

УДК 581.132:633.34:632.95

РЕАКЦІЯ СИМБІОТИЧНИХ СИСТЕМ СОЇ НА ДІЮ ФУНГІЦИДІВ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБКИ

А.В. ПАВЛИЩЕ, Д.А. КІРІЗІЙ, С.Я. КОЦЬ

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: zapadenka2015@gmail.com*

В умовах модельного вегетаційного дослідження з пшаною культурою вивчали вплив передпосівної обробки насіння сої фунгіцидами та інокуляції *Bradyrhizobium japonicum*, а також обробки рослин по вегетації на формування і функціонування бобово-ризобіального симбіозу й продуктивність рослин. Показано, що протруювання насіння негативно впливало на процеси нодуляції, азотфіксуювальну активність бульбочок, інтенсивність фотосинтезу і транспірації листків. При цьому ступінь прояву ефекту залежав від препарату і способу обробки. Пригнічення процесів азотфіксації та фотосинтезу призвело до істотного зниження зернової продуктивності рослин порівняно з необробленими, крім варіанта із застосуванням фунгіциду аканто плюс по вегетації.

Ключові слова: *Bradyrhizobium japonicum*, соя, фунгіциди, бобово-ризобіальний симбіоз, азотфіксуювальна активність, фотосинтез, продуктивність.

Виробництво сої в Україні й у світі в цілому характеризується динамічним зростанням посівних площ і збільшенням урожайності, що зумовлено важливим продовольчим, технічним та агротехнічним значенням цієї культури [6]. У насінні сої міститься 38–42 % білка, 18–23 жиру, 25–30 % вуглеводів, ферменти, вітаміни, ізофлавіони, мінеральні речовини [18]. Усе це робить сою винятковою бобовою культурою, яка не має рівних, а за здатністю фіксувати молекулярний азот за допомогою симбіозу — займає провідні позиції серед інших культур [13].

В основі продукційного процесу рослин лежать дві головні складові — вуглецеве та азотне живлення. За бобово-ризобіального симбіозу ці процеси тісно взаємодіють — кореневі бульбочки постачають азотовмісні сполуки, необхідні для синтезу структурних і ферментних білків фотосинтетичного апарату. Останній, у свою чергу, забезпечує пластичними речовинами та енергією функціонування азотфіксуювальних систем бульбочок. Тому між показниками інтенсивності азотфіксації та фотосинтезу бобових рослин, зокрема сої, зазвичай виявляється тісний зв'язок [12].

У сучасному землеробстві важливим залишається створення екологічно безпечних технологій вирощування бобових культур за максимального використання процесу симбіотичної азотфіксації [17]. Відомо, що на інтенсивність росту, розвитку рослин сої та рівень реалізації генетичного потенціалу продуктивності позитивно впливає інокуляція насіння високоактивними виробничими штамми бульбочкових бактерій

[5, 11]. Разом з тим одним з основних чинників, який дестабілізує виробництво продукції, є зараження рослин фітопатогенними мікроорганізмами. Близько 50 хвороб (бактеріоз, фузаріоз, антракноз, пероноспороз, аскохітоз, плямистості, біла гниль та ін.) уражують сою в різні фази росту і розвитку рослин [9, 19]. Це призводить до зниження енергії проростання насіння та його схожості, зрідження посівів, зменшення фотосинтетичної поверхні, як наслідок, до втрати 30—40 % урожаю зерна.

Отже, однією з важливих складових агротехніки вирощування зернобобових культур, у тому числі сої, є захист від ураження фітопатогенами для максимального розкриття потенціалу симбіотичних систем [15, 20]. Для цього дедалі частіше використовують протруйники паралельно з інокуляцією насіння [3, 4, 10]. Вони забезпечують контроль над розвитком шкочочинних мікроорганізмів на початку вегетації і пригнічують їх у пізніші фази розвитку рослин.

Разом з тим відомо, що фунгіциди як біологічно активні речовини впливають на інтенсивність фотосинтезу [27], дихання, регуляцію окисно-відновного балансу, процеси метаболізму рослин, азотфіксувальну активність симбіотичних систем [2, 29]. Особливо чутливими до хімічних засобів захисту рослин є бульбочкові бактерії. Тому необхідно враховувати взаємодію інокулянтів із протруйниками, щоб позитивні ефекти від їх застосування не нівелювалися [4]. Характер впливу препаратів, далеко не завжди позитивний, залежить від хімічної природи речовини (ступеня токсичності окремих сполук і від їх комбінації), концентрації, способу застосування, терміну та норми внесення [1, 4, 16]. Все це призводить до змін у процесах формування бобово-ризобіального симбіозу та життєдіяльності рослинного організму в цілому. Слід особливо враховувати, що фунгіциди системної дії здатні чинити подвійний вплив на бобові рослини. З одного боку, опосередковано — через формування і функціонування корневих бульбочок і забезпечення рослини та її фотосинтетичного апарату азотом, з іншого — безпосередньо впливати як фізіологічно активні речовини на метаболізм рослини в цілому та процеси фотосинтезу зокрема.

