

РОЛЬ ЛЕКТИНІВ БОБОВИХ РОСЛИН В АКТИВІЗАЦІЇ СИМБІОТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЕЦИФІЧНИХ РИЗОБІЙ ПРИ УТВОРЕННІ ТА ФУНКЦІОНУВАННІ СИМБІОЗУ

Кириченко О.В.

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України,
вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна
E-mail: leki07@mail.ru

*Досліджували вплив лектинів бобових рослин (гороху, сої) на симбіотичні властивості бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 2406 і *Bradyrhizobium japonicum* 6346 при утворенні ними симбіозу з рослинами *Pisum sativum* L. і *Glycine max* L. Merr. відповідно. Показано, що сумісна інкубація ризобій з лектином рослини-хазяїна приводить до посилення нодуляційної здатності бактерій, нітрогеназної активності кореневих бульбочок і ефективності бобово-ризобіального симбіозу, результатом чого є активізація інтенсивності фотосинтезу, позитивна зміна росту та формування вегетативної маси і урожаю бобовими рослинами. Показано перспективність використання комплексних композицій на основі лектинів бобових рослин і специфічних їм ризобій для передпосівної обробки насіння з метою підвищення насінневої продуктивності рослин.*

Ключові слова: бульбочкові бактерії, горох, соя, кореневі бульбочки, азотфіксувальна активність, нодуляційна здатність, фотосинтетична активність, симбіоз.

Лектини бобових рослин є біологічно активними речовинами [1, 22], які здатні прямо або опосередковано впливати на ростові процеси рослин і їхню продуктивність [18, 19]. Позитивний ефект дії специфічного лектину на рослини може бути пов'язаний як із посиленням симбіотичних властивостей бульбочкових бактерій [10, 11, 14, 20], так і з прямим впливом аглютиніну на ростові процеси рослин, а саме, на ділення і розтяг клітин, подібним до дії фітогормонів [1, 5, 6, 18, 19, 22]. Роботи останніх років свідчать про залучення рослинних лектинів разом із фітогормонами до регуляції процесів росту і розвитку рослин [5, 6, 18]. Раніше показано, що передпосівна інокуляція насіння люпину та сої специфічними бульбочковими бактеріями з лектином рослини-хазяїна приводила

до активізації адгезивної і нодуляційної здатності бактерій та азотфіксувальної активності корневих бульбочок [10, 11, 20].

Метою даної роботи було дослідження впливу лектинів гороху та сої на симбіотичні властивості *R. leguminosarum* bv. *viciae* 240б і *Bradyrhizobium japonicum* 634б при утворенні ними симбіозу з рослинами, а також, оцінка ефективності дії комплексних лектин-ризобіальних композицій при передпосівній обробці насіння бобових культур на фізіологічні показники розвитку рослин.

Матеріали і методи. Дослідження проводили на рослинах гороху (*Pisum sativum* L.) сорту Схід та сої (*Glycine max* L. Merr.) сорту Мар'яна в умовах вегетаційних дослідів при природному освітленні та температурі, використовуючи як субстрат для вирощування рослин промитий річковий пісок (горох) або ґрунт (соя) із поживною сумішшю Гельригеля, яка містила 0,25 норми мінерального азоту [7]. Для передпосівної обробки насіння гороху та сої використовували відповідно бульбочкові бактерії *R. leguminosarum* bv. *viciae* 240б (10^{10} кл/мл) і *B. japonicum* 634б (10^7 кл/мл) та специфічні рослинам лектини («Лектинотест», м. Львів) у кінцевих концентраціях у композиціях 500 і 5 мкг/мл. Перед інокуляцією насіння (протягом години) проводили сумісну інкубацію лектину з ризобіями (1:1) протягом 22 годин для отримання лектин-ризобіальних композицій: Rhizolec (Ризолек) – *R. leguminosarum* bv. *viciae* 240б + лектин гороху, Bralec (Бралек) – *B. japonicum* 634б + лектин сої.

Насіння контрольного варіанту обробляли водою (абсолютний контроль) або інокулювали штамми *R. leguminosarum* bv. *viciae* 240б і *B. japonicum* 634б (контроль за штамом), дослідних – композиціями.

Нодуляційну здатність ризобій оцінювали за кількістю бульбочок, утворених на рослині (одиниць/рослину), нітрогеназну активність корневих бульбочок – ацетиленовим методом [17] (мкмоль C_2H_4 /рослину за годину), ефективність симбіозу – за показниками наростання вегетативної маси рослин (г), маси корневих бульбочок (мг) і маси насіння з рослини (г). Інтенсивність фотосинтезу визначали за допомогою оптико-акустичного інфрачервоного газоаналізатора за методикою Гуляєва зі співавторами [8], за що висловлюємо вдячність співробітникам відділу екології фотосинтезу Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (ІФРГ НАНУ). Рістактивуєчу здатність ризо-

сферного ґрунту, яка є показником впливу екзогенних чинників на стан ґрунту, визначали методом фітотестів [7], використовуючи як тест-об'єкт насіння редису.

