

УДК 631.461:633.57

ПОСІВНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ СОЇ ЗА ІНТРОДУКЦІЇ ДІАЗОТРОФНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ

О.В. КИРИЧЕНКО, К.А. МОКРИЦЬКИЙ

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17*

У лабораторних і вегетаційних умовах оцінено посівні властивості насіння сої за дії діазотрофних мікроорганізмів (специфічних для рослини-хазяїна бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, ризосферних діазотрофів родів *Azotobacter*, *Enterobacter*) при передпосівній бактеризації насіння. Показано, що інокуляція посівного насіння, яке зберігалось протягом кількох років у нерегульованих умовах (поза межами зернохосвищ), специфічними бульбочковими бактеріями або ж комплексними інокулянтами на основі ризобій агрономічно корисних ґрунтових мікроорганізмів і лектину насіння сої істотно підвищує енергію проростання, схожість насіння, формування проростків, вегетативної маси сої. Рослини утворювали функціональні симбіотичні системи з бактеріями. На основі отриманих результатів із метою стимуляції проростання насіння сої запропоновано бактеризувати його комплексними інокулянтами, що є ефективнішим заходом, ніж інокуляція монокультурою ризобій.

Ключові слова: соя, посівне насіння, схожість, проростки, бульбочкові бактерії, ризосферні діазотрофи, лектин сої, комплексні інокулянти.

Перспективним ресурсом альтернативного джерела підвищення продуктивності рослинництва є застосування мікробних препаратів [1, 5, 6, 16, 20], серед яких істотну частку становлять бактеріальні препарати на основі азотфіксуювальних (діазотрофних) мікроорганізмів. Високим азотфіксуювальним потенціалом, результатом реалізації якого є накопичення в ґрунті азоту до 200—500 кг/га за рік, характеризуються бобоворизобіальні симбіози, утворені бульбочковими бактеріями й бобовими рослинами [11]. Важливою складовою ґрунтової мікробіоти є так звані PGPR-бактерії (роди *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Agrobacterium*, *Bacillus* та ін.), які здатні до синтезу рiстрегулювальних (гормони, вітаміни, амінокислоти, екзополісахариди тощо) та антибіотичних (антибіотики, сидерофори, фенанзини та ін.) речовин, азотфіксації, мобілізації недоступних рослинам форм фосфору, біоремедіації тощо [4—6, 15, 16, 19, 20]. Найактивнішими продуцентами фітогормонів серед ризосферних і епіфітних бактерій вважають різні види псевдомонад, бацил, азоспірил, азотобактера.

Стабілізація й оптимізація агрономічно корисних ефектів бактеріальних препаратів при інокуляції різних видів сільськогосподарських культур досягається створенням полікомпонентних препаратів (біокомпозицій) на основі бактерій з різними екологічними функціями [5, 6, 12, 19], оскільки моноінокулянти чутливіші до дії нестабільних чинників

довкілья. Використання в агробіотехнології бактеріальних препаратів на основі азотфіксувальних мікроорганізмів і рістстимулювальних ризобактерій — технологічні прийоми, які сприяють підвищенню врожаю культурних рослин і накопиченню в ґрунті біологічного азоту.

Соя — перспективна продовольча культура в Україні, тому розробка технологічних засобів підвищення її продуктивності — актуальне питання сьогодення. Рослини найчутливіші до чинників навколишнього середовища у фазі проростання насіння та формування проростків. Первинні умови проростання насіння мають вирішальне значення для наступних етапів росту, розвитку та продуктивності рослин. За несприятливих умов зберігання насіння (нерегульовані умови поза межами зерносховищ) погіршуються його посівні властивості, гальмуються початкові етапи розвитку рослин. Посівні властивості насіння — один із визначальних критеріїв при його реалізації агропромисловцям, отже, актуальними є оцінка й розробка способів поліпшення посівних властивостей насіння сільськогосподарських культур, особливо при зберіганні його протягом кількох років. Раніше ми виявили позитивний вплив нових комплексних біологічних композицій лектинової (Азолек) і бактеріальної (Коктейль) природи на посівні властивості насіння озимої пшениці сортів Поліська 90 і Подолянка за різних режимів його зберігання (регульовані й нерегульовані умови) [8], а також біологічно активної сполуки рослинного походження — лектину сої, гороху, пшениці на розвиток рослин у ювенільній стадії онтогенезу [6].

Метою цієї роботи було дослідження впливу діазотрофних мікроорганізмів (специфічних для рослини-хазяїна бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* і ризосферних діазотрофів родів *Azotobacter*, *Enterobacter*) при передпосівній бактеризації на посівні властивості насіння сої.