З огляду на викладене потрібно ретельно вивчити токсичну дію фунгіцидів на мікро- і макросимбіонтів й бобово-ризобіальні системи в цілому при інокуляції та протруюванні насіння, оскільки в кінцевому рахунку це може вплинути на урожайність рослин сої.

Метою роботи було дослідження особливостей формування і функціонування симбіозу соя—*Bradyrhizobium japonicum* 6346 за різних способів використання фізіологічно активних речовин із фунгіцидною активністю у зв'язку з продуктивністю рослин.

Методика

Досліджували симбіотичні системи, створені за участю рослин сої сорту Алмаз та активного й ефективного у симбіозі з рослинами штаму бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 6346 (виробничий штамп-стандарт) із музейної Колекції штамів азотфіксувальних та асоціативних мікроорганізмів Інституту фізіології рослин і генетики (ІФРГ) НАН України.

Насіння обробляли фунгіцидами контактної-системної та системної дії з різними діючими речовинами: стандак топ («BASF», Німеччина) — інноваційний протруйник для контролю основних хвороб і

шкідників сої з діючими речовинами фіпроніл (250 г/л; клас фенілпіразоли) + тіофанатметил (225 г/л; клас бензімідазоли) + піраклостробін (25 г/л; клас стробілуринів); контактено-системний фунгіцид февер («Bayer CropScience AG», Німеччина) з активною речовиною протіокназол (300 г/л) з нового підкласу триазолінтіонів; класичний універсальний фунгіцид на основі беномілу (500 г/кг; клас бензімідазоли) — бенорад (ТОВ «Август—Україна»). Насіння протруювали суспензіями препаратів за 14 діб до посіву (завчасна обробка) і в день посіву. Фунгіцид аканто плюс («Du Pont», США) — двохкомпонентний фунгіцид із діючими речовинами пікоксистробін (200 г/л) і ципроконазол (80 г/л; клас триазоли) застосовували по вегетації у фазу бутонізації рослин. Усі протруйники використовували в дозі 1 норма, рекомендованій виробниками.

Рослини вирощували на вегетаційному майданчику ІФРГ НАН України у посудинах Вагнера місткістю 9 кг (по 8 рослин у кожній). Субстратом слугував промитий річковий пісок. Джерелом мінерального живлення була поживна суміш Гельригеля, збагачена мікроелементами молібденом, бором, манганом і міддю та збіднена на азот (0,25 норми). Досліди закладали у 10-разовій повторності.

Перед посівом оброблене фунгіцидами насіння інокулювали протягом 1 год суспензією *Bradyrhizobium japonicum* 6346 із титром клітин 10^7 кл/мл. Схема досліду включала 8 варіантів: 1 — контроль; 2, 3 — обробка насіння бенорадом відповідно за 14 діб до посіву і в день посіву; 4, 5 — обробка насіння стандак топом за 14 діб до посіву і в день посіву; 6, 7 — обробка насіння февером за 14 діб до посіву і в день посіву; 8 — обробка аканто плюс по вегетації. Контролем слугували рослини, насіння яких було інокульоване бактеріями без застосування протруйників.

Ефективність функціонування симбіотичних систем оцінювали за кількістю, масою сформованих бульбочок та їх нітрогеназною активністю. Вимірювали також інтенсивність фотосинтезу і транспірації листків як інтегральні показники функціонального стану рослинного організму.

Інтенсивність газообміну листків визначали у фазі бутонізації та масового цвітіння, інтенсивність фотосинтезу — в контрольованих умовах за допомогою оптико-акустичного інфрачервоного газоаналізатора ГІАМ-5М, увімкненого за диференційною схемою. Для вимірювань використовували середню частку невідокремленого від рослини третього згори листка, яку вміщували в термостатовану камеру. Листок освітлювали лампою КГ-2000 через водяний фільтр. Густина променевого потоку в камері становила 400 Вт/м^2 ФАР, температура — 25°C . Через камеру продували повітря з природною концентрацією CO_2 зі швидкістю 1 л/хв. Інтенсивність поглинання CO_2 на світлі вимірювали через 30—40 хв після вміщення листка в камеру й досягнення показниками стаціонарного рівня. Інтенсивність транспірації визначали термоелектричним мікропсихрометром за різницею вологості повітря на вході й виході з камери з листком.