Відбори рослин гороху проводили у фази 2, 7 і 10-ти справжніх листків (мікровегетаційний дослід) та бутонізації і повної стиглості насіння (вегетаційний дослід), рослин сої – у фази 4-х справжніх листків, бутонізації, повної стиглості насіння (вегетаційний дослід).

Польові дослідження (дрібноділянкові досліді, 4-кратна повторність) проводили у 2002 і 2003 рр. на базі науково-виробничого відділу ІФРГ НАНУ (сmt. Глеваха, Київська обл.). Ґрунт світло-сірий лісовий опідзолений супіщаний (вміст гумусу – 1,6-1,7 %, рухомого фосфору – 3-6 мг, калію – 8-12 мг, легкогідролізованого азоту – 10-12 мг на 100 г ґрунту, рН 5,5–6,5). Урожай збирали вручну.

Для статистичної обробки результатів використовували програму Statgraphyc Plus. У таблицях наведено середні арифметичні значення та стандартні похибки.

Результати та їх обговорення. При дослідженні симбіотичних властивостей ризобій, зокрема нодуляційної здатності та нітрогеназної активності кореневих бульбочок на рослинах, контролем був варіант з інокуляцією насіння специфічним до рослини-хазяїна штамом. Встановлено (табл. 1), що за дії рослинного лектину на бактеріальний інокулюм посилювалися симбіотичні властивості специфічного до гороху штаму *R. leguminosarum* bv. *viciae* 240б, результатом чого було збільшення у дослідних варіантах (відповідно Rhizolec 500 і Rhizolec 5) кількості кореневих бульбочок (на 14 і 29 %), їхньої маси (на 11 і 21 %) і нітрогеназної активності (на 6 і 15 %) та формування рослинами надземної маси (на 23 і 43 %) у фазу бутонізації.

Аналіз бульбочкоутворення на коренях сої та визначення нітрогеназної активності бульбочок засвідчили посилення симбіотичних властивостей штаму *B. japonicum* 634б за дії лектину рослини-хазяїна [12]. Кількість і маса бульбочок рослин із застосуванням композицій Bralec 500 і Bralec 5 збільшилась відповідно в 1,7 і 2,6 раза та 1,4 і 1,3 раза (фаза 4-х справжніх листків) та в 1,9 і 1,5 раза (фаза бутонізації). У фазу бутонізації рослин суттєво посилювалась дія композиції з мінімальною концентрацією лектину (5 мкг/мл), у результаті чого кількість бульбочок збільшилась у

2,3 раза, а їхня маса – у 6,7 раза порівняно до попередньої фази розвитку рослин, тоді як для варіанту з композицією Bralec 500 дані значення становили 2,3 раза [12]. Аналогічні результати, які вказують на більшу ефективність композиції з концентрацією рослинного лектину 5 мкг/мл порівняно до композиції з лектином 500 мкг/мл отримано також на рослинах гороху у фазу бутонізації (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив передпосівної обробки насіння гороху лектин-ризобіальними композиціями на кількість і нітрогеназну активність кореневих бульбочок та формування рослинами надземної маси у фазу бутонізації (вегетаційний дослід, піщана культура)

Варіанти досліді	Кількість бульбочок, од./рослину	Маса бульбочок, мг/рослину	Нітрогеназна активність, мкмоль C ₂ H ₄ /рослину за годину	Маса надземної частини, г/рослину
<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> 2406	39,7±2,5	221,7±10,1	16,58±0,75	6,4±0,4
Rhizolec 500	45,3±2,5	245,2±17,1	17,62±0,52	7,7±0,5**
Rhizolec 5	51,3±8,6**	267,7±14,6**	19,12±0,62**	8,8±0,5**

Примітка: див. тут і в наступних таблицях: достовірно відмінні ($p < 0,05$) показники порівняно до: * – абсолютного контролю (обробка насіння водою), ** – варіанту з бактеризацією насіння специфічними ризобіями.

Нітрогеназна активність кореневих бульбочок сої у фазу чотирьох справжніх листків перевищувала показник з інкуляцією насіння штамом 6346 у 2,6 та 1,5 раза – із Bralec 500 і Bralec 5, відповідно [12]. У фазу бутонізації показник загальної азотфіксувальної активності бульбочок в обох дослідних варіантах перевищував контроль на 30 і 51 %. Особливо ефективною у зазначену фазу розвитку рослин була дія композиції Bralec 5, оскільки нітрогеназна активність кореневих бульбочок збільшилась майже втричі порівняно до попередньої фази розвитку рослин, тоді як у варіанті з Bralec 500 – лише в 1,3 раза [12].

