

4. Булаткин Г.А. Энергетические аспекты воспроизводства почвенного плодородия // Вестн. с.-х. науки. — 1987. — № 1. — С. 35–40.
5. Прістер Б.С. Ведення сільського господарства на радіоактивно забруднених територіях. Національна доповідь України. 25 років Чорнобильської катастрофи. — К.: КІМ, 2011. — С. 75–91.
6. Волобуев В.Р. Агроенергетика — актуальная научная и практическая проблема // Почвоведение. — 1983. — № 6. — С. 83–89.
7. Методика оценки биоэнергетической эффективности технологий производства кукурузы. — Днепропетровск, 1984. — 43 с.
8. Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных процесса в растениеводстве. — М., 1985, — 44 с.
9. Методические рекомендации по энергетической оценке систем и приёмов обработки почвы. — М.: 1989. — 29 с.
10. Дутов О.І. Сучасні підходи до раціонального використання радіоактивно забруднених земель (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС) / О.І. Дутов // Агрохімія і Ґрунтознавство. Міжвідомчий науковий збірник. Випуск 77. — Харків: ННЦ ім. Соколовського 2012. — С. 38–43.

УДК 633.31/37 : 631.461

ВПЛИВ СПОСОБІВ ЗАСТОСУВАННЯ МІКОРИЗНИХ ГРИБІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОЖНИВНОЇ СОЇ

С.Ф. Абдурашитов

науковий співробітник лабораторії молекулярної і клітинної біології

Науково-дослідний інститут сільського господарства Криму

В.В. Волкогон

член-кореспондент НААН, доктор сільськогосподарських наук, професор директор

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

На основі результатів трирічних польових дослідів з пожнивною соєю проаналізовано вплив різних способів застосування асоціацій арбускулярно-мікоризних грибів (АМ) у поєднанні з Ризобіотом (біологічний агент — *Bradyrhizobium japonicum* 36) на функціонування симбіозів, урожайність і рентабельність вирощування культури, якості продукції. Встановлено, що інокуляція сої асоціаціями грибів АМ *Rhizorhagus* sp. P3 (під попередник) і *Rhizorhagus* sp. S5 (з насінням сої) є ефективним для збільшення врожайності на 15,1–15,9 %, вмісту олії і фосфору у насінні, рентабельності вирощування сої на 19,2–20,8 % порівняно з моноінокуляцією бульбочковими бактеріями. Врожайність за вказаних способів використання мікоризного інокулюму істотно не відрізнялась від інших досліджуваних. Для використання в екологічно-безпечному сільськогосподарському виробництві після пшениці озимої пропонується застосовувати асоціацію *Rhizorhagus* sp. P3 з внесінням під попередник і асоціацію *Rhizorhagus* sp. S5 з насінням пожнивної сої за поєднання з Ризобіотом.

Ключові слова: асоціації грибів арбускулярної мікоризи, Ризобіот, пожнивна соя, продуктивність, рентабельність, якість зерна.

Одним із способів вирощування сої (*Glycine max* (L.) Merr.) в Україні є пожнивний — після збору ранніх озимих культур [1]. Для ефективного росту і розвитку рослин сої використовують симбіотичні мікроорганізми з різною домінуючою функцією: азотфіксацією, фосфатмобілізацією, захистом від фітопатогенів тощо, що сприяє покращенню живлення та зменшенню пестицидного навантаження на агроценози [4; 8].

Серед мікроорганізмів особливе місце належить грибам арбускулярної мікоризи (АМ),

які мають багатофункціональний характер дії на рослини, передусім сприяють збільшенню поглинальної здатності кореневої системи, що підсилює інтенсивність засвоєння сполук біогенних елементів і послаблює негативний вплив посухи, засолення ґрунтів [12]. Проте їх використання в умовах Степу України обмежене внаслідок недостатньої вивченості впливу грибів на продукційний процес сільськогосподарських культур. Крім того, виробництво препаратів на основі грибів АМ є трудомістким і недешевим [10], що обумовлює потребу ство-

рення недорогих технологій їх виробництва і застосування. З огляду на це, метою наших досліджень було вивчити вплив різних способів використання грибів АМ на продуктивність сої і якість продукції.

