

<https://doi.org/10.15407/frg2019.06.517>

УДК 581.1:581.557: 632.952

## ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО І ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТІВ СОЇ ЗА ВПЛИВУ ПРОТРУЙНИКІВ ФУНГІЦИДНОЇ ДІЇ ТА ЕКЗОГЕННОГО ЛЕКТИНУ

А.В. ПАВЛИЩЕ, А.В. ЖЕМОЙДА, Д.А. КІРІЗІЙ, Л.І. РИБАЧЕНКО

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

Вивчали вплив різних способів застосування екзогенного лектину в комплексі з обробкою насіння фунгіцидами февер і стандак топ на симбіотичні системи соя—*Bradyrhizobium japonicum*. Установили, що протруювання насіння фунгіцидами призводить до пригнічення функціонування симбіотичних систем сої у фазу трьох справжніх листків. Разом з тим у пізніші фази розвитку (цвітіння, формування бобів) ці препарати виявляли стимулювальну дію на активність бобово-ризобіальних систем. Показано, що екзогенний лектин як компонент бактеріальної суспензії або за обробки ним насіння чинив стимулювальний вплив на симбіотичний і фотосинтетичний апарати сої, при цьому максимальний ефект виявлено в разі обробки лектином насіння. Водночас характер і ступінь впливу, який чинив цей білок на симбіотичні системи сої при застосуванні його разом із фунгіцидами, залежав від фази розвитку рослин і типу фунгіциду.

*Ключові слова:* *Bradyrhizobium japonicum*, симбіоз, азотфіксувальна активність, інтенсивність фотосинтезу, екзогенний лектин, фунгіциди.

Як бобова культура соя має потужний адаптивний потенціал, у тому числі й за рахунок здатності до симбіотичної азотфіксації. Тривалий час її вважали культурою, яка практично не піддається впливу патогенних організмів і не потребує особливого захисту. Однак за останнє десятиліття ситуація кардинально змінилась. Із кожним роком посівні площі цієї культури зростають. Унаслідок збільшення її частки у сівозміні в ґрунті накопичується інокулюм [1], що призводить до виникнення хвороб, джерелом яких є рослинні рештки. Зокрема, це пероноспороз, септоріоз листків, антракноз та ін. У багатьох випадках ураження листків, стебла призводить до подальшого зараження бобів і насіння. Це, у свою чергу, спричинює не тільки прямі втрати врожаю, а й значно погіршує якість насіння. Саме тому захист сої від захворювань бактеріальної та грибної природи вкрай важливий для отримання високої врожайності цієї культури [2].

На сьогодні ринок хімічних засобів захисту рослин пропонує широкий спектр препаратів фунгіцидної та бактерицидної дії, які дають змогу не лише ефективно боротися зі збудниками хвороб, а й сприяють підвищенню стресостійкості та насінневої продуктивності рослин [3].

Одним з обов'язкових і важливих елементів технології вирощування усіх зернобобових культур є передпосівна інокуляція насіння високоефективними штамми бульбочкових бактерій. Заселення кореневої системи ризобіями відбувається в кілька етапів: рух мікробних клітин до поверхні кореня, їх закріплення, розмноження та подальша колонізація кореневої зони. На ці процеси істотно впливає низка чинників: рН, температура, аерація та хімічний склад ґрунту, наявність вологи тощо [4, 5]. Безумовно, до таких чинників можна віднести і фунгіциди, характер впливу яких на макро- й мікросимбіонтів ще недостатньо вивчений, що викликає дискусії серед аграріїв та науковців. Відомо, що протруйники різного походження частково або повністю пригнічують процеси зараження кореневої системи сої бульбочковими бактеріями, змінюють активність ферментів, які беруть участь у фіксації атмосферного азоту. Ступінь інгібування залежить від концентрації препаратів, їх хімічної природи, кількості опадів, а також від інших чинників навколишнього середовища. Крім того, застосування хімічних засобів захисту рослин призводить до забруднення навколишнього середовища та зниження якості сільськогосподарської продукції [6].

У зв'язку з цим актуальною є проблема зменшення токсичного впливу фунгіцидів як на самі рослини сої, так і на створені за їх участю симбіотичні системи. У цьому аспекті перспективними можуть бути білки неімунного походження — лектини. В літературі є достатньо даних, що свідчать про участь лектинів у захисті рослинного організму як від біотичних, так і від абіотичних стресів [7–9]. До того ж самі лектини чинять фунгітоксичний ефект, їх можна застосовувати як біофунгіциди. Експериментально доведено, що у відповідь на інокуляцію патогенами різної природи (бактеріями, грибами, мікоплазмами, вірусами, нематодами) вміст цих білків підвищується [10]. Відомо, що значна кількість лектинів рослин пригнічує ріст паразитичних грибів [11, 12] і мікроорганізмів [13] унаслідок зв'язування з молекулами вуглеводів, що містяться в стінках клітин патогена. Показано, що бісол-2 — препарат, який має властивості імунізатора, та фунгіцид байтан індукують накопичення лектину при інфікуванні рослин збудниками кореневої гнилі, септоріозу, що дає підставу припустити участь лектину у формуванні комплексної реакції стійкості при ураженні патогенами [14].