Методика

Об'єктами дослідження були симбіотичні системи, утворені рослинами сої (*Glycine max* (L.) Merr) сорту Аннушка (ранньостиглий, з коротким періодом вегетації) урожаю 2009 р. (серія дослідів I) та урожаю 2010 і 2011 рр. (серія дослідів II) і бульбочковими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* (виробничий штаб 6346), під впливом лектину насіння сої (ЛНС, 5 мкг/мл) та ризосферних діазотрофів родів *Azotobacter* (штаб *Azotobacter chroococcum* T79) *Enterobacter* (бактеріальна композиція Коктейль). Штаб *A. chroococcum* T79 отриманий методом аналітичної селекції з чорноземного ґрунту Полтавської області у відділі симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (ІФРГ НАН України) [14]. Штаб ефективний при моно- й бінарній інокуляції насіння ярої пшениці сорту Рання 93 [6] і комплексній бактеризації насіння сої сорту Мар'яна [6, 14]. Ізоляти ризосферних діазотрофів пшениці (Т3, Tw3, Tw2), що є складовими бактеріальної композиції Коктейль, за морфолого-культуральними і фізіолого-біохімічними властивостями віднесені до роду *Enterobacter* [7]. Інокуляція насіння ярої пшениці композицією Коктейль — ефективний спосіб підвищення продуктивності рослин і поліпшення екологічного стану ґрунту [6]. Композиція характеризується високою гідропротекторною дією, тому її можна застосовувати для забезпечення нормального розвитку рослин у роки неоптимального зволоження [9]. *Bradyrhizobium japonicum* 6346 — основа

бактеріальних добрив для інокуляції насіння сої. Штами діазотрофних мікроорганізмів зберігаються в колекції симбіотичних та асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів ІФРГ НАН України, що є національним надбанням.

Культуру *B. japonicum* 6346 вирощували протягом 10 діб на манітно-дріжджовому агарі (K_2HPO_4 — 0,5; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,4; NaCl — 0,1; маніт — 10,0; дріжджовий екстракт — 0,5; агар-агар — 16,0 г/л; дистильована вода — 1 л; рН 6,8—7,0), *Enterobacter*, *A. chroococcum* T79 — на середовищі Ешбі (K_2HPO_4 — 0,2; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,2; NaCl — 0,1; K_2SO_4 — 0,1; $CaCO_3$ — 5,0; сахароза — 20,0; агар-агар — 16,0 г/л; мікроелементи — 1 мл; дистильована вода — 1 л; рН 6,8—7,4) (мікроелементи, мг/л: H_3BO_3 — 5,0; $(NH_4)_2MoO_4$ — 5,0; KI — 0,5; NaBr — 0,5; $ZnSO_4$ — 0,2; $Al_2(SO_4)_3$ — 0,3, дистильована вода — 1 л) протягом 3 діб за температури 28 °С. Титр ризобіальних клітин становив 10^9 кл/мл, ризосферних діазотрофів — 10^7 кл/мл. Бактеріальні композиції готували з культур мікроорганізмів у співвідношенні 1 : 1, отже, комплексні інокулянти містили ризобіальних клітин вдвічі менше, ніж моноінокулянт (серія I), або стільки ж, як і ризобіальний моноінокулянт (серія II). При цьому суміш мікроорганізмів у серії I готували безпосередньо перед інокуляцією, у серії II компоненти композицій інкубували (і) протягом доби.

Ефективність дії комплексної інокуляції на посівні властивості насіння сої оцінювали в лабораторних і вегетаційних умовах. Лабораторні досліди проводили згідно з вимогами ДСТУ 4138—02 [13] та рекомендаціями [2] в чашках Петрі (25 насінин на чашку) у 4 повтореннях на варіант (100 насінин на варіант) за температури 22 °С. Оцінювали показники енергії проростання (%), схожості насіння (%), маси проростків (мг), ступінь зараження насіння (%). Вегетаційні досліди проводили на майданчику ІФРГ НАН України за природних освітлення й температури у 5—6-разовій повторності по варіантах у 10-кілограмових посудинах Вагнера на піщаному та ґрунтовому субстраті з поживною сумішшю Гельригеля (0,25 норми мінерального азоту) [3]. Аналізували динаміку появи сходів по варіантах і масу вегетуючих рослин на початку вегетації сої (фаза розвитку примордіального чи одного справжнього листка) і в період активної азотфіксації (фаза бутонізації або цвітіння), а також функціональну (нітрогеназну) активність соєво-ризобіальних симбіозів. Нітрогеназну активність корневих бульбочок тестували ацетиленовим методом за Харді та співавт. [17] на приладі Chromatograf 504 (Польща, «Мега ЕІwго»).

Насіння інокулювали протягом години до висіву.

Досліди (серія I) закладали за такою схемою:

- 1) без інокуляції (обробка насіння водою, абсолютний контроль — а.к.);
- 2) інокуляція *Bradyrhizobium japonicum* 6346 (штам-контроль);
- 3) інокуляція *B. japonicum* 6346 + *Azotobacter chroococcum* T79;
- 4) інокуляція *B. japonicum* 6346 + *Enterobacter* (Коктейль).