Вивчення впливу різних способів застосування грибів АМ на ефективність симбіозу з поживною соєю проводили в умовах польового дослідження на лучно-чорноземному ґрунті на базі Інституту сільського господарства Криму впродовж 2011–2013 рр. Агрохімічна характеристика ґрунту: рН — 8,5; рК — 7,4; NH_4 (обмінний) — 26,3 мг/кг ґрунту, NO_3 — 21,3, рухомий P_2O_5 — 60,6, K_2O — 564,6 мг/кг ґрунту, гумус — 2,1 % [9]. Використовували препарат Ризобофіт на основі штаму *Bradyrhizobium japonicum* 36 та дві нові асоціації грибів АМ *Rhizopagus sp.* P3 і *Rhizopagus sp.* S5. Сою сорту Аннушка вирощували за відповідною зональною технологією в умовах зрошення. Інокулюм на основі грибів АМ вносили трьома способами: восени під час посіву попередника сої — пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.), влітку під час посіву сої, а також двічі — під попередник і під дослідну культуру. Цей інокулюм у вигляді субстратно-кореневої суміші вносили безпосередньо перед посівом насіння або рослини-попередника і/або сої у рядки із розрахунку 200 кг/га з титром близько 50 колонієутворюючих одиниць на 1 грам. Негативним контролем був варіант без обробки мікроорганізмами, позитивним — варіант з бактеризацією насіння Ризобофітом. Досліди проводили у

п'ятиразовому повторенні з площею облікової ділянки 10 м². Ефективність взаємодії рослин з асоціаціями грибів АМ оцінювали за рівнем урожайності. Урожай збирали вручну снопами і обмолочували на сноповій молотарці. Отриману масу зерна перераховували на 100 %-ву чистоту та 14 %-ву вологість. Визначення вмісту азоту, фосфору та олії у зерні сої здійснювали відповідними методами [3, 6]. Рентабельність розраховували за формулою:

$$P = (\text{Ур} \times \text{Ц} - \text{Сб}) / \text{Сб} \times 100 \%, \quad (1)$$

де P — рентабельність виробництва, Ур — урожайність т/га, Ц — ціна насіння за 1 т на 15 жовтня 2011–2013 рр. [2], Сб — собівартість продукції з 1 га, згідно з технологічною картою.

Кількість сформованих симбіотичних структур встановлювали у фазу цвітіння рослин. Аналіз насиченості кореневої системи рослин симбіотичними структурами АМ здійснювали у спосіб мікроскопування [13, 14]. Нітрогеназну активність визначали на газовому хроматографі «Chrom-5» [11]. Статистичну обробку даних проводили методом двофакторного дисперсійного [5] та кореляційного аналізів [7].

У лучно-чорноземному ґрунті налічується чисельна популяція бульбочкових бактерій сої і грибів АМ, що свідчать дані контрольного варіанта. Так, на контролі утворилося 4,2 бульбочки на рослину з масою 171,0 мг/рослину в середньому за три роки досліджень (табл. 1). Бактеризація Ризобофітом сприяла

Таблиця 1

Вплив способів застосування асоціацій грибів АМ на розвиток бобово-ризобіального симбіозу (середнє за 2011–2013 рр.)

Варіанти дослідження	Кількість бульбочок, од./рослину	Маса бульбочок, мг/рослину	Нітрогеназна активність, нМоль C_2H_4 /рослину
Контроль	4,2	171,3	5895
Ризобофіт	10,7	319,4	10369
<i>Внесення інокулюму АМ грибів під сою*</i>			
P3	12,2	306,5	13308
S5	7,3	248,3	11566
<i>Внесення інокулюму АМ грибів під попередник*</i>			
P3	14,1	354,9	13733
S5	11,2	306,5	12665
<i>Подвійне внесення інокулюму АМ грибів (під попередник і під сою)*</i>			
P3	8,8	289,7	11669
S5	11,9	376,9	14252
НІР ₀₅	3,2	95,1	3358

Примітка: * — насіння сої оброблене Ризобофітом.

збільшенню у 2,5 раза кількості та в 1,9 раза біомаси бульбочок. Внесення асоціацій грибів АМ істотно не впливало на розвиток бобово-ризобіального симбіозу, проте застосування асоціації *Rhizophagus sp.* P3 під попередник і асоціації *Rhizophagus sp.* S5 двічі (під попередник і під сою) забезпечило збільшення нітрогеназної активності на 32,4–37,4 % порівняно з моноінокуляцією Ризобофітом у середньому за три роки.

