33,4    | 51,8    | 34,8    |
| Ярі зернові                           | 465,6   | 424,2   | 450,9   | 446,9   |
| у тому числі пшениця                  | 49,8    | 23,2    | 30,1    | 34,4    |
| ячмінь                                | 219,3   | 176,5   | 222,4   | 206,1   |
| овес                                  | 9,6     | 11,6    | 9       | 10,1    |
| кукурудза                             | 132     | 168,3   | 146,7   | 149     |
| просо                                 | 3,7     | 4,6     | 2,8     | 3,7     |
| гречка                                | 28,6    | 26,5    | 23,4    | 26,2    |
| зернобобові                           | 22,5    | 12,8    | 16,4    | 17,2    |
| із них горох                          | 18,4    | 9,8     | 13,1    | 13,8    |
| вика та викові сумішки на зерно       | 1,5     | 0,7     | 1,1     | 1,1     |
| Технічні культури                     | 320     | 376     | 367,4   | 354,5   |
| у тому числі цукрові буряки           | 101,6   | 62,6    | 48,6    | 70,9    |
| соняшник на зерно                     | 74,1    | 119,8   | 109,1   | 101,0   |
| Картопля і овоче-баштанні культури    | 126,6   | 119,6   | 118,1   | 121,4   |
| у тому числі картопля                 | 109,9   | 102,2   | 101,1   | 104,4   |
| овочі                                 | 15,5    | 15,9    | 15,5    | 15,6    |
| Кормові культури                      | 206     | 190,9   | 178,1   | 191,7   |
| із них кукурудза на силос             | 43      | 34,5    | 29,3    | 35,6    |
| ріпак                                 | 74,3    | 135,6   | 127,8   | 112,6   |

За рахунок здатності бобових рослин вступати в симбіоз зі специфічними для певного виду або групи видів бульбочковими бактеріями, вони можуть у ґрунтово-кліматичних умовах України засвоїти за вегетацію (табл. 2) близько 125–380 кг/га азоту повітря [1, 3, 6, 7]. Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури формують високі урожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю понад 30 % біологічно фіксованого азоту залишається в поживних і корневих залишках й використовується наступними культурами.

Інокуляція насіння високоефективними штамми бульбочкових бактерій, одержаними в процесі селекційного відбору, дає змогу реалізувати близько 15–50 % симбіотичного азотфіксуючого потенціалу, а решта резерву може бути використана при оптимізації умов функціонування симбіозу.

У ґрунтах півдня, центру і сходу України наявні ефективні аборигенні популяції ризобій гороху, бобів, вики, чини, сочевиці, проте не виявлено аборигенних бульбочкових бактерій сої, квасолі, нуту, люпину. У місцях, де раніше вирощували ці культури, в ґрунті зустрічаються локальні інтродуковані популяції ризобій, хоча невисока азотфіксуюча активність ґрунтових ризобій або їх недостатня кількість у зоні проростання насіння для нодуляції бобових рослин обмежує азотфіксуючий потенціал бобово-ризобіального симбіозу. У зв'язку з цим обов'яз-

ковим агрозаходом у технологіях вирощування зернобобових культур має бути передпосівна обробка насіння біопрепаратами. Мікробні препарати на основі бульбочкових бактерій розробляються як в Україні, так і в інших країнах світу. В умовах України такі препарати забезпечують підвищення продуктивності бобових культур у середньому на 10–30 %, а зростання вмісту протеїну в рослинах – на 20–45 % [1, 6, 7]. Розробляються й застосовуються різні форми препаратів (торф'яна, вермикулітна, гельна і рідка). Наприклад, препарат Ризобіфіт на основі вермикуліту чи гельна форма в умовах України забезпечив приріст насіння сої 3–5 т/га. Ефективність Ризобіфіту була показана і при вирощуванні інших бобових (табл. 3) [7].

Одним із шляхів оптимізації умов функціонування симбіозу є поєднане застосування при інокуляції насіння одночасно із ризобіями інших штамів мікроорганізмів, які володіють фосфатомобілізацією та здатністю пригнічувати розвиток фітопатогенних грибів [4]. Практичне застосування такого поєднання штамів здійснюється через змішування препаратів безпосередньо при інокуляції [4] або при виготовленні препаратів [7, 8]. В Україні розроблено експериментальні комплексні мікробні добрива, що включають інокуляційний матеріал бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, асоціативні азотфіксуючі та фосфатомобілізуючі ризосферні бактерії у формі рідкого препарату [5].