Для встановлення азотфіксувальної активності (АФА), обліку кількості та маси корневих бульбочок рослини відбирали в три фази: бутонізації, масового цвітіння та утворення бобів. Азотфіксувальну активність симбіотичних систем визначали ацетиленовим методом [24].

Проби відбирали у триразовій повторності. Результати оброблено статистично методом дисперсійного аналізу [7] з використанням програми Microsoft Excel.

Результати та обговорення

Перш ніж перейти до викладу й обговорення результатів слід наголосити, що вегетаційний дослід із використанням як субстрату річкового піску певною мірою є модельним. За цих умов можна очікувати жорсткішого ефекту від дії протруйників на формування симбіозу і власне насіння, оскільки за польових умов певна частка фунгіциду абсорбується ґрунтом і може вступати в хімічні реакції з його компонентами або детоксифікуватись стійкою мікрофлорою. Розглянемо отримані в наших дослідках результати з двох позицій: впливу фунгіцидів на функціональний стан симбіотичного та фотосинтетичного апаратів рослин сої.

Застосування протруйників одночасно з інокуляцією істотно пригнічувало формування і функціонування симбіотичного апарату на початкових етапах (фаза бутонізації) незалежно від часу їх внесення. Проте в разі завчасного протруювання показники були ліпшими, ніж за обробки у день посіву (табл. 1).

Фунгіцид бенорад (за обох способів застосування) у фазу бутонізації і навіть у фазу масового цвітіння практично повністю пригнічував формування симбіотичного апарату в рослин сої. Нодуляційна здатність ризобій починала виявлятися тільки у фазу утворення бобів у варіанті із завчасною обробкою насіння. Цей ефект може бути зумовлений тим, що діюча речовина — беноміл, яка входить до складу препарату, є досить персистентною, й отже, тривалий час діє на фізіологічні процеси рослин і бульбочкові бактерії. Не виключений також її підвищений токсичний вплив на певні етапи нодуляційного процесу.

Фунгіцид стандак топ чинив найменш виражений токсичний вплив порівняно з іншими досліджуваними препаратами. У фазу масового цвітіння кількість кореневих бульбочок досягала контрольного значення (незалежно від терміну обробки), а їх маса навіть перевищувала його (див. табл. 1). У фазу утворення бобів істотно вирізнявся варіант із завчасною обробкою насіння цим фунгіцидом, в якому кількість і маса бульбочок на рослину були більшими порівняно з контрольними рослинами.

Февер чинив значний негативний вплив на формування і функціонування симбіотичного апарату рослин сої. За обробки насіння за 14 діб до посіву симбіотичні показники були ліпшими, ніж у варіанті протруювання насіння в день посіву, проте нижчими за контрольні. Тільки у фазу масового цвітіння за завчасної обробки насіння кількість бульбочок сягала варіанта без внесення протруйників (див. табл. 1).

Зменшення кількості кореневих бульбочок та їх маси у сої очевидно пов'язане з інгібувальним впливом протруйників на процес утворення бобово-ризобіального симбіозу, можливо на етапі взаєморозпізнавання мікро- і макросимбіонтів. Згодом ця дія нівелювалась.

При обприскуванні рослин у фазу бутонізації фунгіцидом аканто плюс кількість і маса бульбочок на коренях сої у фазу масового цвітіння були більшими (відповідно на 46 і 113 %) порівняно з контрольними

ТАБЛИЦА 1. Кількість і маса бульбочок на рослинах сої сорту Алмаз за обробки фунгіцидами та інокуляції в день посіву *Vigna unguiculata* іронісит итам 6346 (у розрахунку на 1 рослину)

Варіант	Бутонізація		Цвітіння		Утворення бобів	
	Кількість, шт.	Маса, г	Кількість, шт.	Маса, г	Кількість, шт.	Маса, г
Контроль (без обробки)	5,75±0,48	0,059±0,002	2,75±0,25	0,083±0,002	4,00±0,40	0,332±0,026
Бенорад	0	0	0	0	2,50±0,20	0,204±0,016
Стандак топ	3,50±0,29	0,024±0,001	2,75±0,25	0,188±0,007	5,00±0,42	0,443±0,018
Февер	2,00±0,10	0,023±0	3,00±0,30	0,069±0,011	3,25±0,25	0,252±0,020
Бенорад	0	0	0	0	0	0
Стандак топ	1,50±0,15	0,022±0,001	2,25±0,25	0,160±0,015	3,50±0,25	0,202±0,020
Февер	0	0	1,00±0	0,050±0,003	2,50±0,25	0,193±0,017
Аканто плес	–	–	4,00±0,40	0,170±0,014	4,00±0,40	0,473±0,033