Частота виявлення мікоризної колонізації у контрольному варіанті становила 86,5 %, інтенсивність мікоризації — 31,4, кількість арбускул — 17,7 % (табл. 2). Найбільшу інтенсивність розвитку мікоризи спостерігалася у варіанті з внесенням асоціації S5 під попередник, а P3 за її подвійного внесення — показники перевищували контроль на 11,1–18,4 % у середньому за роки досліджень. За моноінокуляції Ризобофітом розвиток мікоризи був меншим від контролю (без обробки мікроорганізмами), що вірогідно обумовлено перерозподілом енергетичних затрат на утворення симбіозів.

Основною характеристикою ефективності використання мікробних препаратів є врожайність насіння і рентабельність аграрного виробництва. За роки досліджень у середньому врожайність сої в контрольному варіанті становила 1,56 т/га, а рентабельність вирощування культури — 92,5 % (рис. 1).

Застосування подвійної інокуляції з внесенням асоціації P3 під попередник і асоціації S5

з насінням сої позитивно впливало на її продуктивність і збільшило врожайність зерна на 29,9–30,8 % порівняно з контролем і на 15,1–15,9 % порівняно з використанням Ризобофіту, а рівень рентабельності зріс за цих способів внесення на 45,2–47,0 і 19,2–20,8 % відповідно (в середньому за роки досліджень). За подвійного внесення грибів АМ під попередник і за поєднання з соєю істотної зміни врожайності не спостерігалось. Високий рівень рентабельності в усіх варіантах значною мірою пояснюється здешевленням технології вирощування культури внаслідок відмови від хімічних пестицидів.

За роки досліджень було відзначено, що бактеризація Ризобофітом збільшує вміст азоту (і відповідно сирого протеїну) і зменшує вміст фосфору в зерні сої, натомість олійність культури не змінюється порівняно з контролем (без обробки біопрепаратами). Проте за поєднаного застосування Ризобофіту та асоціацій грибів АМ вміст азоту і фосфору досягає рівня контролю. Завдяки збільшенню врожайності, за всіх способів внесення асоціацій, отримано приріст збору сирого протеїну у межах 19,0–30,3 % і збору сирі олії — 15,6–30,2 % (рис. 2).

Достовірної різниці щодо урожайності пожнивної сої і рентабельності її вирощування між способами застосування мікоризного інокулянту не виявлено. Проте встановлено, що асоціації P3 і S5 внесені лише під попередник і рослини, оброблені асоціацією S5, з попереднім обробленням насіння сої, найбільш позитивно

Таблиця 2

Вплив способів внесення асоціацій грибів АМ на розвиток мікоризи у коренях сої (середнє за 2011–2013 рр.)

Варіанти досліджу	Частота виявлення мікоризи, % на 1 см кореня	Інтенсивність мікоризації, % на 1 см кореня	Кількість арбускул, %
Контроль	86,5	31,4	17,7
Ризобофіт	79,4	24,4	9,5
<i>Внесення інокулянту АМ грибів під сою*</i>			
P3	65,0	18,9	9,1
S5	70,3	24,0	12,6
<i>Внесення інокулянту АМ грибів під попередник*</i>			
P3	70,8	25,7	14,4
S5	87,8	49,8	21,9
<i>Подвійне внесення інокулянту АМ грибів (під попередник і під сою)*</i>			
P3	80,6	42,5	15,9
S5	74,5	31,9	14,0
НІР ₀₅	11,1	9,2	6,5

Примітка: * — насіння сої, оброблене Ризобофітом.