Результатом посилення симбіотичних властивостей бульбочкових бактерій рослинним лектином є активізація процесів росту

та формування вегетативної маси бобовими рослинами (табл. 1, 2). Протягом різних фаз вегетації (починаючи з ранніх етапів) рослини дослідних варіантів суттєво відрізнялися за метричними показниками як від рослин контрольного варіанту (обробка водою), так і від рослин варіанту з інокуляцією насіння специфічними ризобіями. У фазу одного справжнього листка у сої (табл. 2) зафіксовано достовірне збільшення висоти та маси рослин на 22 і 44 % порівняно з абсолютним контролем у варіанті з обробкою насіння Bralec 500. Приріст за вегетативною масою рослин даного варіанту становив 31 % відносно контролю з інокуляцією. У фазу чотирьох справжніх листків відмічено підвищення розмірних показників рослин дослідних варіантів на 22 і 7 %, 14 і 11 % та 19 і 5 %, 6 і 3 % порівняно до абсолютного контролю та варіанту з інокуляцією штамом, відповідно. У фазу бутонізації метричні показники рослин дослідних варіантів перевищували значення абсолютного контролю на 21 і 35 % (висота) та 41 і 24 % (маса). Порівняно до варіанту з традиційною інокуляцією штамом 6346 ця різниця становила 6 і 18 % та 26 і 11 %, відповідно (табл. 2). Рослини гороху дослідних варіантів (відповідно Rhizolec 500 і Rhizolec 5) на ранніх етапах розвитку (2-10 справжніх листків) відрізнялися від контрольних за висотою на 17-29 і 15-64 % та масою – на 14-44 і 10-68 %. Порівняно до варіанту з бактеризацією насіння штамом ризобій різниця за даними показниками становила відповідно 6-11 і 5-42 % (висота) та 11-32 і 10-56 % (маса). Максимальний стимулюючий ефект композицій відмічено на ранньому етапі розвитку рослин гороху – в фазу 2-х справжніх листків (табл. 2).

Отже, отримані нами результати свідчать про те, що на початкових етапах розвитку бобових рослин, коли відбувається формування симбіотичного апарату і рослини розвиваються на поживному субстраті з однаковим вихідним рівнем мінерального азоту (0,25 норми), переваги у розвитку рослин дослідних варіантів, вірогідно, пов'язані зі стимулюючою дією фітолектину, як біологічно активної речовини, на макроорганізм. У наступні фази розвитку рослин результатом модулюючого впливу лектину на бактеріальну клітину було посилення нодуляційної здатності ризобій і нітрогеназної активності корневих бульбочок.

Таблиця 2. Розвиток бобових рослин за дії на насіння лектин-ризобіальних композицій

Варіанти	Горох сорту Схід (на рослину, мікровегетативні умови, піщана культура)											
	фаза 2 справжніх листків				фаза 7 справжніх листків				фаза 10 справжніх листків			
	висота см	%	Г	%	висота см	%	Г	%	висота см	%	Г	%
1	19,5±0,5	100	0,93±0,02	100	39,2±1,0	100	1,8±0,08	100	42,9±0,9	100	2,1±0,25	100
2	22,6±0,9	116/100	1,04±0,06	112/100	44,7±0,8	114/100	2,2±0,01	122/100	43,2±0,7	101/100	2,1±0,08	100/100
3	25,0±1,4	129/111	1,34±0,06	144/132	45,8±0,9	117/103	2,4±0,08	133/111	45,8±0,9	107/106	2,4±0,10	114/114
4	32,0±0,3	164/142	1,56±0,05	168/156	46,9±1,3	120/105	2,5±0,20	139/117	49,3±0,8	115/114	2,3±0,13	110/110
	Соя сорту Мар'яна (надземна частина рослини, вегетативні умови, ґрунтова культура)											
	фаза 1 справжнього листка				фаза 4 справжніх листків				фаза бутонізації			
	висота см	%	Г	%	висота см	%	Г	%	висота см	%	Г	%
5	10,2±0,5	100	0,91±0,10	100	24,8±0,8	100	3,72±0,21	100	36,4±1,3	100	7,44±0,72	100
6	10,2±0,1	100/100	1,00±0,10	110/100	25,4±0,9	102/100	4,02±0,26	108/100	41,6±0,7	114/100	8,32±0,67	112/100
7	12,5±0,7	122/122	1,31±0,06	144/131	30,2±0,7	122/119	4,24±0,24	114/106	44,2±1,5	121/106	10,52±0,71	141/126
8	10,6±0,2	104/104	1,04±0,07	114/104	26,6±1,2	107/105	4,14±0,31	111/103	49,0±1,1	135/118	9,20±0,74	124/111

Примітка: варіанти (обробка насіння): 1, 5 – контроль (вода), 2 – інюкуляція *R. leguminosarum* bv. viciae 240б; 3 – Rhizolec 500; 4 – Rhizolec 5; 6 – інюкуляція *B. japonicum* 634б; 7 – Bralec 500; 8 – Bralec 5; див. тут і в наступних таблицях у графі «%»: над рискою – порівняно до абсолютного контролю (обробка насіння водою), під рискою – відносно варіанту з інюкуляцією насіння специфічним штамом ризобій.