Досліди (серія II) закладали за схемою:

- 1) без інокуляції (обробка насіння водою, абсолютний контроль — а.к.);
- 2) інокуляція (*Bradyrhizobium japonicum* 6346 + вода)і (штам-контроль);
- 3) інокуляція (*B. japonicum* 6346 + *Azotobacter chroococcum* T79)і;
- 4) інокуляція (*B. japonicum* 6346 + ЛНС)і;

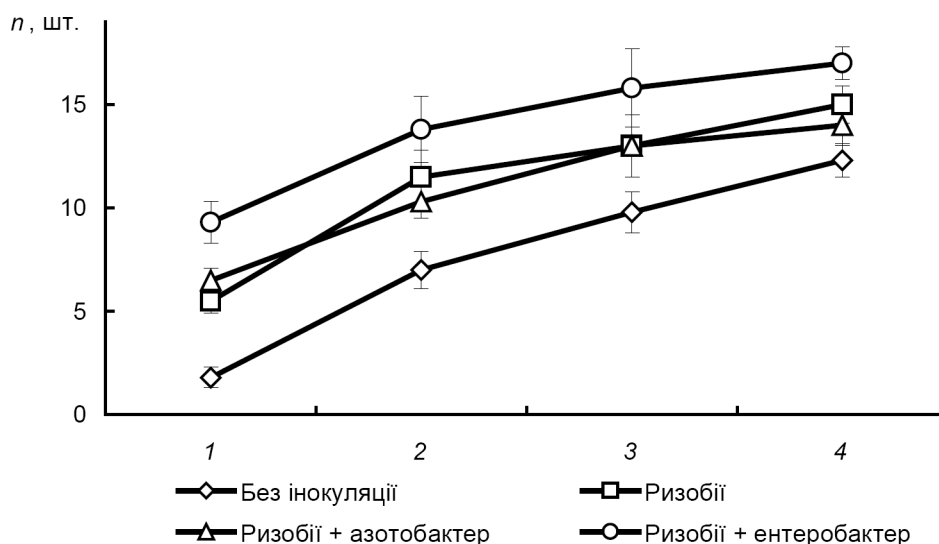
5) інокуляція (*B. japonicum* 6346 + ЛНС)і + *A. chroococcum* Т79.

Результати оброблено статистично за допомогою програми Statgraphics Plus (V. 3.0). У таблицях наведено середньоарифметичні значення та стандартні похибки ($M \pm m$).

Результати та обговорення

Результати лабораторних і вегетаційних досліджень засвідчили позитивний вплив передпосівної бактеризації насіння сої діазотрофними мікроорганізмами на його посівні властивості, розвиток проростків і вегетуючих рослин. Так, у лабораторних умовах (рисунок) інокуляція насіння ризобіями сприяла збільшенню кількості насінин, що проросли, в 1,2–3,1 раза порівняно з а.к. У варіантах ризобії + азотобактер і ризобії + ентеробактер ці значення зростали в 1,1–3,6 і 1,4–5,2 раза відповідно відносно а.к. та в 1,1–1,7 раза відносно штаму-контролю для варіанта ризобії + ентеробактер. Максимальна різниця між контрольним і дослідними варіантами зафіксована на 3-тю добу, в подальшому (4–6-та доба) вона зменшувалась, що свідчить про істотний вплив інокуляції саме на активування виходу насіння зі стану спокою. При цьому насіння зразків з низькою енергією проростання в а.к. (28 %) за інокуляції ризобіями мало енергію проростання 46 %, за комплексної бактеризації — відповідно 41 і 55 % (табл. 1). Схожість насіння зростала із 49 % (а.к.) відповідно до 60, 56 і 68 %. Маса проростків сої за інокуляції насіння ризобіями збільшувалась на 34 % відносно а.к., за комплексної інокуляції (варіанти ризобії + азотобактер, ризобії + ентеробактер) — відповідно на 50 і 73 % відносно а.к. та на 12 і 29 % відносно штаму-контролю (див. табл. 1).

В лабораторних умовах за обробки насіння сої з різними рівнями вихідної схожості (низький — до 40 %, доволі високий — до 80 %) комплексними інокулянтами встановлено (табл. 2, серія II) тенденційне



Динаміка проростання насіння сої за інтродукції діазотрофних мікроорганізмів (лабораторні умови):

n — кількість насінин (шт.), що проросли з 25 насінин на чашку Петрі; 1 — третя, 2 — четверта, 3 — п'ята, 4 — шоста доба після обробки насіння

ПОСЕВНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН

ТАБЛИЦЯ 1. Посівні властивості насіння сої за інтродукції діазотрофних мікроорганізмів (лабораторні досліді, серія I)

Варіант	Енергія проростання насіння, %	Схожість насіння, %	Маса проростка, мг
Без інокуляції (а.к.)	28,0±0,9	49,2±0,8	74,2±6,0
Ризобії (штам-контроль)	46,0±1,3	60,0±0,9	99,6±6,5
Ризобії + азотобактер	41,2±0,8*	56,0±1,0*	111,3±9,5
Ризобії + ентеробактер	55,2±1,6*	68,0±0,8*	128,3±8,9*

П р и м і т к а. Тут і в табл. 2—7: * — вірогідна відмінність від штаму-контролю; тут і в табл. 2, 3, 5, 6: а.к. — абсолютний контроль.