Виходячи із викладеного вище, метою наших досліджень було вивчення впливу різних способів застосування екзогенного лектину в комплексі з обробкою насіння фунгіцидами февер і стандак топ на симбіотичні системи соя—*Bradyrhizobium japonicum*.

## Методика

У роботі використовувалися рослини сої (*Glycine max* (L.) Merr.) сорту Алмаз. Інокулювали насіння сої бульбочковими бактеріями *Brady-*

*rhizobium japonicum* штаму 6346 (активний виробничий штам-стандарт) із музейної Колекції штамів азотфіксувальних та асоціативних мікроорганізмів Інституту фізіології рослин і генетики (ІФРГ) НАН України.

Культуру повільнорослих бульбочкових бактерій вирощували на манітно-дріжджовому агарі [15] протягом 7–8 діб за 26–28 °С, після чого її змивали фізіологічним розчином (0,9 % NaCl).

У досліджах використовували лектин насіння сої (Львів, «Лектинотест») у концентрації 100 мкг/мл, інкубацію проводили упродовж 20 год. Лектин застосовували двома способами: для обробки насіння та як компонент інокуляційної суспензії. Інокулювали насіння зволоженням його протягом 1 год бактеріальною суспензією із концентрацією  $10^8$  кл/мл. У відповідних варіантах у день посіву насіння протруювали фунгіцидами февер і стандак топ. Усі препарати використовували в дозі 1 норма, рекомендована виробниками.

Сою вирощували по 6 рослин у 4-кілограмових посудинах за природного освітлення та температури, оптимального водозабезпечення. Як субстрат використовували промитий річковий пісок. Джерело мінерального живлення — поживна суміш Гельригеля, збагачена мікроелементами молібденом, бором, манганом і міддю та збіднена на азот — 0,25 норми (1 норма азоту відповідає 708 мг  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  на 1 кг субстрату).

Дослідження проводили на вегетаційному майданчику ІФРГ НАН України за такою схемою:

- 1 — насіння + 6346;
- 2 — насіння + [6346 + лектин];
- 3 — [насіння + лектин] + 6346
- 4 — насіння + февер + 6346;
- 5 — насіння + февер + [6346 + лектин];
- 6 — [насіння + лектин] + февер + 6346;
- 7 — насіння + стандак топ + 6346;
- 8 — насіння + стандак топ + [6346 + лектин];
- 9 — [насіння + лектин] + стандак топ + 6346.

Зразки для аналізу наростання вегетативної маси рослин, а також процесів формування й функціонування симбіотичного апарату відбирали у фази трьох справжніх листків, бутонізації та цвітіння. Надземну масу рослин і масу кореня визначали у 6–9-разовій біологічній повторності.

Нодуляційну активність ризобій оцінювали обрахунком кількості бульбочок на коренях рослин та їх маси. Вимірювали також азотфіксувальну активність (АФА) симбіотичних систем ацетиленовим методом [16]. Для цього корені з утвореними на них бульбочками переносили в герметично закриті скляні флакони, куди добавляли 10 % ацетилену. Тривалість інкубації становила 1 год. Газову суміш аналізували на хроматографі Agilent GC system 6850 (США). Азотфіксувальну активність виражали в мікромолях етилену, що виділився за 1 год на рослину. Визначення проводили у 4-разовій біологічній повторності.

Інтенсивність фотосинтезу визначали у контрольованих умовах за допомогою оптико-акустичного інфрачервоного газоаналізатора

ГІАМ-5М (Росія), увімкненого за диференціальною 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. Щільність потоку ФАР у камері становила 400 Вт/м<sup>2</sup>, температура — 25 °С. Через камеру продували повітря з природною концентрацією СО<sub>2</sub> зі швидкістю 1 л/хв. Інтенсивність поглинання СО<sub>2</sub> на світлі вимірювали через 30—40 хв після вміщення листка у камеру, за досягнення стаціонарного рівня. Розрахунки виконували за загальноприйнятою методикою [17]. Вимірювання проводили у фазі бутонізації та цвітіння.

Експериментальні дані оброблено статистично за Доспеховим [18] та за використання програми Microsoft Excel 2010. У таблицях і на рисунку наведено середньоарифметичні дані та їх стандартні похибки.