Показники кількості, маси бульбочок і їх азотфіксувальної активності у дослідних варіантах перевищували значення варіанту з інокуляцією штамом і, якщо на початкових етапах росту рослин більш виражену дію чинила композиція з максимальною концентрацією лектину, то у подальшому (фаза бутонізації) відмічено суттєву активізацію функціональної здатності бульбочок у варіанті з мінімальною концентрацією аглютиніну.

Позитивний ефект дії лектин-ризобіальної композиції на рослину може бути як опосередкованим (через бактеріальну клітину [2, 3, 10, 11, 14, 20]), так і безпосереднім, що пов'язано з впливом лектинового компоненту композиції, який не зв'язався з бактеріальними клітинами по вуглеводних центрах зв'язування [9, 10], на ростові процеси рослин, а саме, прямий вплив аглютиніну на ділення і розтяг клітин, подібний до дії фітогормонів, або його залучення до гормональної регуляції процесів росту і розвитку рослин за рахунок зміни ендогенного фітогормонального балансу та безпосередньої взаємодії з ендогенними фітогормонами по гідрофобних центрах зв'язування [1, 4-6, 18, 19, 21, 22].

Таким чином, лектин-ризобіальні композиції Різолек і Бралек на основі специфічного рослині лектину та штаму бульбочкових бактерій активізують ростові процеси рослин протягом онтогенезу, що може бути наслідком зміни симбіотичних властивостей ризобій і їх активності під впливом рослинного лектину як при формуванні (бульбочкоутворювальна здатність [10, 11, 14, 20]), так і при функціонуванні (нітрогеназна активність кореневих бульбочок [10, 11, 14]) симбіотичних систем, а також, безпосереднього впливу лектину, як біологічно активної речовини, на рослину [6, 18, 19].

Одним із аспектів дослідження лектин-ризобіальних композицій є вивчення їхнього впливу на біологічні властивості ґрунту, який використовують для вирощування рослин [11]. Ми оцінювали рістактивуючу здатність ризосферного субстрату (пісок) рослин гороху у фазу бутонізації. Показано, що на піску дослідного варіанту з композицією Rhizolec 5 активно розвивались проростки тест-об'єкту (редису), що свідчить про акумуляцію у ризосферній зоні рослин біологічно активних речовин, які сприяють розвитку проростків. Так, довжина проростків редису у даному варіанті становила 16,9 мм та перевищувала контрольний показник (15,2 мм) на 11 %, що може вказувати як на посилення фізіологічної активності ризобій, а саме, продукування ними біологічно активних

сполук, так і на активацію надходження у ризосферу корневих метаболітів рослини, що пов'язано з фотосинтетичною активністю листків та видільною функцією коренів рослин. Пістактивуюча здатність субстрату у варіанті з композицією Rhizolec 500 знаходилась на рівні контролю. Про позитивну дію лектин-ризобіальних композицій на основі лектину сої та *B. japonicum* 634б щодо розвитку і функціональної активності ризосферних діазотрофів рослин сої свідчать результати раніше проведених досліджень [11].

Засвоєння симбіотичними системами молекулярного азоту і фотосинтез – це ключові фізіологічні процеси в енергетичному і трофічному забезпеченні рослин, які лежать в основі їхнього продукційного процесу [8, 16]. При дослідженні інтенсивності фотосинтезу у рослин гороху та сої за дії на насіння лектин-ризобіальних композицій встановлено підвищення фотосинтетичної активності (табл. 3). У рослин гороху варіанту з Rhizolec 5 інтенсивність фотосинтезу була максимальною і перевищувала значення абсолютного контролю на 21 %, контролю за штамом – на 7 %. При застосуванні композиції Rhizolec 500 фотосинтетична активність переважала абсолютний контроль на 12 %, але дорівнювала показнику у варіанті з інокуляцією штамом. Бактеризація насіння *R. leguminosarum* bv. *viciae* 240б підвищувала інтенсивність фотосинтезу рослин на 14 %. Фотосинтетична активність сої дослідних варіантів збільшилась на 24 та 29 % порівняно до варіанту з бактеризацією насіння штамом 634б і майже не залежала від кількісного вмісту лектинового компоненту в композиції (табл. 3).