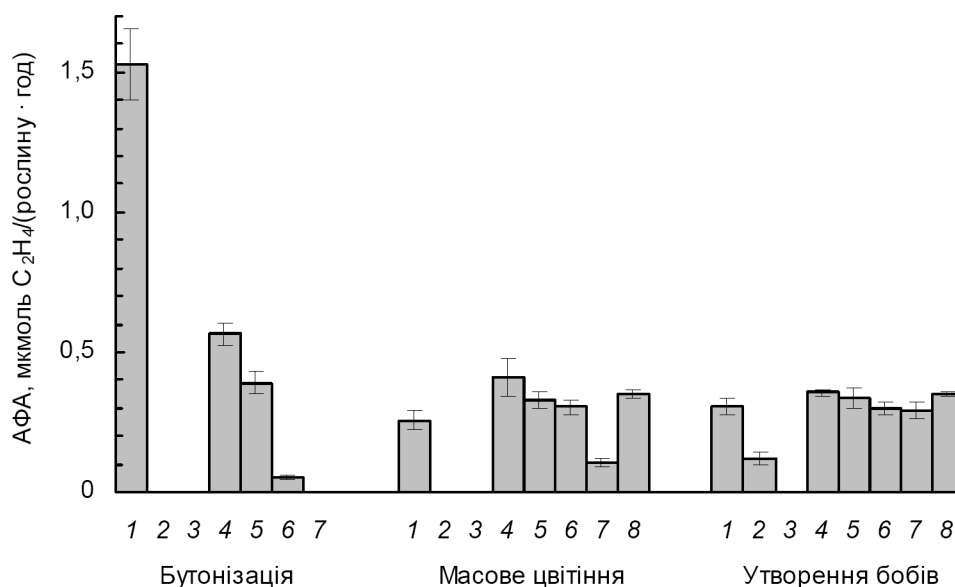


Рис. 1. Азотфіксувальна активність сої за обробки фунгіцидами. Тут і на рис. 2, 3:

1 — контроль; 2 — бенорад за 14 діб; 3 — бенорад у день посіву; 4 — стандак топ за 14 діб; 5 — стандак топ у день посіву; 6 — февер за 14 діб; 7 — февер у день посіву; 8 — аканто плюс по вегетації

значеннями (див. табл. 1). У фазу утворення бобів за кількістю корених бульбочок рослини сої, оброблені цим фунгіцидом, були на рівні контрольних, а за масою значно (на 33 %) перевищували їх. Оскільки цей фунгіцид почав діяти на рослини, коли симбіотичні системи вже були сформовані, то він не вплинув негативно на нодуляційні процеси. Виявлено навіть певний стимулювальний вплив аканто плюс на формування симбіотичного апарату, вірогідно через регуляцію фізіологічного стану рослини. Оскільки до складу цього препарату входить речовина класу триазолів, для яких характерні ретардантні ефекти, за його дії могла відбутися певна корекція донорно-акцепторних відносин, а саме — гальмування вегетативного росту і перерозподіл асимілятів на користь симбіотичного апарату. Такий ефект описано в літературі для іншого триазолового препарату — паклобутразолу [14].

Азотфіксувальна активність симбіотичних систем у фазу бутонізації в разі застосування фунгіцидів була значно нижчою, ніж у контрольних рослин, незалежно від діючої речовини протруйників та часу обробки насіння (рис. 1). Разом з тим протягом вегетаційного періоду негативний вплив фунгіцидів на функціонування симбіотичних систем сої знижувався. Зокрема, у фазу масового цвітіння за завчасної обробки фунгіцидом стандак топ та обробки по вегетації аканто плюс азотфіксувальна активність виявилась вищою порівняно з контролем, у фазу утворення бобів — на рівні контролю. Як уже зазначалось, симбіотичний апарат у рослин сої, насіння якої обробляли бенорадом у день посіву, не сформувався. Тому рослини не фіксували атмосферного азоту, і лише у варіанті із завчасним протруюванням насіння у фазу утворення бобів сформувався симбіотичний апарат. Проте його азотфіксувальна активність була низькою як відносно контролю, так і порівняно з варіантами використання інших фунгіцидів.