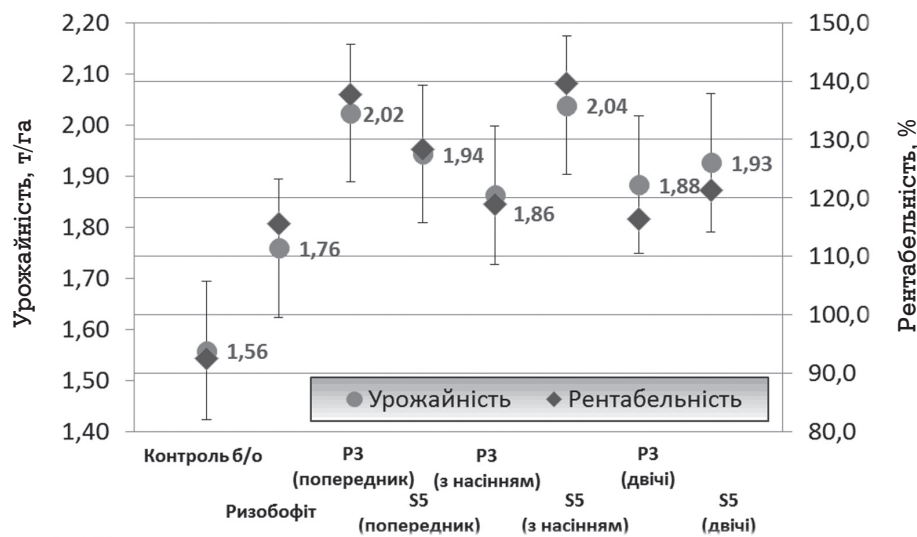


Рис 1. Урожайність і рентабельність вирощування поживної сої сорту Аннушка за різних способів внесення асоціацій грибів АМ, (середнє за 2011–2013 рр.)

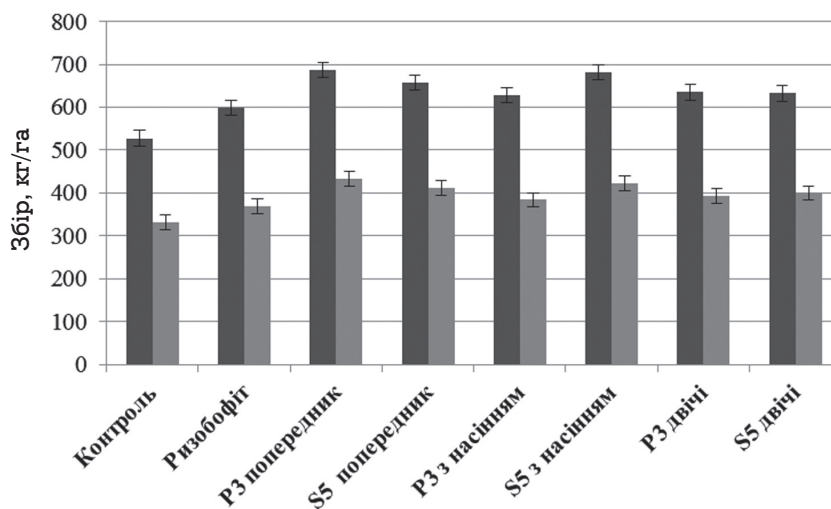


Рис. 2. Збір протеїну й олії за різних способів внесення асоціацій грибів АМ (середнє за 2011–2013 рр.)

порівняно з іншими способами внесення грибів АМ впливали на збір сирих протеїну та олії. Ефект зростання врожайності та інших досліджуваних показників у варіантах з внесенням асоціації Р3 і S5 з насінням пшениці озимої, вірогідно, обумовлено збільшеною інтенсивністю мікоризації попередника на 90,4 % та кількості спор ендомікоризних грибів на 93,0 % (підраховано у фазу стиглості культури). За роки досліджень встановлено істотний вплив на функціонування кореневих бульбочок (зокрема нітрогеназної активності) на врожайність, де рівень кореляції становив 0,81. Найвагомими чинниками впливу на нітрогеназну активність були кількість спор ендомікоризних грибів, за-

лишених після пшениці, та біомаса бульбочок з рівнем кореляції 0,72 і 0,91 відповідно. На якість врожаю впливає кількість сформованих соєю арбускул ($r = 0,72$ для олійності і 0,74 — для вмісту фосфору).

ВИСНОВКИ

Різні способи внесення асоціацій грибів АМ за поєднання з Ризобіфітом позитивно впливають на продуктивність поживної сої сорту Аннушка. Встановлено, що інокуляція сої асоціаціями грибів АМ *Rhizophagus sp.* Р3 (під попередник) і *Rhizophagus sp.* S5 (з насінням сої) є ефективним для збільшення врожайності на 15,1–15,9 %, вмісту олії і фосфору у насінні,

рентабельності вирощування сої на 19,2–20,8 % порівняно з моноінокуляцією бульбочковими бактеріями, але достовірно не відрізняються від інших способів за врожайністю.