Отже, результати досліджень фотосинтетичної активності рослин сої та гороху під впливом лектин-ризобіальних композицій Bralec і Rhizolec свідчать про їхній позитивний вплив на один із найважливіших фізіологічних процесів рослин – фотосинтез. Вважають, що наростання біомаси та формування урожайності рослин є результатом фотосинтетичної активності рослин [8, 16]. Нами показано (табл. 2), що рослини сої та гороху, насіння яких перед посівом обробляли лектин-ризобіальними композиціями, характеризувались активними ростовими процесами і накопиченням надземної маси протягом вегетації. Окрім того, відомо, що збільшення активності фотосинтезу обумовлює підвищення активності азотфіксації [15]. Відмічено також позитивну кореляцію

між утворенням корневих бульбочок, рівнем азотфіксації, площею листової поверхні та активністю фотосинтезу [23].

Таблиця 3. Фотосинтетична активність бобових рослин за умов передпосівної обробки насіння лектин-ризобіальними композиціями

Варіанти (обробка насіння)	Інтенсивність фотосинтезу	
	мг CO ₂ /(за годину на посудину)	%
Горох сорту Схід, піщана культура		
Контроль (вода)	103,3±13	100
<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> 2406	117,4±2,4*	114/100
Rhizolec 500	116,1±4,2*	112/99
Rhizolec 5	125,0±5,3*	121/107
Соя сорту Мар'яна, ґрунтова культура		
<i>B. japonicum</i> 6346	9,49±0,55	100
Bralec 500	11,73±0,23**	124
Bralec 5	12,23±1,00**	129

Отримані нами результати засвідчують, що рослини, насіння яких обробляли лектин-ризобіальними композиціями, характеризувались активною фотосинтетичною діяльністю порівняно до варіанту з традиційною інокуляцією (табл. 3) та високими показниками кількості і нітрогеназної активності корневих бульбочок (табл. 1, [12]). Аналіз фотосинтетичної активності листя (табл. 3) та нітрогеназної активності корневих бульбочок сої [12] у фазу бутонізації-початку цвітіння свідчить про аналогічний характер зміни показників: інтенсифікується як фотосинтетична активність листків, так і нітрогеназна активність бульбочок сої. Причому, зростання активності фотосинтезу супроводжувалося суттєвим посиленням нітрогеназної активності бульбочок: у рослин варіантів із композиціями Bralec 500 і Bralec 5 інтенсивність фотосинтезу підвищилась на 24 і 29 % (табл. 3), нітрогеназна активність корневих бульбочок – на 30 і 51 %, відповідно [12], ростові параметри рослин (висота і маса, відповідно) – на 6 і 18 % та 26 і 11 % (табл. 2) порівняно до варіанту з інокуляцією насіння специфічними ризобіями. У рослин гороху при застосуванні композиції Rhizolec 5 фотосинтетична активність підвищувалась на 7 % порівняно до варіанту з інокуляцією насіння штамом (табл. 3), нітрогеназна активність бульбочок – на 15 %, накопичення

вегетативної маси рослинами – на 23 % (табл. 1). Відповідні значення для рослин варіанту з Rhizolec 500 знаходились на рівні або дещо перевищували показники контролю за штамом (табл. 1).

Таблиця 4. Формування елементів структури урожаю бобовими рослинами за умов передпосівної обробки насіння лектин-ризобіальними композиціями (вегетаційні досліді)

Варіанти (обробка насіння)	кількість бобів на рослині		маса насінин з рослини	
	одиниць	%	г	%
Горох сорту Схід, піщана культура				
Контроль (вода)	1,13±0,30	100	0,75±0,13	100
<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> 2406	1,49±0,06*	132/100	0,97±0,31	129/100
Rhizolec 500	2,14±0,00**	189/144	1,14±0,37	152/118
Rhizolec 5	2,29±0,15**	203/154	1,27±0,35*	169/131
Соя сорту Мар'яна, ґрунтова культура				
<i>B. japonicum</i> 6346	21,2±0,1	100	3,9±0,1	100
Bralec 500	21,9±0,2**	103	4,3±0,2**	110
Bralec 5	23,5±1,0**	111	4,2±0,2	108

Одним із інтегральних показників фотосинтетичної діяльності рослин є їхня насіннева продуктивність [8, 16]. Встановлено, що використання лектин-ризобіальних композицій для передпосівної обробки насіння сої та гороху сприяє підвищенню урожайності рослин в умовах вегетаційних і польових дослідів. Рослини гороху, які характеризувались максимальною інтенсивністю фотосинтезу та нітрогеназною активністю кореневих бульбочок (варіант Rhizolec 5), сформували і максимальний урожай, про що свідчить аналіз елементів його структури, зокрема, кількості бобів та маси насінин з рослини (табл. 4). Майже однакове підвищення показника маси насінин сої з рослини (на 8 і 10 % порівняно до варіанту з інокуляцією, табл. 4) вказує на аналогічну ефективність дії досліджуваних композицій в умовах вегетаційних дослідів і є результатом майже рівної фотосинтетичної активності рослин обох дослідних варіантів і азотфіксувальної здатності їх симбіотичних систем. Однак, для застосування лектин-ризобіальних композицій у практиці сільськогосподарського виробництва економічно виправ-

даним є використання композиції з мінімальною концентрацією лектину, що знижує собівартість даного препарату. Тому, у польових умовах нами оцінено вплив передпосівної обробки насіння сої сорту Мар'яна композицією Bralec із мінімальною кінцевою концентрацією лектину (5 мкг/мл) на урожайність рослин.