ТАБЛИЦЯ 2. Розвиток рослин сої сорту Аннушка у ювенільній стадії онтогенезу за інтродукції на насіння діазотрофних мікроорганізмів (лабораторні досліді, серія II)

Варіант	Енергія проростання насіння, %	Схожість насіння, %	Зараження насіння, %	Маса проростка, мг
Урожай 2011 р., висока вихідна схожість насіння				
Без інокуляції (а.к.)	79,0±2,5	80,0±2,3	22±4	128±6
(Ризобії + вода); штам-контроль	87,0±2,6	85,0±5,3	15±3	145±2
(Ризобії + азотобактер)і	80,0±2,8	82,0±4,4	10±3	151±3
(Ризобії + ЛНС)і	91,0±4,1	82,0±4,2	9±3*	176±7*
(Ризобії + ЛНС)і + азотобактер	94,0±1,9*	86,0±1,0	8±2*	173±6*
Урожай 2010 р., низька вихідна схожість насіння				
Без інокуляції (а.к.)	39,0±4,1	38,0±4,4	—	74±4
(Ризобії + вода); штам-контроль	49,0±4,7	52,0±5,7	—	84±2
(Ризобії + азотобактер)і	56,0±3,7	54,0±4,9	—	108±7*
(Ризобії + ЛНС)і	53,0±5,2	56,0±1,9	—	127±9*

П р и м і т к а. ЛНС — лектин насіння сої; і — інкубація компонентів композицій; «—» — не визначали.

підвищення показників енергії проростання (відповідно на 8—14 і 5—8 %), а також схожості (на 4—8 %) насіння з низькою вихідною схожістю порівняно з варіантом з інокуляцією монокультурою ризобій. При цьому отримано вірогідно відмінні показники щодо абсолютного контролю, які характеризують посівні властивості насіння з низькою вихідною схожістю (26—44 і 42—37 %) та енергію проростання (на 15—19 %) насіння з високою вихідною схожістю (див. табл. 2). Інокуляція ризобіями сприяла підвищенню відповідно на 26 і 10 та 37 і 6 % енергії проростання та схожості насіння з низькою й високою вихідною схожістю. Виявлено вищу ефективність дії інокулянтів на насіння сої саме з низькою вихідною схожістю.

Маса проростків сої з насіння з низькою і високою вихідною схожістю при інокуляції ризобіями збільшувалась відповідно на 13 і 14 %, за комплексної інокуляції (варіанти ризобії + азотобактер, ризобії + лектин та (ризобії + лектин) + азотобактер) — відповідно на 45 і 18, 71 і 37 та 35 % порівняно з а.к., а також на 28 і 4, 52 і 21 та 19 % відносно штаму-контролю (див. табл. 2).

Стимуляція схожості насіння, проростання та накопичення маси проростками сої (див. рисунок, табл. 1, 2), на нашу думку, пов'язана зі здатністю діазотрофних мікроорганізмів як бульбочкових бактерій, так і азотобактеру й ентеробактеру, до синтезу речовин рiстрегуляторної дії [1, 4, 6, 10, 16, 19], якими насамперед є гормони цитокінінової й ауксинової природи [4, 10]. Фітолектин за екзогенної дії також підвищує продукування ауксинових і цитокінінових гормонів ґрунтовими мікроорганізмами та як біологічно активна речовина з рiстрегуляторною активністю сприяє розвитку рослин і на ранніх етапах онтогенезу, і протягом усього вегетаційного періоду [6].

Бактеризація насіння сої з високою вихідною схожістю комплексними інокулянтами (див. табл. 2) призводила до зниження ступеня зараження на 32—54 % порівняно з а.к. й на 33—47 % порівняно з варіантом з інокуляцією насіння ризобіями. Максимальна ефективність дії за всіма дослідженими показниками посівних властивостей і грибного зараження насіння зафіксована для поліінокулянтів, до складу яких окрім діазотрофних мікроорганізмів входив також біологічно активний протеїн — лектин насіння сої. Зниження зараження насіння за дії комплексних інокулянтів можна пояснити здатністю ґрунтових мікроорганізмів родів *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Enterobacter* до синтезу сполук із бактерицидною й фунгіцидною активністю [1, 6, 15, 16], а також наявністю фунгіцидної активності у рослинних лектинах [6].