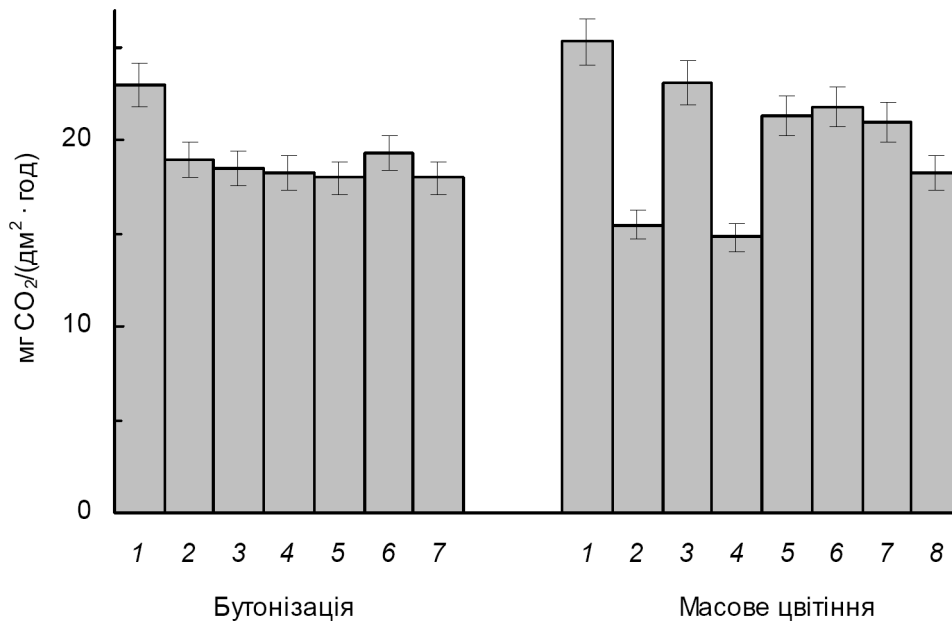


Рис. 2. Інтенсивність фотосинтезу листків сої за обробки фунгіцидами

Отже, найменш виражену пригнічувальну дію на нодуляційні процеси та активність азотфіксації чинив фунгіцид стандак топ, а бенорад найсильніше пригнічував формування симбіозу за обох способів його використання.

Щодо дії фунгіцидів на фотосинтетичний апарат рослин, то в літературі є свідчення про негативний вплив цих препаратів на інтенсивність фотосинтезу та рух продихів. Зокрема, такі ефекти виявлені для системних фунгіцидів на основі речовин класів анілідів [26], азолів [30], бензімідазолів [21], піримідинів [28], стробілуринів [23]. Використані в наших дослідженнях препарати містили діючі речовини цих класів, інколи навіть їх суміші. Тому й не дивно, що в усіх варіантах застосування препаратів інтенсивності фотосинтезу (рис. 2) і транспірації (рис. 3) були нижчими порівняно з контролем. У фазу бутонізації різниці між варіантами обробки за інтенсивністю фотосинтезу практично не було. У фазу масового цвітіння цей показник найбільше знижувався у варіантах із завчасним застосуванням препаратів бенорад і стандак топ (див. рис. 2).

У рослин, оброблених бенорадом, відбувався фотосинтез, хоча, як уже зазначалось, симбіотичний апарат у них на цей час ще не сформувався. Це можна пояснити наявністю певної кількості мінерального азоту в субстраті, а також його реутилізацією в рослині до верхніх листків, на яких вимірювали газообмін. Разом з тим у варіанті із завчасним застосуванням стандак топу інтенсивність азотфіксації у фазу цвітіння навіть перевищувала контрольні значення (див. рис. 1), тому зниження інтенсивності фотосинтезу в цьому випадку можна пояснити лише безпосереднім впливом препарату на процеси асиміляції CO₂. Не виключено, що це пов'язано в тому числі і з закриттям продихів, про що свідчить зниження інтенсивності транспірації (див. рис. 3). Завчасна обробка насіння бенорадом також пригнічувала цей показник у фазу бутонізації.