Результати дослідів (2002, 2003 рр.) засвідчили підвищення врожайності сої за дії на насіння комплексної композиції порівняно з абсолютним контролем (обробка насіння водою) (табл. 5). Приріст урожайності становив 9,2 та 2,1 ц/га відповідно у 2002 та 2003 роках, що в середньому складало 5,1 ц/га або 16 %. У варіанті з інокуляцією насіння сої штамом *B. japonicum* 634б приріст дорівнював 4,9 ц/га (18 %) та 1,2 ц/га (3 %) відповідно у 2002 і 2003 роках, що в середньому становило 2,7 ц/га або 9 %. Ефективність дії лектинової композиції переважала ефективність традиційної інокуляції насіння *B. japonicum* 634б на 13 і 2 % або 4,3 і 0,9 ц/га (відповідно 2002 і 2003 рр.), що в середньому становило 7 % або 2,6 ц/га.

Аналіз структури урожаю сої (табл. 6) вказує на те, що приріст урожайності насіння, порівняно до варіанту з інокуляцією штамом, отримано за рахунок збільшення кількості плодових вузлів на рослині на 24 %, кількості бобів на рослині – на 21 %, кількості бобів в одному плодовому вузлі – на 12 %, кількості (на 39 %) та маси (на 44 %) насінин з рослини. Маса 1000 насінин при цьому достовірно перевищувала контрольне значення.

Оцінка економічної ефективності (за даними 2003 року) використання лектин-ризобіальної композиції для передпосівної обробки насіння сої підтверджує перспективність її практичного застосування. Встановлено, що за використання прийому передпосівної інокуляції насіння ризобіями або лектин-ризобіальною композицією у технології вирощування сої рентабельність виробництва підвищується відповідно на 8,1 і 14,8 % порівняно до абсолютного контролю та на 6,7 % – у разі порівняння композиції з бактеризацією насіння ризобіями. При цьому, на кожну витрачену гривню отримано додатково 0,24 і 0,31 гривні, відповідно.

Отже, результати як вегетаційних, так і польових досліджень вказують на ефективність використання комплексних лектин-ризобіальних композицій на основі лектину рослини-хазяїна і специфічних бульбочкових бактерій для підвищення урожайності бобових культур.

Таблиця 5. Урожайність сої сорту Мар'яна в польових умовах за дії на насіння комплексної композиції *Bralec*

Варіанти досліду	Урожайність, ц/га			Приріст урожаю					
	2002 рік		середнє	2002 рік		2003 рік		середнє	
	ц/га	%		ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Контроль (вода)	27,3±1,6	36,1±0,3	32,1±0,9	—	—	—	—	—	—
<i>B. japonicum</i> 6346	32,2±0,3*	37,3±0,5*	34,8±0,3*	+4,9/0	+18/0	+1,2/0	+3/0	+2,7/0	+9/0
<i>Bralec</i> 5	36,5±0,7**	38,2±0,8**	37,2±0,5**	+9,2/+4,3	+34/+13	+2,1/+0,9	+6/+2	+5,1/+2,6	+16/+7
НІР _{0,05}	1,9	2,2	1,3						

Таблиця 6. Структура урожаю сої сорту Мар'яна за дії лектин-ризобіальної композиції *Bralec* на насіння перед посівом (польовий дослід, 2003 рік)

Варіанти досліду	Кількість плодів у злі на рослині, од.	Кількість бобів на рослині, од.	Кількість бобів в одному плодів у злі, од.	Кількість насінин на рослині, од.	Кількість насінин в одному плоді, од.	Маса насінин з рослини, г	Маса 1000 насінин, г
Контроль (вода)	10,3±0,7	20,2±2,2	1,9±0,1	42,2±5,5	2,0±0,1	9,52±1,21	212,9±2,3
<i>B. japonicum</i> 6346	14,0±1,0*	31,1±2,8*	2,2±0,1	67,5±6,9*	2,1±0,0	13,9±1,4*	205,6±1,5*
<i>Bralec</i> 5	17,3±1,3**	37,6±3,6*	2,4±0,1*	93,7±10,2**	2,2±0,0	20,0±2,4**	221,7±6,3**