Отже, комплексна бактеризація насіння діазотрофними мікроорганізмами родів *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Enterobacter* за дії лектину насіння сої на ризобіальні клітини характеризується вищим рівнем ефективності на ранніх етапах розвитку рослин сої (поліпшуються посівні властивості насіння, формування проростків, знижується ступінь грибного ураження насіння) порівняно з моноінокуляцією ризобіальним штамом.

В умовах вегетаційного дослідження (табл. 3) також показано, що комплексні бактеріальні інокулянти сприяли схожості насіння сої (показники схожості насіння у контрольному варіанті були на рівні 45—56 %).

ТАБЛИЦЯ 3. Схожість насіння сої за інтродукції діазотрофних мікроорганізмів у вегетаційних умовах (пшана культура, досліді серії I; 20 насінин на посудину)

Варіант	Доба після посіву насіння		
	10	14	17
Кількість сходів на посудину, шт.			
Без інокуляції (а.к.)	9,0±0,7	11,0±1,0	11,2±1,2
Ризобії (штам-контроль)	10,8±1,1	13,5±1,0	13,5±1,3
Ризобії + азотобактер	13,7±1,1*	15,8±0,9*	15,3±1,1*
Ризобії + ентеробактер	13,2±0,5*	16,2±0,5*	16,5±0,6*
Схожість насіння сої (за середніми показниками), %			
Без інокуляції (а.к.)	45,0	55,0	56,0
Ризобії (штам-контроль)	54,0	67,5	67,5
Ризобії + азотобактер	68,5	79,0	76,5
Ризобії + ентеробактер	66,0	81,0	82,5

За інокуляції насіння специфічними для рослини-хазяїна ризобіями кількість сходів на посудину збільшилась на 20–23 %, показника схожості насіння — на 9,0–12,5 % відносно а.к. Комплексна бактеризація насіння інокулянтами на основі специфічних бульбочкових бактерій і ризосферних діазотрофів родів *Azotobacter*, *Enterobacter* сприяла підвищенню схожості насіння відповідно на 20,5–24,0 і 21,0–26,5 % відносно а.к., на 9,0–14,5 і 12,0–15,0 % відносно варіанта з бактеризацією ризобіями. Кількість сходів на посудину при цьому збільшувалась у варіантах із комплексною бактеризацією відповідно на 37–52 і 47 % відносно а.к. та на 13–27 і 20–22 % відносно штаму-контролю. Схожість насіння зростала з 56 % (варіант без інокуляції) до 67,5 % (варіант ризобії), 76,5 % (варіант ризобії + азотобактер) і 82,5 % (варіант ризобії + ентеробактер) (див. табл. 3). Отже, інтродукція на насіння сої діазотрофних мікроорганізмів родів *Bradyrhizobium*, *Enterobacter* забезпечувала максимальну схожість насіння в умовах вегетаційного досліду.

За вегетаційних умов (табл. 4, ґрунтова культура) схожість насіння в середньому за 2 роки вірогідно зростає на 13–17 % у разі використання для інокуляції комплексних композицій порівняно з моноінокуляцією ризобіями.

Встановлено також активування формування першого справжнього листка у рослин варіантів із комплексною інокуляцією насіння (табл. 5, серія II) за максимальної ефективності дії композицій, що містили разом із діазотрофними мікроорганізмами і лектин насіння сої.

Стимулювальний вплив комплексних інокулянтів виявлено й у подальші фази онтогенезу сої (табл. 6). Рослини варіантів із комплексною бактеризацією насіння (ризобії + азотобактер, ризобії + ентеробактер) у фазу розвитку примордіального листка активно формували вегетативну

ТАБЛИЦЯ 4. Схожість насіння сої у вегетаційних умовах за комплексної обробки насіння (ґрунтова культура, досліді серії II)

Варіант	Дослід 1	Дослід 2	Усереднено
	Схожість насіння, %		
Ризобії + вода; штаму-контроль	74,0±1,9	74,0±1,9	72,0±2,0
(Ризобії + азотобактер)і	78,0±1,2*	78,0±1,2*	81,0±3,0*
(Ризобії + ЛНС)і	77,8±2,1	77,8±2,1	83,9±6,2*
(Ризобії + ЛНС)і + азотобактер	76,8±2,1	76,8±2,1	82,1±5,3*

ТАБЛИЦЯ 5. Формування першого справжнього листка рослинами сої за комплексної інокуляції насіння (піщана культура, досліді серії II; 30 насінин на посудину)

Варіант	Доба після посіву насіння			
	10		11	
	шт/посудину	% сходів	шт/посудину	% сходів
Без інокуляції (а.к.)	2,6±0,8	11,4±3,4	13,8±1,6	61,4±7,4
(Ризобії + вода)і; штаму-контроль	6,0±1,6	25,8±6,6	17,8±1,3	76,6±4,6
(Ризобії + азотобактер)і	6,2±1,2	28,7±6,8	18,0±0,9	79,1±3,2
(Ризобії + ЛНС)і	12,4±1,1*	53,9±5,0*	18,6±0,9	80,1±3,6
(Ризобії + ЛНС)і + азотобактер	9,2±1,7*	41,2±6,1*	18,2±1,6	82,6±5,6