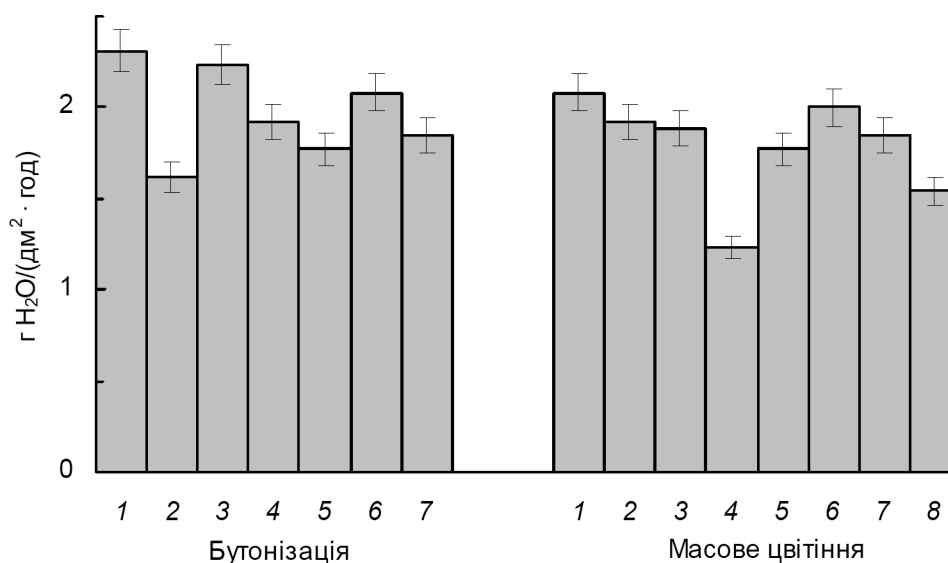


Рис. 3. Інтенсивність транспірації листків сої за обробки фунгіцидами

Отже, зазначені препарати негативно впливали на функціональний стан фотосинтетичного апарату рослин сої. Логічно припустити, що крім опосередкованого впливу через симбіотичний апарат речовини, які входять до їх складу, безпосередньо впливали на процеси метаболізму клітин мезофілу і продохів. Це підтвердив сильніший вплив саме завчасної обробки, коли препарати довше діяли власне на насіння, могли в більших кількостях накопичуватись у його внутрішніх тканинах і чинити подальший регуляторний вплив як фізіологічно активні речовини на процеси росту і розвитку рослини. І навпаки, обробка насіння препаратами в день посіву менше впливала на рослини, проте більше — на формування і функціонування симбіотичного апарату.

Новий препарат февер на основі протіоконазолу менше, порівняно з іншими, пригнічував газообмін листків, хоча в разі його застосування виявлялась тенденція до посилення негативного впливу за обробки насіння в день посіву. Цікаво, що аналогічний ефект за інтенсивністю азотфіксації спостерігався у фазу масового цвітіння рослин сої (див. рис. 1). Тут доречно зазначити, що в літературі є свідчення не тільки про негативний, а й про стимулювальний вплив триазолів на фотосинтетичні показники [8, 22, 25]. Одразу після обробки інтенсивність фотосинтезу може дещо зменшитись порівняно з необробленими рослинами й утримуватись на такому рівні протягом 2–3 тижнів. Проте в оброблених листках гальмуються процеси старіння, довше зберігається хлорофіл, тому наприкінці вегетації вони мають перевагу над необробленими за інтенсивністю фотосинтезу й ефективніше постачають асиміляти до господарсько-цінних органів.

Очевидно, саме такий розвиток подій мав місце у варіанті з обробкою рослин по вегетації препаратом аканто плюс, до складу якого входив ципроконазол. Через тиждень після обробки інтенсивності фотосинтезу і транспірації дещо пригнічувались (див. рис. 2, 3), однак насіннева продуктивність рослин цього варіанта неістотно навіть перевищувала контрольну (табл. 2). В усіх інших варіантах обробки продуктивність рослин була значно нижчою за контрольну. За цим показником найгіршим виявився

РЕАКЦИЯ СИМБИОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СОИ

ТАБЛИЦЯ 2. Продуктивність рослин сої сорту Алмаз за обробки фунгіцидами та інокуляції в день посіву *Bradyrhizobium japonicum* штам 6346

Варіант	Маса насіння на 1 рослину, г	Різниця відносно контролю, %
Контроль (без обробки)	1,180±0,046	0
Обробка за 14 діб до посіву		
Бенорад	0,746±0,028	-36,7
Стандак топ	0,894±0,050	-24,2
Февер	0,899±0,019	-23,8
Обробка у день посіву		
Бенорад	0,709±0,018	-39,9
Стандак топ	0,895±0,078	-24,2
Февер	0,846±0,045	-28,3
Обробка по вегетації		
Аканто плюс	1,234±0,019	+4,6

бенорад, у варіантах з яким маса зерна з рослини зменшилась майже на 40 %. Стандак топ і февер знижували цей показник на 24—28 %.

Хоча за впливом препаратів на окремі показники виявлялася певна залежність від способу обробки насіння, на самому інтегральному кінцевому показнику, насінневій продуктивності, це практично не позначилось. Відсутність такої залежності пояснюється комплексною різноспрямованою дією препаратів на обидва компоненти бобово-ризобіального симбіозу — мікро- і макросимбіонтів. Якщо обробка насіння в день посіву разом з інокуляцією ризобіями сильніше впливала на нодуляційні процеси й азотфіксувальну активність, то завчасна обробка більше пригнічувала асиміляційну діяльність власне рослини, що й приводило до однакового кінцевого результату.

Ще раз наголосимо, що обговорюваний дослід слід розглядати як модельний, який чіткіше виявив потенційні загрози, пов'язані із застосуванням фунгіцидів в агротехніці сої. За польових умов негативний ефект ослаблюється внаслідок перебігу обмінних процесів у ґрунті, діяльності вільноіснуючої мікрофлори ризосфери, а також зменшення ураження рослин патогенами, порівняно з якими фунгіциди можна розглядати як «менше зло».