### Результати та обговорення

У ході досліджень виявлено стимулювальний вплив екзогенного лектину на АФА симбіотичних систем сої. При цьому максимальний ефект спостерігали в разі застосування цього білка для обробки насіння. Рослини зазначеного варіанта за активністю азотфіксації перевищували контрольні на 25 % у фазу трьох справжніх листків, на 81 % — у фазу бутонізації та на 41 % — у фазу цвітіння. Використання лектину як компонента інокуляційної суспензії було менш ефективним і приводило до зростання АФА лише у фазу бутонізації на 45 % відносно контролю (табл. 1). Такі результати добре узгоджуються з отриманими раніше [4].

ТАБЛИЦЯ 1. Азотфіксувальна активність (мкмоль С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>/(рослину · год)) симбіотичних систем сої за дії фунгіцидів та екзогенного лектину

Варіант	Фаза розвитку рослин		
	Три справжні листки	Бутонізація	Цвітіння
Насіння + 6346	11,71±0,87	5,61±0,64	8,53±0,95
Насіння + [6346 + лектин]	11,38±1,63	8,13±0,65	9,63±0,50
[Насіння + лектин] + 6346	14,60±1,61	10,14±1,00	12,01±0,97
Насіння + февер + 6346	9,75±0,64	12,25±0,59	7,05±0,84
Насіння + февер + [6346 + лектин]	8,46±1,11	7,75±0,72	12,42±1,01
[Насіння + лектин] + февер + 6346	6,23±1,27	7,29±1,30	13,29±0,38
Насіння + стандак топ + 6346	5,43±0,76	8,16±0,61	10,97±1,73
Насіння + стандак топ + [6346 + лектин]	5,99±0,74	9,25±0,41	12,02±3,10
[Насіння + лектин] + стандак топ + 6346	3,22±0,47	9,33±1,25	8,02±1,15

Встановлено, що обрані нами фунгіциди пригнічували АФА симбіотичних систем сої у фазу трьох справжніх листків незалежно від того, застосовували їх у чистому вигляді чи у поєднанні з обробкою насіння лектином (див. табл. 1). У подальших фазах розвитку їх негативна дія на симбіотичний апарат сої істотно ослаблювалась і навіть переходила у стимулювальний вплив. Зокрема, застосування фунгіциду февер знижувало АФА корневих бульбочок сої у фазу трьох справжніх листків на 17 % відносно контролю, тоді як у фазу бутонізації він більш як удвічі підвищував цей показник. Очевидно, в процесі росту рослин його токсична дія знизилась і виявився ефект ретрегулювальних компонентів препарату.

Поєднання обробки фунгіцидом февер насіння разом із інокуляцією його модифікованими лектином ризобіями призводило до ще більшого порівняно із застосуванням лише фунгіциду февер пригнічення процесу азотфіксації в рослинах сої у фазу трьох справжніх листків — на 28 % відносно контролю. У фазу бутонізації рослини цього варіанта за АФА хоча й перевищували контрольні на 38 %, проте цей показник був на 37 % нижчий, ніж у рослин, оброблених лише февером. Поєднання фунгіциду февер з обробкою ризобій лектином стимулювало АФА у фазу цвітіння на 46 % відносно контролю (див. табл. 1).

Інкубація насіння з лектином із подальшою обробкою його фунгіцидом февер спричинила зниження АФА сої у фазу трьох справжніх листків на 47 % відносно контролю, проте у фазу цвітіння таке поєднання способів обробки насіння зумовило зростання АФА на 46 % порівняно з контролем. При цьому у фази трьох справжніх листків і бутонізації рослини цього варіанта мали нижчі показники АФА, ніж рослини, насіння яких обробляли лише февером, відповідно на 36 і 29 %, а у фазу цвітіння перевищували їх на 88 %.

Використання препарату стандак топ більшою мірою пригнічувало АФА симбіотичних систем сої у фазу трьох справжніх листків, аніж февер. Зокрема, обробка насіння лише стандак топом знижувала досліджуваний показник відносно контрольних рослин на 54 %, поєднання його з інокуляцією насіння модифікованими лектином ризобіями знижувало АФА на 49 %, а інкубація насіння з лектином із подальшою обробкою його цим фунгіцидом — на 49 %. У фазу бутонізації рослин сої стандак топ як окремо, так і разом із лектином забезпечував підвищення активності азотфіксації порівняно з контролем на 45 % (насіння + стандак топ), на 65 (насіння + стандак топ + [6346 + лектин]), та на 66 % ([насіння + лектин] + стандак топ + 6346). У фазу цвітіння різниця досліджуваного показника з контрольним у всіх варіантах із використанням фунгіциду стандак топ знаходилась у межах похибки досліду (див. табл. 1). При цьому рослини, насіння яких інкубували з лектином та обробляли стандак топом, характеризувались на 27 % нижчою АФА порівняно з рослинами варіанта, де застосовували лише стандак топ. Можливо, пригнічення АФА в симбіотичних системах, які зазнали впливу лектину разом із фунгіцидами, пов'язане з блокуванням компонентами фунгіцидів гідрофобних сайтів зв'язування в молекулі білка, чим порушувалась його сигнальна і регуляторна функції, що спричинило

зміни у процесах формування і функціонування соєво-ризобіального симбіозу.