ТАБЛИЦЯ 6. Формування рослинами сої вегетативної маси за комплексної інокуляції насіння бактеріальними композиціями

Дослід серії I				
Варіант	Маса рослини		Маса сухої речовини рослини	
	г	%	г	%
Фаза примордіального листка				
Без інокуляції (а.к.)	1,23±0,16	100	0,21±0,02	100
Ризобії (штам-контроль)	1,44±0,09	117/100	0,20±0,01	95/100
Ризобії + азотобактер	1,58±0,08*	129/110	0,25±0,01*	119/125
Ризобії + ентеробактер	1,58±0,09*	129/110	0,24±0,01*	114/120
Фаза бутонізації—початку цвітіння				
Без інокуляції (а.к.)	5,14±0,43	100	1,09±0,09	100
Ризобії (штам-контроль)	5,88±0,53	114/100	1,32±0,12	121/100
Ризобії + азотобактер	5,81±0,34	113/99	1,24±0,07	114/94
Ризобії + ентеробактер	6,60±0,52*	128/112	1,44±0,11	132/109
Дослід серії II				
Варіант	Маса надземної частини		Маса кореня	
	г	%	г	%
Фаза одного справжнього листка				
Без інокуляції (а.к.)	1,07±0,04	100	0,32±0,03	100
(Ризобії + вода)і; шта-м-контроль	1,07±0,04	100/100	0,34±0,02	106/100
(Ризобії + азотобактер)і	1,10±0,06	103/103	0,36±0,02	113/106
(Ризобії + ЛНС)і	1,18±0,05*	110/110	0,36±0,02	113/106
(Ризобії + ЛНС)і + азотобактер	1,22±0,08*	114/114	0,39±0,02*	122/115
Фаза цвітіння				
Без інокуляції (а.к.)	3,18±0,14	100	1,62±0,10	100
(Ризобії + вода)і; шта-м-контроль	3,30±0,15	108/100	1,79±0,20	111/100
(Ризобії + азотобактер)і	4,85±0,36*	153/147	2,25±0,11*	139/126
(Ризобії + ЛНС)і	4,00±0,26*	126/121	2,61±0,21*	161/146
(Ризобії + ЛНС)і + азотобактер	3,63±0,12	114/100	1,79±0,27	111/100

П р и м і т к а. Значення маси у відсотках перед кошою — відносно абсолютного контролю (без інокуляції насіння); за кошою — відносно штаму-контролю (інокуляція насіння монокультурою ризобій).

масу, що відповідно на 28,5 і 10 % перевищувала показники а.к. і штаму-контролю. При цьому маса абсолютної сухої (а.с.) речовини рослини була більшою за контрольні значення відповідно на 14—19 і 20—25 % (див. табл. 6, серія I). Таку ж закономірність при застосуванні комплексних інокулянтів виявлено у фазу розвитку одного справжнього листка сої у серії II дослідів (див. табл. 6). Моноінокуляція насіння ризобіями незначно активувала формування надземної маси рослин сої відносно а.к., причому маса кореня рослин залишалась на рівні контролю, що можна пояснити однакою вихідним рівнем азотного живлення рослин

ПОСЕВНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН

ТАБЛИЦЯ 7. Нітрогеназна активність корневих бульбочок у фази бутонізації—цвітіння сої за умов комплексної бактеризації насіння

Варіант	Фактична нітрогеназна активність		Питома нітрогеназна активність	
	мкмоль C ₂ H ₄ / (рослину · год)	%	мкмоль C ₂ H ₄ / (г бульбочок · год)	%
Дослід серії I (піщана культура)				
Ризобії (штам-контроль)	0,420±0,179	100	7,010±1,541	100
Ризобії + азотобактер	0,541±0,141	129	18,745±6,233*	267
Ризобії + ентеробактер	2,247±0,429*	535	24,576±3,365*	351
Дослід серії II (грунтова культура)				
(Ризобії + вода)і; шта-контроль	3,043±0,396	100	34,216±2,595	100
(Ризобії + азотобактер)і	10,282±1,921*	338	48,596±3,660*	142
(Ризобії + ЛНС)і	16,623±1,465*	546	88,322±2,769*	258
(Ризобії + ЛНС)і + азотобактер	7,262±0,943*	239	43,929±3,588*	128

(поживна суміш Гельригеля у субстраті росту) за відсутності процесу фіксації молекулярного азоту бульбочковими бактеріями у симбіозі з бобовою рослиною на цьому етапі розвитку сої. Перевага ж у накопиченні вегетативної маси рослинами варіантів із комплексною бактеризацією насіння на ранніх етапах розвитку (примордiальний та один справжній листок) може бути пов'язана з активувальним впливом додаткових компонентів інокулянтів — агрономічно корисних бактерій, екзометаболіти яких містять низку біологічно активних речовин [1, 4—6, 15, 16, 19] і забезпечують пряму гормональну регуляцію росту і розвитку рослин.