У композиції рослинний лектин є тим фактором, який корегує симбіотичні властивості бульбочкових бактерій у напрямі повнішої реалізації симбіотичного потенціалу бобово-ризобіального симбіозу. Виходячи із стимулюючої дії екзогенного рослинного лектину по відношенню до фіто- [5, 6, 18, 19] і ризосимбіонтів [10, 11, 14, 20], нами показано можливість його застосування при створенні нового класу комплексних композицій лектин-ризобіальної природи для підвищення продуктивності бобових культур, що є одним із перспективних напрямів сільськогосподарської біотехнології. Спосіб розробки таких композицій на основі рослинного лектину і ризобій, спрямований на посилення симбіотичних властивостей бульбочкових бактерій, захищений Патентом України № 55620 [13].

1. Антонюк В.О. Лектини та їх сировинні джерела /В.О. Антонюк. – Львів: ПП «Кварт», 2005. – 554 с.

2. Антонюк Л.П. Краткосрочные и долгосрочные эффекты при взаимодействии эндофитной бактерии *Azospirillum brasilense* sp. 245 и лектина пшеницы (АЗП) /Л.П. Антонюк, Л.А. Беспалова, Н.В. Остахина //Онтогенез рослин, біологічна фіксація молекулярного азоту та азотний метаболізм. – Тернополь, 2001. – С. 181–185.

3. Антонюк Л.П. О роли агглютинина зародышей пшеницы в растительно-бактериальном взаимодействии: гипотеза и экспериментальные данные в ее поддержку /Л.П. Антонюк, В.В. Игнатов //Физиол. раст. – 2001. – Т. 48, № 3. – С. 427–433.

4. Авальбаев А.М. Изучение связывания агглютинина зародышей пшеницы (АЗП) с цитокинами методом иммуноанализа /А.М. Авальбаев, А.Р. Кильдибекова, М.В. Безрукова //Биология – наука XXI века: 7-я Пущинская школа-конференция молодых ученых (Пущино, 14-18 апреля, 2003). – Пущино, 2003. – С. 44.

5. Безрукова М.В. Взаимодействие лектина пшеницы и 24-эпибрассинолида в регуляции деления клеток корней пшеницы /М.В. Безрукова, А.М. Авальбаев, А.Р. Кильдибекова, Р.А. Фатхутдинова, Ф.М. Шакирова //Докл. РАН. – 2002. – Т. 387, № 2. – С. 276–278.

6. Безрукова М.В. Участие агглютинина зародыша пшеницы в регуляции деления клеток апикальной меристемы корней проростков /М.В. Безрукова, А.Р. Кильдибекова, А.М. Авальбаев, Ф.М. Шакирова //Цитология. – 2004. – Т. 46, № 1. – С. 35–38.

7. Гродзинский А.М. Краткий справочник по физиологии растений /А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский. – К.: Наук. думка, 1971. – 388 с.

8. Гуляев Б.И. Фотосинтез и продукционный процесс /[Б.И. Гуляев

ев, Е.М. Ильяшук, Б.А. Миторофанов и др.]. – К.: Наук. думка, 1983. – 144 с.

9. Кириченко Е.В. Комплементарное взаимодействие лектинов бобовых растений с суспензиями клубеньковых бактерий как один из показателей специфичности симбионтов /Е.В. Кириченко //Физиол. и биохим. культурн. раст. – 2004. – Т. 36, № 4. – С. 301-306.

10. Кириченко Е.В. Влияние лектинов бобовых растений на проявление симбиотических свойств клубеньковыми бактериями в бобово-ризобияльном симбиозе /Е.В. Кириченко, С.М. Маличенко //Физиол. раст. – 2000. – Т. 47, № 2. – С. 221-225.

11. Кириченко Е.В. Влияние экзогенного лектина сои на развитие и азотфиксирующую активность корневых клубеньков и диазотрофных микроорганизмов в ризосферной зоне растений /Е.В. Кириченко, Л.В. Титова //Физиол. и биохим. культурн. раст. – 2005. – Т. 37, № 2. – С. 139-146.

12. Кириченко Е.В. Лектин сои как компонент комплексного био-препарата на основе *Bradyrhizobium japonicum* 6346 /Е.В. Кириченко, Л.В. Титова //Прикл. биохим. и микробиол. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 219-223.

13. Пат. 55620А, Україна, С05F11/08. Спосіб підвищення симбіотичних властивостей повільнорослих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium* /О.В. Кириченко, С.М. Маліченко. – опубл. 15.04.03, Бюл. № 4.

14. Косенко Л.В. Екологічна роль лектинів бобових рослин /Л.В. Косенко //Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть.– К., 2001. – Т. 1. – С. 248-251.