Аналізом кількості кореневих бульбочок на рослині виявлено, що у фазу трьох справжніх листків використання лектину як компонента інокуляційної суспензії та для обробки насіння сприяло формуванню більшої кількості азотфіксуючих бульбочок на коренях сої порівняно з контрольними рослинами відповідно на 45 і 49 %. В інших досліджених фазах розвитку сої ми не зафіксували істотних змін цього показника (табл. 2).

Протруювання насіння фунгіцидом февер не впливало на кількість кореневих бульбочок. При цьому інокуляція насіння модифікованими лектином ризобіями з подальшою його обробкою февером стимулювала нодуляційні процеси у сої і приводила до збільшення кількості бульбочок у фазі трьох справжніх листків і бутонізації відповідно на 50 і 27 % відносно контролю. Поєднання обробки насіння лектином і февером зумовило збільшення кількості азотфіксуючих бульбочок на коренях сої у фазу бутонізації на 27 % відносно рослин контрольного варіанта (див. табл. 2).

Протруювання насіння фунгіцидом стандак топ пригнічувало процес бульбочкоутворення на коренях сої у фазу трьох справжніх листків на 41 % відносно контрольних рослин. Що стосується інших фаз розвитку сої та варіантів із застосуванням фунгіциду стандак топ у поєднанні із застосуванням лектину, то значного впливу на нодуляційні процеси в них не зафіксовано. Винятком був варіант із обробкою насіння лектином і стандак топом. У фазу бутонізації в рос-

ТАБЛИЦЯ 2. Кількість бульбочок (шт/рослину) на коренях рослин сої за дії фунгіцидів та екзогенного лектину

Варіант	Фаза розвитку рослин		
	Три справжні листки	Бутонізація	Цвітіння
Насіння + 6346	22,00±4,40	28,25±2,10	36,50±4,81
Насіння + [6346 + лектин]	32,00±3,27	27,75±4,87	38,50±3,75
[Насіння + лектин] + 6346	32,75±5,63	28,00±4,42	38,50±4,84
Насіння + февер + 6346	19,00±2,00	30,00±2,00	34,75±3,00
Насіння + февер + [6346 + лектин]	33,00±3,00	36,00±3,00	22,00±3,00
[Насіння + лектин] + февер + 6346	24,00±4,00	36,00±2,00	37,00±3,00
Насіння + стандак топ + 6346	31,00±4,00	34,00±5,00	32,00±3,00
Насіння + стандак топ + [6346 + лектин]	27,00±3,00	36,00±5,00	35,00±4,00
[Насіння + лектин] + стандак топ + 6346	24,00±4,00	44,00±4,00	27,00±3,00

лин цього варіанта різко збільшувалась кількість бульбочок відносно контролю (на 56 %) з подальшим зниженням їх кількості (на 26 %) у фазу цвітіння.

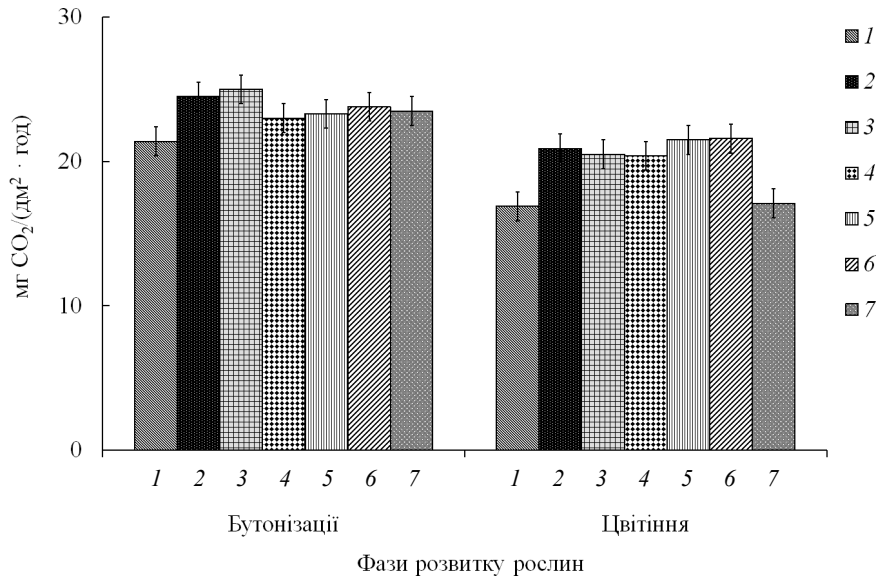
Щодо впливу фунгіцидів і лектину на масу корневих бульбочок сої (табл. 3), то у варіанті з обробкою насіння лектином і подальшою обробкою фунгіцидом февер зафіксовано зростання досліджуваного показника відносно контролю на 26 % у фазу трьох справжніх листків і на 19 % — у фазу цвітіння. У ці ж фази розвитку рослин сої маса бульбочок знижувалась відповідно на 32 та 20 % у варіанті з обробкою насіння лише фунгіцидом февер. У фазу трьох справжніх листків значно зростала маса бульбочок відносно контролю у варіанті з обробкою насіння лектином (на 41 %) та знижувалась на 32 % у варіанті з поєднанням обробки насіння стандак топом і лектином.