**2. Розміри симбіотичної фіксації азоту і надходження біологічного азоту в ґрунти України**

| Культури  | Розміри азотфіксації, кг азоту/га/рік | Залишається азоту в ґрунті, кг/га | Еквівалентно норми азотних добрив, кг/га |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Зернобобові (горох, соя, вика тощо)                                 | 50–90                                 | 10–20                             | 25–35                                    |
| Багаторічні бобові трави (люцерна, конюшина, еспарцет, буркун тощо) | 90–380                                | 60–120                            | 120–250                                  |

**3. Вплив нітрогінізації на урожай і розміри азотфіксації у бобових рослин (дані Географічної сітки дослідів)**

| Культури  | Середня прибавка, % до контролю | Додаткове нагромадження протеїну, кг/га | Збільшення азотфіксації, кг/га | Приріст азотфіксації, % |
|-----------|---------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------|
| Горох     | 10,5                            | 102                                     | 15–20                          | 30–35                   |
| Вика      | 12,4                            | 120                                     | 20–25                          | 30–35                   |
| Соя       | 18,0                            | 225                                     | 35–60                          | 40–60                   |
| Люпин     | 16,6                            | 170                                     | 35–55                          | 35–50                   |
| Конюшина  | 12,0                            | 240                                     | 50–70                          | 30–40                   |
| Еспарцет  | 15,5                            | 260                                     | 60–80                          | 40–60                   |
| Люцерна   | 16,8                            | 460                                     | 90–120                         | 50–70                   |
| Козлятник | 27,8                            | 620                                     | 110–150                        | 50–80                   |

Не менше значення має й асоціативна азотфіксація, що є більш масштабніша, ніж симбіотична. Проведені багаторічні дослідження застосування діазотрофів у процесі вирощування злакових культур дають підстави стверджувати, що в сучасних умовах за рахунок азотфіксації можна одержати приріст врожаю на рівні застосування 30 кг/га і більше мінерального азоту [6].

Інтродукція діазотрофів у ризосферу пшениці озимої сприяє підвищенню вмісту загального азоту в ґрунті ризосфери і в фітомасі, проте не повністю покриває потребу рослини у цьому елементі [9]. Препарати на основі діазотрофів сприяють підвищенню врожайності пшениці озимої на 0,16–0,43 т/га, вмісту сирого протеїну в насінні на 0,2–0,5 % та загального збору його на 2–13 %. Препарат Діазофит рекомендований при вирощуванні пшениці, рису, ріпаку, а для ячменю – Ризоентерін (табл. 4).

Важливо підкреслити, що асоціативні азотфіксуючі бактерії володіють стимулюючим ефектом завдяки здатності синтезувати рістрегулюючі речовини (ауксини, гібереліни, цитокініни тощо) в кількостях, обумовлених біорегуляторними

механізмами з рослиною [11, 12]. У цьому полягає їх значна перевага перед синтетичними стимуляторами росту.

Враховуючи наведені вище в таблицях дані, а також показники родючості ґрунту, можна приблизно розрахувати норми азотних і фосфорних мінеральних добрив, необхідних для одержання запланованого врожаю у конкретних зональних умовах України, у томі числі й для конкретного поля.

Нижче наводяться орієнтовні підрахунки норм мінеральних добрив з урахуванням симбіотрофного живлення сої. У розрахунки необхідно включати показник біологічної фіксації азоту, коефіцієнти використання азоту, фосфору тощо. Наприклад, у господарстві планують одержувати урожай зерна сої 2,5 т/га (табл. 5). Для формування 1 т зерна вона використовує 85 кг азоту. Ґрунт поля – чорнозем суглинковий, рН – 6,8–7,0, вміст азоту, що легко гідролізується, – 6,2 мг на 100 г ґрунту. В орному шарі ґрунту міститься 186 кг/га азоту. Коефіцієнт використання азоту з ґрунту дорівнює 60–75 %. Значить, із ґрунту рослини можуть засвоювати 139,5 кг/га азоту.

**4. Ефективність діазофіту у різних ґрунтово-кліматичних зонах**

| Країна  | Культура | Приріст врожаю, т/га | % приросту до контролю |
|---------|----------|----------------------|------------------------|
| Китай   | Пшениця  | 1,1                  | 24                     |
| В'єтнам | Рис      | 0,75                 | 27                     |
| Індія   | Пшениця  | 0,6                  | 22                     |
| Україна | Пшениця  | 0,36                 | 14                     |

**5. Розрахунок норм мінеральних добрив з урахуванням симбіотрофного живлення сої під урожай зерна 2,5 т/га [6]**

| Показник   | Азот, що легко гідролізується | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> за ДЕСТ |
|--|-------------------------------|---------------------------------------|
| Вміст в орному шарі:   |                               |                                       |
| мг/100 г ґрунту  | 6,2                           | 1,5                                   |
| кг/га  | 186,0                         | 45,0                                  |
| Коефіцієнт використання з ґрунту, %                              | 75,0                          | 25,0                                  |
| Використання з ґрунту за вегетацію, кг/га                        | 139,5                         | 11,2                                  |
| Винос на 1 т зерна, кг/га  | 85,0                          | 28,5                                  |
| Використання посівом за вегетацію, кг/га                         | 212,5                         | 71,3                                  |
| Нестача для одержання планового врожаю, кг/га                    | 73,0                          | 60,1                                  |
| Засвоєння азоту за рахунок симбіозу:                             |                               |                                       |
| %  | 50,0                          | –                                     |
| кг/га  | 106,2                         | –                                     |
| Засвоєння фосфору за рахунок фосфатмобілізуючих мікроорганізмів: |                               |                                       |
| %  | –                             | 13,8                                  |
| кг/га  | –                             | 13,8                                  |
| Нестача мінеральних добрив для запланованого врожаю, кг/га       | –                             | 46,3                                  |

Для одержання планового врожаю рослинам необхідно додатково 73 кг/га азоту. Нестача елементу азотного живлення може поповнитися завдяки симбіотичній азотфіксації азоту з повітря в кількості 106,2 кг/га, що з надлишком задовольняє потребу рослини.