Отже, протруювання насіння чинило негативний вплив на процеси нодуляції, азотфіксувальну активність бульбочок, інтенсивність фотосинтезу і транспірації листків. При цьому ступінь прояву ефекту залежав від препарату і способу обробки. Завчасна, за два тижні до посіву, обробка насіння менше впливала на симбіотичний апарат порівняно з протруюванням разом з інокуляцією в день посіву, проте сильніше позначалася на фізіологічному стані самої рослини, зокрема на фотосинтезі і транспірації. Пригнічення процесів азотфіксації та фотосинтезу призвело до істотного зменшення зернової продуктивності рослин порівняно з необробленими, крім варіанта із застосуванням фунгіциду аканто плюс по вегетації.

1. Алексеев О.О. Влияние экологических факторов на развитие и продуктивность бобово-ризобияльного симбиоза // Сільське господарство та лісівництво. Екологія та охорона навколишнього середовища. — 2016. — № 4. — С. 187—196.

2. *Балюх О.В.* Вплив протруєння насіння фунгіцидами на активність оксидоредуктазних ферментів у рослинах люпину // *Захист і карантин рослин.* — 2014. — Вип. 60. — С. 31—38.
3. *Бублик Л.І., Балюх О.В.* Екоотоксикологічна оцінка застосування фунгіцидів для захисту посівів люпину та сої // *Захист і карантин рослин.* — 2011. — Вип. 57. — С. 26—32.
4. *Вознюк С.В., Титова Л.В., Ляска С.І., Іутинська Г.О.* Вплив фунгіцидів та комплексного інокулянту Ековітал на ризосферний мікробіоценоз, стійкість до захворювань та продуктивність сої // *Мікробіол. журн.* — 2015. — 77, № 4. — С. 8—14.
5. *Волкогон В.В., Комок М.С.* Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої // *Бюл. Ін-ту зернового госп-ва.* — 2010. — № 39. — С. 89—93.
6. *Дем'яненко В.В.* Ключові елементи сучасної технології вирощування сої // *Агроскоп.* — 2014. — Вип. № 1. — С. 13—19.
7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Колос, 1979. — 376 с.
8. *Иванов А.А., Шабнова Н.И., Дунаева Ю.С., Кособрюхов А.А.* Увеличение продолжительности жизни листьев пшеницы при обработке растений фунгицидом // *Физиология и биохимия культ. растений.* — 2013. — 45, № 2. — С. 164—172.
9. *Кобак С. Я., Колісник С.І., Серветник О.В.* Найбільш поширені хвороби сої та ефективність препаратів компанії BASF для їх контролю // *Агробізнес сьогодні.* — 2016. — № 10. — С. 46—47.
10. *Ковалевська Т.М., Горбань В.П., Надкернична О.В., Бардаков А.Г.* Вплив фундазолу та ризоторфіну на продуктивність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами люпину // *С.-г. мікробіологія: Міжвідомч. темат. наук. зб.* — 2005. — Вип. 1—2. — С. 52—59.
11. *Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф. и др.* Биологическая фиксация азота: бобово-ризобийный симбиоз. — Киев: Логос, 2010. — Т. 1. — 508 с.
12. *Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф. и др.* Биологическая фиксация азота: бобово-ризобийный симбиоз. — Киев: Логос, 2011. — Т. 2. — 523 с.
13. *Кудлай І.М., Осипчук А.М., Осипчук О.С.* Урожайність і якість зерна сої залежно від технологічних прийомів вирощування // *Агробіологія. Зб. наук. праць.* — 2013. — № 11 (104). — С. 97—100.
14. *Кур'ята В.Г., Голунова Л.А., Береговенко С.К.* Ефективність системи соя—*Bradyrhizobium japonicum* за дії паκλοбутразолу // *Физиология и биохимия культ. растений.* — 2010. — 42, № 3. — С. 218—224.
15. *Лихочвор В., Щербачук В.* Урожайність сої залежно від фунгіцидів // *Вісн. Львів. нац. аграр. ун-ту. Сер. Агрономія.* — 2014. — № 18. — С. 256—259.
16. *Патика В.П., Гнатюк Т.Т., Житкевич Н.В., Алексеев О.О.* Чутливість до пестицидів низки представників бактеріальної мікробіоти сої // *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія.* — 2014. — № 3 (60). — С. 153—155.
17. *Петриченко В.Ф., Коць С.Я.* Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві // *Вісн. НАН України.* — 2014. — № 3. — С. 57—66.
18. *Чинчик О.С.* Основні показники якості насіння сортів сої залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах західного Лісостепу // *Бюл. сільського господарства степової зони НААН України.* — 2012. — № 3. — С. 49—51.
19. *Шугурова Н.О., Дударева Г.Ф., Григорчук Н.Ф.* Оцінка стійкості сої до основних грибних та бактеріальних хвороб // *Наук.-техн. бюл. Ін-ту олійних культур НААН.* — 2012. — № 17. — С. 82—85.
20. *Щербачук В.М.* Формування продуктивності посівів сої залежно від системи захисту проти хвороб // *Наук. журн. Вісн. аграр. науки Причорномор'я.* — 2015. — Вип. 2, т. 1, ч. 2. — С. 119—123.
21. *Garcia P. C., Ruiz J. M., Rivero R. M. et al.* Is the application of carbendazim harmful to healthy plants? Evidence of weak phytotoxicity in tobacco // *J. Agric. Food Chem.* — 2002. — 50. — P. 279—283.
22. *Gopi R., Sridharan R., Somasundaram R. et al.* Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazoles in *Amorphophallus campanulatus* Blume // *Gen. Appl. Plant Physiol.* — 2005. — 31. — P. 171—180.
23. *Grossmann K., Kwiatkowski J., Caspar G.* Regulation of phytohormone levels, leaf senescence, and transpiration by the strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*) // *J. Plant Physiol.* — 1999. — 154. — P. 805—808.
24. *Hardy R. W. F., Holsten R. D., Jackson E. K., Burns R. C.* The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation // *Plant Physiol.* — 1968. — 43. — P. 1185—1207.
25. *Kishorekumar A., Jaleel C. A., Manivannan P. et al.* Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on the foliage characteristics of Chinese potato (*Solenostemon rotundifolius* Poir., J.K. Morton) // *Acta Biol. Szegediensis.* — 2006. — 50. — P. 127—129.