Отже, виявлено, що екзогенний лектин за обох способів його використання стимулює активність симбіотичного апарату сої, при цьому максимальний ефект спостерігали в разі обробки ним насіння, чим підтверджено раніше отримані результати дослідження [19]. Характер і ступінь впливу, який чинить цей білок на симбіотичні системи сої у комбінації з фунгіцидами, залежав від фази розвитку рослин і застосованого фунгіциду.

Існування організмів в умовах симбіозу пов'язане зі значними змінами обміну речовин, результатом яких є інтеграція біохімічних шляхів симбіонтів. У зв'язку з цим у розвитку і функціонуванні бобово-ризобіального симбіозу важливу роль відіграє процес фотосинтезу. Він як джерело асимілятів забезпечує енергією процес фіксації

ТАБЛИЦЯ 3. Маса (г/рослину) бульбочок на коренях рослин сої за дії фунгіцидів та екзогенного лектину

Варіант	Фаза розвитку рослин		
	Три справжні листки	Бутонізація	Цвітіння
Насіння + 6346	0,34±0,03	0,43±0,03	0,46±0,04
Насіння + + [6346 + лектин]	0,40±0,04	0,44±0,03	0,46±0,03
[Насіння + лектин] + + 6346	0,48±0,05	0,42±0,06	0,53±0,04
Насіння + февер + + 6346	0,23±0,04	0,46±0,02	0,37±0,03
Насіння + февер + + [6346 + лектин]	0,39±0,04	0,38±0,03	0,44±0,02
[Насіння + лектин] + + февер + 6346	0,43±0,04	0,38±0,04	0,55±0,03
Насіння + + стандак топ + 6346	0,33±0,02	0,42±0,03	0,47±0,05
Насіння + стандак топ + + [6346 + лектин]	0,36±0,34	0,41±0,03	0,49±0,10
[Насіння + лектин] + + стандак топ + 6346	0,23±0,03	0,42±0,04	0,41±0,02



Інтенсивність фотосинтезу у рослинах сої, інюкульованої *V. japonicum* за впливу фунгіцидів та екзогенного лектину:

1 — насіння + 6346; 2 — насіння + (6346 + лектин); 3 — (насіння + лектин) + 6346; 4 — насіння + февер + (6346 + лектин); 5 — (насіння + лектин) + февер + 6346; 6 — насіння + стандак топ + (6346 + лектин); 7 — (насіння + лектин) + стандак топ + 6346

атмосферного азоту мікросимбіотом; у свою чергу, діяльність бульбочкових бактерій впливає на інтенсивність фотосинтезу через азотний статус рослини [20].

Ми виявили, що застосування екзогенного лектину як компонента інюкуляційної суспензії, так і для обробки насіння сої сприяло підвищенню інтенсивності фотосинтезу у симбіотичних системах соя—*V. japonicum* (рисунок). У фазу бутонізації зафіксовано зростання цього показника відносно контрольних рослин на 14 % (інкубація ризобій із лектином) та на 16 % (інкубація насіння із лектином), у фазу цвітіння — відповідно на 24 і 21 % у тих самих варіантах.

Поєднання обробки лектином та фунгіцидами також приводило до підвищення інтенсивності фотосинтезу порівняно з рослинами контрольного варіанта (див. рисунок). Найбільш вираженим цей ефект був у фазу цвітіння. При цьому ми не виявили істотної різниці між способами використання лектину та між різними фунгіцидами. Винятком був варіант із обробкою насіння лектином із подальшою обробкою фунгіцидом стандак топ, в якому у фазу цвітіння інтенсивність фотосинтезу була нижчою порівняно з усіма іншими досліджуваними варіантами.