Інтенсифікація сільського господарства призводить до накопичення фітопатогенного комплексу мікроорганізмів у ґрунті [8], тому інтродукція у агроєкоєнози агрономічноцінних мікроорганізмів є одним зі шляхів вирівнювання природної рівноваги, необхідної для забезпечення оптимальних умов реалізації продуктивного потенціалу рослин [10].

У системі контролю чисельності фітопатогенів важлива роль відводиться мікроорганізмам, які проявляють антагонізм до збудників хвороб рослин, проте не пригнічують розвиток агрономічноцінних штамів. Здатність бактерій подавляти фітопатогени може бути зумовлена як високою швидкістю зайняття своєї екологічної ніші в ризосфері [11], так і біосинтезом антибіотиків чи інших антифунгальних метаболітів (феназин-1-карбонова кислота, феназин-1-карбоксамід тощо). Біосинтез антифунгальних факторів може індукуватися в ризосфері рослин, які екскретують значну кількість органічних кислот.

Важливим напрямом у розробці елементів технології застосування мікробних препаратів у

рослинництві є їх комплексне використання у процесі вирощування злакових культур. Комплекс препаратів складається з суміші Діазофіту, Фосфоентерину та Біополіциду. Застосування такого комплексу (що формується безпосередньо при інокуляції насіння чи іншій обробці рослин) забезпечує в умовах чорноземів прибавку урожаю зернових від 8 до 24 %.

У передмові до основних правил Міжнародної федерації екологічного землеробства IFOAM, створеної у 1972 році у Версалі, знаходимо фігуральний вислів: «Відвіку людині відомо, що її уміння впливати на середовище набагато перевищує її право на це. На користь кожної людини і суспільства в цілому наші безпосередні потреби мають бути приведені у відповідність із законами природи. Якщо останні й далі ігноруватимуться, то людство виріє собі могилу. Ми повинні розвивати окреме сільське господарство як організм і розуміти його як живу екосистему, зразок якої взятий із самої природи, що представляє альтернативу голої інтенсифікації, спеціалізації та хімізації».

**Висновки.** Широкомасштабне застосування екологічно доцільних технологій із використанням мікробних препаратів – важлива перспектива одержання високоякісної конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції, збереження родючості ґрунту та навколишнього середовища.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Биопрепараты в сельском хозяйстве // Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / Под ред. И. А. Тихоновича и Ю. В. Круглова. – М., 2005. – 154 с.
2. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. [та ін.]. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. – К.: Аграрна наука, 2006. – 312 с.
3. Дідович С. В., Толкачов М. З., Бутвіна О. Ю. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроєкоєнозах України // Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвід. темат. наук. зб. ІСГМ УААН. – Чернігів, 2008. – Вип. 8. – С. 117–125.
4. Курдиш І. К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкоєносистеми. – К.: Наукова думка, 2010. – 255 с.
5. Новые технологии производства и применения препаратов комплексного действия / Под ред. А. А. Завалина, А. П. Кожемякова – СПб: ХИМИЗДАТ, 2010. – 64 с.
6. Патица В. П., Тихонович І. А., Філін'єв І. Д. [та ін.]. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / За ред. В. П. Патики. – К.: Урожай, 1993. – 176 с.
7. Патица В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. [та ін.]. Біологічний азот. – Київ: Світ, 2003. – 424 с.
8. Сайко В. Ф. Наукові основи стійкого землеробства в Україні / Вісник аграрної науки. – 2011, №1. – С. 5–12.
9. Шерстобоева О. В. Оптимізація структури мікробних угруповань кореневої зони озимої пшениці: Дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16. – К., 2004. – 296 с.
10. Kapulnik Y. Plant growth promoting by rhizosphere bacteria // Plant Roots. The Hidden Half / Eds. Waisel Y., Eshel A., Kafkafi U. New York: Marcel Dekkers, 1996. – P. 769–781.
11. Lugtenberg B. J. J., de Weger L. A., Bennett J. W. Microbial stimulation of plant growth and protection from disease // Curr. Opin. Microbiol., 1991. – V. 2. – P. 457–464.
12. Steenhoudt O., Vanderleyden J. Azospirillum, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects // FEMS Microbiol. Rev., 2000. – V. 24. – P. 487–506.