За інокуляції пшениці озимої у ґрунті накопичувались гриби АМ у вигляді інтенсивно розвиненого міцелію та збільшеної кількості спор, що позитивно впливали на наступну поживну культуру. Для використання в екологічнобезпечному сільськогосподарському виробництві після пшениці озимої пропонується застосовувати асоціацію РЗ з внесенням під попередник поживної сої, а асоціацію S5 — з насінням. Цей агроприйом інтенсифікує функціонування бобово-ризобіального симбіозу та покращує якість зерна сої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамень Ф.Ф. Усовершенствованная технология выращивания сои в поукосных и поживных посевах юга Украины / Ф.Ф. Адамень. — Клепино: НПО «Элита», 1995. — 56 с.
2. АПК-ИНФОРМ. Цена спрос, EXW [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.apk-inform.com>.
3. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / З.М. Грицаєнко, А.О. Грицаєнко, В.П. Карпенко. — К.: НІЧЛАВА, 2003. — 320 с.
4. Эффективность агроценозов бобовых культур / С.В. Дидович, В.С. Зотов, Е.Л. Турина и др. // Сборник научных трудов SWorld. — 2015. — Вып. 1 (38). — Т. 24. — С. 22–25
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов — М.: Агропромиздат, 1985. — 352 с.
6. Методика определения содержания азота, фосфора и калия в эфиромасличных растениях. — Симферополь: ВНИИЭМК, 1987. — 16 с.
7. Методические рекомендации по использованию граф-анализа в исследованиях систем, состоящих из биотических и абиотических компонентов / Н.И. Воробьев, О.В. Свиридова, Р.С. Кутузова. — 2-е изд, перераб. и доп. — СПб.: ГНУ ВНИИСХМ, 2006. — 59 с.
8. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: Монографія / [В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Т.М. Ковалевська та ін.]; За ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграрна наука, 2006. — 312 с.
9. Практикум по агрохимическому анализу почв: учеб. пособие — [3-е изд., перераб. и доп.] / [К.Г. Крейер, Т.А. Банкина, Н.Е. Орлова, Г.М. Юрьева]; за ред. К.Г. Крейера — СПб. — 2005. — 88 с.
10. Dalpe Y. Arbuscular mycorrhiza inoculum to support sustainable cropping systems / Y. Dalpe, M. Monreal // Online. Crop Management. — 2004. doi:10.1094/CM-2004-0301-09-RV.
11. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation laboratory and field evaluation / R.W.F. Hardy, R.D. Holsten, E.K. Jackson et al. // Plant. Physiol. — 1968. — Vol. 42 (8). — P. 1185–1207.
12. Smith S.E. Mycorrhizal symbiosis / S.E. Smith, D.J. Read; [3rd eds.]. — London: Academic Press, 2008. — 815 p.
13. Trouvelot A. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle / A. Trouvelot, J.L. Kough, V. Gianinazzi-Pearson // Physiological and genetical aspects of mycorrhizae; eds. V. Gianinazzi-Pearson, S. Gianinazzi. — Paris: INRA, 1986. — P. 217–221.
14. Ink and Vinegar, a Simple Staining Technique for Arbuscular-Mycorrhizal Fungi / H. Vierheilig, A.P. Coughlan, U. Wyss, Y. Piché // Applied and Environ. Microbiol. American Society for Microbiology. — 1998. — Vol. 64 (12). — P. 5004–5007.

Новини

— Новини

Новини • Новини • Новини

БІОПЛАСТИК — ПРИКЛАД СУЧАСНИХ ЕКОТЕХНОЛОГІЙ

Сьогодні в світі набуває поширення ще одна екотехнологія, яка може залишити виробництво небезпечного пластику далеко позаду — біопластик або органічна пластмаса. Біопластик — форма пластмас, яку отримують із крохмалю, пшеничної соломи, соєвих бобів, зерна цукрової тростини (багаси) або бамбукової фібри. На відміну від звичайного пластику, джерелом якого є продукти нафтової промисловості, біопластик безпечний як для здоров'я людини, так і для навколишнього середовища. Він не містить потенційно небезпечних для здоров'я речовин, він не токсичний у виробництві, легше переробляється. І хоча біопластик і біопосуд на його основі поки не отримав широкого розповсюдження, інтерес до нього безперервно зростає, і вже сьогодні його можна купити в спеціалізованих магазинах.