Відомо, що фотосинтез є головним джерелом асимілятів у донорно-акцепторній системі рослин. Під час фотосинтезу енергія фотонів перетворюється на енергію хімічних зв'язків АТФ та відновлювальних метаболічних інтермедіатів, що використовуються для синтезу вуглеце- та азотовмісних асимілятів. Останні, у свою чергу, є вихідними матеріалами для синтезу біохімічних компонентів клітин, тканин і органів і в кінцевому результаті зумовлюють ріст, розвиток,



структуру цілої рослини і, як наслідок, продуктивність [21]. З огляду на це підвищення інтенсивності фотосинтезу в рослин досліджуваних нами варіантів є позитивним явищем, що сприятиме повнішій реалізації потенційної продуктивності симбіотичних систем.

Отже, в результаті досліджень ми виявили, що протруювання насіння фунгіцидами февер та стандак топ призводить до пригнічення функціональної активності симбіотичних систем сої у фазу трьох справжніх листків. Проте в пізніші фази розвитку (бутонізації та цвітіння) ці препарати виявляють стимулювальний вплив на активність бобово-ризобіальних систем. Аналіз результатів експериментальних досліджень підтвердив, що екзогенний лектин як за обробки бактеріальної суспензії, так і за обробки насіння чинить стимулювальний вплив на симбіотичний та фотосинтетичний апарати сої, при цьому максимальний ефект виявлено у разі обробки лектином насіння. Водночас характер і ступінь впливу, який чинив цей білок на симбіотичні системи сої при застосуванні його разом із фунгіцидами, залежав від фази розвитку рослин і типу фунгіциду.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Коляда В. Джерела стабілізації та підвищення врожайності сої в Україні. *Агроном.* 2011. № 1. С. 144–149.
2. Петренкова В.П., Сокол Т.В. Хвороби сої. *Посібник Українського хлібороба.* 2013. № 2. С. 29–31.
3. Шелудько О., Клубук В., Ставратій В., Репілевський Е., Марковська О., Салгалов О. Застосування фунгіцидів на посівах зрошуваної сої. *Пропозиція.* 2014. № 1. С. 90–92.
4. Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф., Маличенко С.М., Маменко П.Н., Киризий Д.А., Михалкив Л.М., Береговенко С.К., Мельникова Н.Н. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобийный симбиоз. [монографія: в 4 т.]. Киев: Логос, 2011. Т. 2. 523 с.
5. Алексеев О.О., Патыка В.П., Гнатюк Т.Т. Взаємовідносини між *Bradyrhizobium japonicum* і збудниками бактеріозів сої та їх чутливість до пестицидів. *Молодий вчений. Сільськогосподарські науки.* 2016. 40, № 12. С. 60–63.
6. Волкогон В.В., Дімова С.Б., Волкогон К.І., Борулько Р.О., Бердников О.М. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. *Вісник аграрної науки. Землеробство, ґрунтознавство, агрохімія.* 2010. № 5. С. 25–28.
7. Белаєва В.Н., Панюта О.О., Таран Н.Ю. Роль лектинів у захисних реакціях рослин до фітопатогенів. *Физиология и биохимия культ. растений.* 2009. 41, № 3. С. 221–234.
8. Melnykova N.M., Mykhalkiv L.M., Mamenko P.M., Kots S.Ya. The areas of application for plant lectins. *Biopolymers and Cell.* 2013. 29(5). P. 357–366. <http://doi.org/10.7124/bc.00082A>
9. Лубянова А.Р., Безрукова М.В., Фатхутдинова Р.А., Шакирова Ф.М. Ростстимулирующий и защитный эффекты фитогемагглобулина на растения фасоли. *Вісник Харківського національного аграрного ун-ту. Серія біологія.* 2009. 2, № 17. С. 40–46.
10. Бабоша А.В. Индуцибельные лектины и устойчивость растений к патогенным организмам и абиотическим стрессам. *Биохимия.* 2008. 73, № 7. С. 1007–1022.
11. Chen J., Liu B., Ji N., Zhou J., Bian H.J., Li C.Y., Chen F., Bao J.K. A novel sialic acid-specific lectin from *Phaseolus coccineus* seeds with potent antineoplastic and antifungal activities. *Phytomedicine.* 2009. 16. P. 352–360.
12. Wang X., Bauw G., Van Damme E.J., Peumans W.J., Chen Z.L., Van Montagu M., Angenon G., Dillen W. Gastrodianin-like mannose-binding proteins: a novel class of plant proteins with antifungal properties. *The Plant Journal for Cell and Molecular Biology.* 2001. 25. P. 651–661.