15. Коць С.Я. Залежність інтенсивності процесів фотосинтезу та дихання у люцерни від умов її живлення мінеральним азотом і інокуляції різними штамми *Rhizobium meliloti* та їх зв'язок з азотфіксуючою активністю /С.Я. Коць, С.М. Маліченко, О.Д. Кругова, Н.М. Мандровська, О.В. Кириченко //Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. – К.: Логос, 2001. – С. 202-227.

16. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти /[Т.М. Шадчина, Б.І. Гуляев, Д.А. Кірізій, О.О. Стасик, Г.О. Прядкіна, В.О. Стороженко]. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 384 с.

17. Hardy R.W.F. The acetylene-ethylene assay for N₂-fixation: laboratory and field evaluation /R.W.F. Hardy, R.D. Holsten, E.K. Jackson, R.C. Burns //Plant Physiol. – 1968. – Vol. 43, N 8. – P. 1185-1207.

18. Khosrowshahli M. The interaction between phytohemagglutinin and different plant growth regulators on plant callus and organ induction /M. Khosrowshahli, H. Djawady, M. Moggadan et al. //20th Int. Lectin Meeting «Interlec 20»: Abstr. – Copenhagen, 2002. – P. 110.

19. Kyrychenko O.V. Practice of soybean and wheat lectins use for

the plant growing /O.V. Kyrychenko //Problems of biogeochemistry and geochemical ecology. – 2008. – Vol. 1, N 5. – P. 99-105.

20. Lodeiro A.R. Stimulation of adhesiveness, infectivity and competitiveness for nodulation of *Bradyrhizobium japonicum* by its pretreatment with soybean seed lectin /A.R. Lodeiro, S.L. Lopez-Garcia, T.E.E. Vazquer, G. Favelukes //FEMS Microbiol. Lett. – 2000. – Vol. 188, N 2. – P. 177-184.

21. Loris R. Legume lectin structure /R. Loris, T. Hamelryck, J. Bouckaert, L. Wyns //Biochim. Biophys. Acta. – 1998. – Vol. 1383. – P. 9-36.

22. Rudiger H. Plant lectins: occurrence, biochemistry, functions and applications /H. Rudiger, H.-J. Gabius //Glycoconj. J. – 2001. – N 18. – P. 589-613.

23. Yang Zhong. Jie Coriaria sinica /Zhong Yang, Ji Luo, Wang Dao //Shengtai xuebao = Acta Ecol. Sin. – 2001. – Vol. 21, N 2. – P. 244-248.

РОЛЬ ЛЕКТИНОВ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ В АКТИВИЗАЦИИ СИМБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЕЦИФИЧНЫХ РИЗОБИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИМБИОЗА

Кириченко Е.В.

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, г. Киев

*Исследовали влияние лектинов бобовых растений (гороха, сои) на симбиотические свойства клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 240б и *Bradyrhizobium japonicum* 634б при формировании симбиоза с растениями *Pisum sativum* L. и *Glucine max* L. Merr. соответственно. Показано, что совместная инкубация ризобий с лектином приводит к активации нодуляционной способности бактерий при инокуляции семян, азотфиксирующей активности корневых клубеньков и эффективности бобово-ризобияльного симбиоза, результатом чего является активизация фотосинтетической деятельности растений, положительное изменение роста, формирования вегетативной массы и урожая бобовыми растениями. Показана перспективность использования комплексных композиций на основе лектинов бобовых растений и специфичных им ризобий для предпосевной инокуляции семян с целью повышения семенной продуктивности растений.*

Ключевые слова: клубеньковые бактерии, горох, соя, корневые клубеньки, азотфиксирующая активность, нодуляционная способность, фотосинтетическая активность, симбиоз.

LEGUME LECTINS ACTIVATE SYMBIOTIC PROPERTIES OF SPECIFIC RHIZOBIA UNDER SYMBIOSIS FORMATION AND FUNCTIONING

Kyrychenko O.V.

Institute of Plant Physiology and Genetics, NAS of Ukraine, Kyiv

*The effect of pea and soybean lectins on the symbiotic properties of nodule bacteria *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 2406 and *Bradyrhizobium japonicum* 6346 during the formation and functioning of symbiosis with pea (*Pisum sativum* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.) plants respectively was investigated. It was shown that incubation of homologous rhizobia with plant-host lectin had increased bacteria nodulation ability at seeds inoculation, nitrogen fixing activity of root nodules and symbiosis efficiency that had resulted in intensification of plants' photosynthesis, positive changes of leguminous plants growth, formation of vegetative mass and harvest. The use of **complex** compositions based on the legume lectins and homologous rhizobia for pre-sowing seeds treatment was shown to be perspective in order to increase seed productivity of leguminous plants.*

Key words: *nodule bacteria, pea, soybean, root nodules, nitrogen fixing activity, nodulation ability, photosynthesis activity, symbiosis.*