У фази бутонізації і цвітіння сої зберігався активувальний вплив мікроорганізмів на формування вегетативної маси рослин, однак на цьому етапі розвитку сої майже нівелювалася відмінність між варіантами з комплексною й моноінокуляцією насіння. Причиною цього, на нашу думку, є активний процес фіксації азоту (табл. 7), який відбувається в симбіотичних бульбочках, і поліпшення азотного живлення рослин. Максимальну нітрогеназну активність (у 5,4 та 3,5 раза вищу за шта-контроль) мали кореневі бульбочки рослин варіанта ризобії + ентеробактер (див. табл. 7, серія I). Рослини цього ж варіанта характеризувалися найінтенсивнішим накопиченням вегетативної маси в зазначений період онтогенезу (див. табл. 6, серія I). Істотна різниця за здатністю до фіксації молекулярного азоту (в 2,4—5,5 та в 1,3—2,6 раза відповідно для фактичної і питомої нітрогеназної активності симбіозів, утворених комплексними інокулянтами, див. табл. 7, серія II) порівняно з ризобіальним моноінокулянтом забезпечила активний ріст рослин у фазу цвітіння сої (див. табл. 6, серія II).

Отже, різниця між варіантами з комплексною бактеризацією насіння та а.к. і штамом-контролем була більш вираженою на початковому етапі розвитку рослин (фази примордiального й одного справжнього листків), коли максимально виявлялася дія регуляторних мікробних екзометаболітів. За активного функціонування соєво-ризобіальних симбіозів істотну відмінність за формуванням вегетативної маси рослин

встановлено між варіантами з інокуляцією насіння (моно- чи комплексною) та а.к. (без інокуляції насіння).

Отже, моно- та комплексна інокуляція насіння сої діазотрофними мікроорганізмами (специфічними ризобіями і PGPR-бактеріями родів *Azotobacter*, *Enterobacter*) поліпшує посівні властивості насіння після його зберігання протягом кількох років за нерегульованих умов. При цьому комплексна бактеризація має переваги над традиційною інокуляцією ризобіями щодо розвитку проростків сої і формування вегетативної маси рослин, що пов'язано як із наявністю додаткових біологічно активних екзометаболітів мікроорганізмів, які входять до складу інокулянтів, так і з підвищенням інтенсивності фіксації молекулярного азоту та поліпшенням азотного живлення рослин.

Отже, з метою стимуляції процесу виходу посівного насіння сої зі стану спокою, в тому числі за його зберігання протягом кількох років у нерегульованих умовах, а також розвитку проростків, формування вегетативної маси рослин і симбіотичних систем із підвищеною функціональною здатністю потрібно застосовувати передпосівну бактеризацію насіння комплексними інокулянтами агрономічно корисних ґрунтових діазотрофних мікроорганізмів, бо це ефективніший захід, ніж інокуляція насіння монокультурою специфічних для рослин ризобій.

1. Гарипова С.Р. Экологическая роль эндофитных бактерий в симбиозе с бобовыми растениями и их применение в растениеводстве // Успехи соврем. биологии. — 2012. — 132, № 5. — С. 493—505.
2. Гончаренко Н.Ф., Манжула Л.А. Усовершенствованный биологический метод определения зараженности семян зерновых культур болезнями // Перечень рационализаторских предложений и прогрессивных технологических решений, рекомендованных для внедрения в сельскохозяйственное производство: тема 4ПР/604/. — Киев: Б.и., 1990. — 10 с.
3. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. — Киев: Наук. думка, 1973. — 388 с.
4. Драгозов І.В., Леонова Н.О., Білявська Л.О. та ін. Продукування фітогормонів деякими вільноіснуючими та симбіотичними ґрунтовими мікроорганізмами // Доп. НАН України. — 2010. — № 12. — С. 154—159.
5. Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е.И. и др. Биорегуляция микробно-растительных систем. — Киев: Ничлава, 2010. — 464 с.
6. Кириченко Е. Биотехнологии для растениеводства. — Николаев: Илион, 2014. — 435 с.
7. Кириченко О.В., Жемойда А.В., Капралова Ю.О. Морфолого-культуральні та фізіолого-біохімічні властивості ізолятів ризосферних діазотрофів пшениці // XXII з'їзд ТМУ (Ужгород, 24—30 травня 2009). — Ужгород: Патент, 2009. — С. 378.
8. Кожухар Т.В., Кохан С.С., Кириченко О.В. Вплив біологічних препаратів на посівні властивості насіння озимої пшениці за різних режимів зберігання // Наук. вісник НАУ. — 2007. — № 105. — С. 99—105.
9. Коломієць С.С., Натальчук А.М., Лукашук В.П. та ін. Методика проведення вегетаційних дослідів з регульованим водним режимом // Меліорація і водне госп-во. — 2010. — Вип. 98. — С. 128—137.
10. Коць С.Я., Волкогон Н.В., Грищук О.О. Способность штаммов и Tn5-мутантов *Bradyrhizobium japonicum* к синтезу ИУК и АБК in vitro // Физиология и биохимия культ. растений. — 2010. — 42, № 6. — С. 491—496.
11. Коць С.Я., Моргун В.В., Патыка В.Ф. и др. Биологическая фиксация азота. Бобово-ризобияльный симбиоз. — Киев: Логос, 2010. — Т. 1. — 506 с.
12. Чеботарь В.К., Рафальский С.В., Ариткин А.Г., Есин В.В. Эффективность комплексного применения микробиологических препаратов при возделывании сои // Достижения науки и техники АПК. — 2013. — № 8. — С. 23—25.
13. ДСТУ 4138—02. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. — К.: Держспоживстандарт України, 2002. — 175 с.
14. Патент України № 62820 А, МПК⁷ C05F11/08, C12N1/20. Штам бактерій *Azotobacter chroococcum* T79 для одержання бактеріального добрива під сою / Коць С.Я., Титова Л.В., Кириченко О.В. та ін. — Опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12.