13. Saha P., Dasgupta I., Das S. A novel approach for developing resistance in rice against phloem limited viruses by antagonizing the phloem feeding hemipteran vectors. *Plant Molecular Biology*. 2006. **62**. P. 735–752. <https://doi.org/10.1007/s11103-006-9054-6>
14. Шакирова Ф.М., Хайруллин Р.М., Ямалеев А.М. Сравнительный анализ содержания лектина и абсцизовой кислоты в проростках пшеницы, инфицированных корневыми гнилями. Иммуноферментный анализ регуляторов роста растений. Применение в физиологии растений и экологии. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1990. С. 38–41.
15. Child J.J. Nitrogen fixation by a *Rhizobium* sp. association with nonleguminous plant cell cultures. *Nature*. 1975. **253**. P. 350–351.
16. Hardy R.W.F., Holsten R.D., Jackson E.K., Burns R.C. The acetylene-ethylene assay for N<sub>2</sub> fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiology*. 1968. **43**. P. 1185–1207.
17. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения: Мокроносоев А.Т., Ковалев А.Г. (ред.). Москва: Агропромиздат, 1989. 460 с.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. Веселовська Л.І. Роль лектину в адаптації бобово-ризобіального симбіозу сої до посухи. Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2015. 21 с.
20. Тихонович И.А. Интеграция генетических систем растений и микроорганизмов при симбиозе. *Успехи современной биологии*. 2005. **125**, № 3. С. 227–238.
21. Моргун В.В., Швартау В.В., Кірізі́й Д.А. Фізіологічні основи формування високої продуктивності зернових злаків. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. Київ: Логос, 2009. Т. 1. 706 с.

Отримано 09.09.2019

#### REFERENCES

1. Koliada, V. (2011.) Sources of stabilization and increase of soybean yield in Ukraine. *Ahronom*, 1, pp. 144-149 [in Ukrainian].
2. Petrenkova, V.P. & Sokol, T.V. (2013). Soybean diseases. *Posibnyk Ukrainskoho khliboroba*, 2, pp. 29-31 [in Ukrainian].
3. Sheludko, O., Klubuk, V., Stavratii, V., Repilevskiy, E., Markovska, O. & Salhalov, O. (2014). Application of fungicides on irrigated soybean crops. *Propozytsiia*, 1, pp. 90-92 [in Ukrainian].
4. Kots, S.Ya., Morhun, V.V., Patyka, V. F., Malychenko, S.M., Mamenko, P.N., Kiriziy, D.A., Mykhalkyv, L.M., Berehovenko, S.K. & Melnykova, N. N. (2011). Biological fixation of nitrogen: legume-rhizobial symbiosis. [Monograph: in 4 tons.]. Kyiv: Lohos [in Russian].
5. Aliexsieiev, O.O., Patyka, V.P. & Hnatiuk, T.T. (2016). The relationship between Bradyrhizobium japonicum and soybean bakteriosis pathogens and their sensitivity to pesticides. *Molodyi vchenyi. Silskohospodarski nauky*, 40, No. 12, pp. 60-63 [in Ukrainian].
6. Volkohon, V.V., Dimova, S.B., Volkohon, K.I., Borulko, R.O. & Berdnykov, O.M. (2010). Influence of microbial preparations on the absorption of nutrients by cultivated plants. *Visnyk ahrarnoi nauky: Zemlerobstvo, hruntoznavstvo, ahrokhimiia*, 5, pp. 25-28 [in Ukrainian].
7. Belaieva, V.N., Paniuta, O.O. & Taran, N.Yu. (2009). The role of lectins in plant protective reactions to phytopathogens. *Fyzyolohyia i byokhymyia kult. rastenyi*, 41, No. 3, pp. 221-234 [in Ukrainian].
8. Melnykova, N.M., Mykhalkiv, L.M., Mamenko, P.M. & Kots, S.Ya. (2013). The areas of application for plant lectins. *Biopolymers and Cell*, 29(5). pp. 357-366 [in Ukrainian]. <http://doi.org/10.7124/bc.00082A>
9. Lubianova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdynova, R.A. & Shakyrova, F.M. (2009). The growth-promoting and protective effects of phytohemagglutinin on bean plants. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho un-tu. Seriia biolohiia*, 2, No. 17, pp. 40-46 [in Russian].
10. Babosha, A.V. (2008). Inducible lectins and plant resistance to pathogens and abiotic stress. *Biokhimiia*, 73, No. 7, pp. 1007-1022 [in Russian].