26. Petit A.-N., Fontaine F., Clement C., Vaillant-Gaveau N. Two botryticide effects on leaf photosynthesis grapevine // *Phytochem. Res. Progress.* — NY: Nova Science Publishers Inc., 2008. — P. 1–12.
27. Petit A.-N., Fontaine F., Vatsa P. et al. Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants // *Photosynth. Res.* — 2012. — **111**. — P. 315–326.
28. Saladin G., Magne C., Clement C. Effects of fludioxonil and pyrimethanil, two fungicides used against *Botrytis cinerea*, on carbohydrate physiology in *Vitis vinifera* L. // *Pest. Manag. Sci.* — 2003. — **59**. — P. 1083–1092.
29. Wu Y.-X., von Tiedemann A. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat // *Pest. Biochem. Physiol.* — 2001. — **71**, N 1. — P. 1–10.
30. Xia X.J., Huang Y.Y., Wang L. et al. Pesticides-induced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in *Cucumis sativus* L. // *Pest. Biochem. Physiol.* — 2006. — **86**. — P. 42–48.

Отримано 23.03.2017

РЕАКЦИЯ СИМБИОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СОИ НА ДЕЙСТВИЕ ФУНГИЦИДОВ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ

А.В. Павлыще, Д.А. Киризий, С.Я. Коць

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

В условиях модельного вегетационного опыта с песчаной культурой изучали влияние предпосевной обработки семян сои фунгицидами и инокуляции *Bradyrhizobium japonicum*, а также обработки растений по вегетации на формирование и функционирование бобово-ризобияльного симбиоза и продуктивность растений. Показано, что протравливание семян отрицательно влияло на процессы нодуляции, азотфиксирующую активность клубеньков, интенсивность фотосинтеза и транспирации листьев. При этом уровень проявления эффекта зависел от препарата и способа обработки. Угнетение процессов азотфиксации и фотосинтеза привело к существенному снижению зерновой продуктивности растений по сравнению с необработанными, кроме варианта с применением фунгицида аканто плюс по вегетации.

THE REACTION OF SYMBIOTIC SOYBEAN SYSTEMS TO THE ACTION OF
FUNGICIDES UNDER VARIOUS TREATMENT

A.V. Pavlyshche, D.A. Kiriziy, S.Ya. Kots

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

Under the conditions of the simulated experiment with sand culture, the influence of presowing treatment of soybean seeds with fungicides and also inoculation of *Bradyrhizobium japonicum*, as well as the treatment of plants, on the formation and functioning of legume-rhizobium symbiosis, and the productivity of plants was studied. It was shown that seed poisoning had a negative effect on nodulation processes, nitrogen fixation activity, photosynthetic rate, and leaf transpiration. At the same time, the level of the effect depended on the preparation and the method of treatment. Suppression of the processes of nitrogen fixation and photosynthesis led to a significant decrease in the grain productivity of plants compared with the untreated, except for the variant with the use of fungicide acanto plus on growing plants.

Key words: *Bradyrhizobium japonicum*, soybean, fungicides, legume-rhizobium symbiosis, nitrogen fixation, photosynthesis, productivity.