15. *Bhattacharyya P.N., Jha D.K.* Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture // *World J. Microbiol. Biotechnol.* — 2012. — **28**, N 4. — P. 1327–1350.
16. *Glick B.R.* Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications // Article ID 963401. — 2012. — 15 p.
17. *Hardy R.W.F., Burns R.C., Holsten R.D.* Application of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation // *Soil. Biol. Biochem.* — 1973. — **5**, N 1. — P. 41–83.
18. *Jabbarova D.P., Egamberdieva D., Davranov K., Jabbarov M.P.* Restoration of growth of soybean under saline conditions due to inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Pseudomonas putida* // *Узбек. биол. журн.* — 2013. — № 5. — С. 23–26.
19. *Narula N., Deubel A., Gans W. et al.* Paranodules and colonization of wheat roots by phytohormone producing bacteria in soil // *Plant Soil Environ.* — 2006. — **52**, N 3. — P. 119–129.
20. *Trivedi P., Pandey A., Palni L.M.S.* Bacterial inoculants for field applications under Mountain Ecosystem: present initiatives and future prospects // *Bacteria in Agrobiolgy, Plant Probiotics*; Ed. D.K. Maheshwari. — Springer, 2012. — P. 15–44.

Отримано 05.05.2017

ПОСЕВНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН СОИ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ДИАЗОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Е.В. Кириченко, К.А. Мокрицкий

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

В лабораторных и вегетационных условиях оценены посевные свойства семян сои при действии diaзотрофных микроорганизмов (специфичных для растения-хозяина клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum*, ризосферных diaзотрофов родов *Azotobacter*, *Enterobacter*) при предпосевной бактериализации семян. Показано, что инокуляция посевных семян, хранившихся в течение нескольких лет в нерегулируемых условиях (за пределами зернохранилищ) специфичными клубеньковыми бактериями или комплексными инокулянтами на основе ризобий, агрономически полезных почвенных микроорганизмов, лектина семян сои существенно повышает энергию прорастания, всхожесть семян, формирование проростков, вегетативной массы сои. Растения образовывали функциональные симбиотические системы с бактериями. На основании полученных результатов с целью стимуляции прорастания семян сои предложено бактеризовать их комплексными инокулянтами, что является более эффективным мероприятием, нежели инокуляция монокультурой ризобий.

SOWING PROPERTIES OF SOYBEAN SEEDS UNDER THE INTRODUCTION OF DIAZOTROPHIC MICROORGANISMS

O.V. Kyrychenko, K.A. Mokrytskiy

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

The estimation of sowing properties of soybean seeds treated with diazotrophic microorganisms (specific to the plant-host nodule bacteria *Bradyrhizobium japonicum*, rhizosphere diazotrophes *Azotobacter* and *Enterobacter*) during presowing seed bacterization in laboratory and pot experiment conditions was carried out. It was shown that the inoculation of seeds, that was kept during a few years in non-controlled conditions (out of granaries) by specific nodule bacteria or complex inoculants on the basis of rhizobia as well as agronomical useful soil microorganisms and soybean seed lectin substantially promoted energy of germination, seeds germination capacity, forming of seedlings and the vegetative mass of soybean plants. Plants formed the functional symbiotic systems with the bacteria. With the aim of stimulation of soybean seed germination the presowing seed bacterization by complex inoculants was offered, that is more effective way, than inoculation by the monoculture of rhizobia.

Key words: soybean, seeds, germination capacity, seedlings, nodule bacteria, rhizosphere diazotrophic microorganisms, soybean lectin, complex inoculants.