11. Chen, J., Liu, B., Ji, N., Zhou, J., Bian, H.J., Li, C.Y., Chen, F. & Bao, J.K. (2009). A novel sialic acid-specific lectin from *Phaseolus coccineus* seeds with potent antineoplastic and antifungal activities. *Phytomedicine*, 16, pp. 352-360.
12. Wang, X., Bauw, G., Van Damme, E.J., Peumans, W.J., Chen, Z.L., Van Montagu, M., Angenon, G. & Dillen, W. (2001). Gastrodin-like mannose-binding proteins: a novel class of plant proteins with antifungal properties. *The Plant journal for cell and molecular biology*, 25, pp. 651-661.
13. Saha, P., Dasgupta, I. & Das, S. (2006). A novel approach for developing resistance in rice against phloem limited viruses by antagonizing the phloem feeding hemipteran vectors. *Plant molecular biology*, 62, pp. 735-752. <http://doi.org/10.1007/s11103-006-9054-6>
14. Shakyrova, F.M., Khairullin, R.M. & Yamaleev, A.M. (1990). Comparative analysis of lectin and abscisic acid content in wheat seedlings infected with root rot. *Immunofermentnyy analiz regulyatorov rosta rasteniy. Primenenie v fiziologii rasteniy i ekologii*. Ufa: BNTs UrO AN SSSR. pp. 38-41.
15. Child, J.J. (1975). Nitrogen fixation by a *Rhizobium* sp. association with nonleguminous plant cell cultures. *Nature*, 253, pp. 350-351.
16. Hardy, R.W.F., Holsten, R.D., Jackson, E.K. & Burns, R.C. (1968). The acetylene-ethylene assay for N<sub>2</sub> fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiology*, 43, pp. 1855-1207.
17. Mokronosov, A.T. & Kovalev, A.H. (Eds.). (1989). *Photosynthesis and bioproductivity: methods of determination*. Moscow: Ahropromyzdat [in Russian].
18. Dospekhov, B.A. (1985). *Methodology of field experiment*. Moscow: Ahropromyzdat [in Russian].
19. Veselovska, L.I. (2015). The role of lectin in the adaptation of legume—rhizobial soybean symbiosis to drought. *Avtoreferat dys. ... kand. byol. nauk*. Kyiv, 21 p. [in Ukrainian].
20. Tykhonovych, Y.A. (2005). Integration of plant genetic systems and microorganisms in symbiosis. *Uspekhy sovremennoi byolohii*, 125, No. 3, pp. 227-238 [in Russian].
21. Morgun, V.V., Schwartau, V.V. & Kiriziy, D.A. (2009). Physiological bases of formation of high productivity of cereals. *Fiziolohiia roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku*. Kyiv: Lohos, Vol. 1 [in Ukrainian].

Received 09.09.2019

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТОВ СОИ ПРИ ВЛИЯНИИ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ФУНГИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ И ЭКЗОГЕННОГО ЛЕКТИНА

*A.B. Павлице, A.B. Жемойда, Д.А. Киризий, Л.И. Рыбаченко*

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

Изучали влияние различных способов применения экзогенного лектина в комплексе с обработкой семян фунгицидами февер и стандак топ на симбиотические системы соя—*Bradyrhizobium japonicum*. Установили, что протравливание семян фунгицидами приводит к угнетению функционирования симбиотических систем сои в фазе три настоящих листа. Вместе с тем в более поздние фазы развития (цветение, формирование бобов) эти препараты проявляли стимулирующее действие на активность бобово-ризобияльных систем. Показано, что экзогенный лектин как компонент бактериальной суспензии или при обработке им семян оказывал стимулирующее влияние на симбиотический и фотосинтетический аппараты сои, при этом максимальный эффект выявлен в случае обработки лектином семян. В то же время характер и степень влияния, которое оказывал этот белок на симбиотические системы сои при применении его вместе с фунгицидами, зависел от фазы развития растений и типа фунгицида.

*Ключевые слова:* *Bradyrhizobium japonicum*, симбиоз, азотфиксирующая активность, интенсивность фотосинтеза, экзогенный лектин, фунгициды.

THE FUNCTIONING OF THE SYMBIOTIC AND PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF SOYA UNDER THE INFLUENCE OF CHEMICAL AGENTS WITH FUNGICIDAL ACTION AND EXOGENIC LECTIN

*A.V. Pavlyshche, A.V. Zhemojda, D.A. Kiriziy, L.I. Rybachenko*

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine  
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine  
e-mail: zapadenka2015@gmail.com

The aim of research was to investigate the effect of different use of exogenous lectin in combination with the treatment of seeds with fungicides Fever and Standak Top on symbiotic systems of soybean—*Bradyrhizobium japonicum*. It has been found that the treatment of seeds with fungicides Fever and Standak Top leads to inhibition of symbiotic soybean systems functioning in the phase of three true leaves. However, at later development stages (flowering and beans formation) these drugs have a stimulating effect on the activity of legume-rhizobial systems. It has been shown that exogenous lectin as a component of bacterial suspension, or at seeds treatment, had a stimulating effect on the symbiotic and photosynthetic apparatus of soybean, with the maximum effect in the case of seeds treatment with lectin. At the same time, the nature and extent of the effect that this protein cause on symbiotic soybean systems when applied together with fungicides depended on the phase of plant development and the type of fungicide.

*Key words:* *Bradyrhizobium japonicum*, symbiosis, nitrogen-fixing activity, net assimilation rate, exogenous lectin, fungicides.