

І.С. Бровко, Л.В. Титова, Г.О. Іутинська

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного
вул. Заболотного, 154, Київ, 03143, Україна,
e-mail: irinkacv26@gmail.com, тел.: +38(044) 526 55 57

ВПЛИВ ЕНДОФІТНИХ БАКТЕРІЙ СОЇ НА ФОРМУВАННЯ СОЄВО-РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ І РИЗОСФЕРНЕ МІКРОБНЕ УГРУПОВАННЯ

Мета. Вивчити вплив неризобіальних ендоефітних бактерій сої на формування симбіотичних соєво-ризобіальних систем та мікробних угруповань ризосфери.

Методи. Нітрогеназну активність визначали ацетилен-редуктазним методом. **Результати.** Показано, що досліджувані ендоефітні штами *Raenibacillus polytuxa* 1, *Bacillus cereus* 4 позитивно впливають на формування та загальну нітрогеназну активність симбіотичного апарату сої. Сумісна інокуляція *R. polytuxa* 1 або *Brevibacillus* sp. 5 з виробничим штамом бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035 сприяє підвищенню нітрогеназної активності симбіотичного апарату та стимулює розвиток олігоазотрофних мікроорганізмів в ризосфері сої **Висновки.** Ендоефітні неризобіальні бактерії сої та їх композицій з азотфіксувальними бульбочковими бактеріями позитивно впливають на ріст та розвиток рослин, ризосферну мікробіоту, активність дихання ґрунту та нітрогеназну активність симбіотичного апарату.

Ключові слова: ендоефітні бактерії, *Bradyrhizobium japonicum*, *Raenibacillus polytuxa*, *Bacillus cereus*, *Brevibacillus* sp., *Pseudomonas brassicacearum*, *Glycine max*, нітрогеназна активність, симбіоз.

Дослідження останніх років показали, що бактерії-ендоефіти є широко розповсюдженими компонентами симбіотичних систем. Поряд з ризобіями, що здатні формувати на коренях специфічний симбіотичний апарат, з бульбочок ізольовані ендоефітні бактерії бобових рослин (сої, люцерни, конюшини, гороху), що відносяться до різних родів мікроорганізмів: *Aerobacter*, *Aeromonas*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Chryseomonas*, *Curtobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavimonas*, *Pseudomonas* і *Sphingomonas* [7].

Відомо, що ендоефіти синтезують біологічно активні метаболіти, які характеризуються антимікробною дією на фітопатогени або є індукторами системної стійкості рослин, попереджаючи цим розвиток хвороб у рослин [11]. Більшість бактерій-ендоефітів покращують ріст рослин, прискорюють їх розвиток, а також можуть підвищувати стійкість рослин до дії несприятливих факторів навколишнього середовища. Деякі ендоефітні бактерії здатні фіксувати молекулярний азот атмосфери, що покращує азотне живлення рослин [11].



В останні роки у технологіях вирощування бобових почали використовувати ендofітні бактерії різних родів для ко-інокуляції сумісно з бульбочковими бактеріями [4]. Так, бактерії роду *Bacillus*, ізольовані з бульбочок сої, застосовували сумісно з бульбочковими бактеріями, завдяки чому покращувались процеси нодуляції, збільшувалась кількість бульбочок та маса кореневої системи, а також підвищувалась стійкість рослин до низьких температур [2]. Показано, що деякі штами бактерій родів *Bacillus* та *Paenibacillus* не тільки здатні підвищувати імунні реакції та стимулювати ріст рослин, а також покращують живлення рослин та стимулюють симбіоз між ризобіями та бобовими рослинами [8].

Проте використання ендofітних бактерій як компонентів комплексних біопрепаратів для рослинництва залишається мало дослідженим. Тому метою роботи було вивчити вплив неризобіальних ендofітних бактерій сої на формування симбіотичних систем *Bradyrhizobium japonicum* – *Glycine max* (L.) Merr. та мікробних угруповань ризосфери.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктами досліджень були: високоефективний штам бульбочкових бактерій сої *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035, ендofітні бактерії неризобіальної природи виділені з бульбочок сої різних генотипів та ідентифіковані нами: *Paenibacillus polymyxa* 1, *Bacillus cereus* 4, *Brevibacillus* sp. 5, *Pseudomonas brassicacearum* 6 [12], а також композиції на їх основі. Досліди проводили на сої сорту Черемош (селекції ТОВ «НДІ сої») у вегетаційному будиночку Інституту мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України. Сою вирощували в керамічних посудинах об'ємом 3 дм³ на торфосуміші (ЗАТ НВФ ДП «Гаврощина торф»). Схема досліджень включала наступні варіанти: моноінокуляція культурами *Paenibacillus polymyxa* 1, *Bacillus cereus* 4, *Brevibacillus* sp. 5, *Pseudomonas brassicacearum* 6, *B. japonicum* УКМ В-6035 (виробничий штам), а також композиціями на їх основі. Бактеріальне навантаження становило 10⁷кл на насінину при моноінокуляції, у варіантах з подвійною інокуляцією (ендофітами з бульбочковими бактеріями) – 10⁷кл кожного штаму на насінину, тривалість експозиції одна година.

Для оцінки ефективності формування та функціонування симбіотичного апарату визначали масу надземної частини рослин, кількість та площу листових пластинок, кількість бульбочок [14]. Нітрогеназну активність бульбочок сої визначали ацетилен-редуктазним методом і виражали у кількості молей С₂Н₄ на рослину за годину (загальна активність) та на грам бульбочок за годину (питома активність) [5].

Кількість мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп (педотрофних, прототрофних, олігоазотрофних, фосфатмобілізуювальних) у ризосферному ґрунті сої вивчали традиційними методами ґрунтової мікробіології з використанням агаризованих селективних поживних середовищ [15]. Ґрунт ризосфери відбирали у фазі бутонізації-початку цвітіння.

Біологічну активність ризосферного ґрунту визначали за дихальною активністю [1] і виражали в мл СО₂ на грам сухого ґрунту за годину. Статистичну



обробку результатів експериментів, а саме розрахунок стандартного відхилення та величини найменшої істотної різниці виконували використовуючи стандартні комп'ютерні програми Statistica 10 та Excel 2013.

Результати досліджень та їх обговорення

При вивченні показників розвитку рослин сої у фазу бутонізації-початку цвітіння (період активної азотфіксації) встановлено, що за передпосівної обробки насіння сої штамами *P. polymyxa* 1, *B. cereus* 4 та *Brevibacillus* sp. 5 маса надземної частини суттєво не відрізнялася від такої у контрольному варіанті (без інокуляції насіння). Найбільше накопичення маси надземної частини отримано за обробки насіння композицією *B. japonicum* УКМ В-6035, *P. polymyxa* 1, де цей показник у 1,8 рази перевищував такий у контролі та у 1,9 рази був вищим за показник варіанту з інокуляцією виробничим штамом. Отримані дані підтверджують літературні про те, що деякі ендоефітні бактерії мають здатність стимулювати ріст та розвиток рослини-хазяїна [3, 10].

При застосуванні композицій *B. japonicum* УКМ В-6035, *B. cereus* 4 та *B. japonicum* УКМ В-6035, *P. brassicacearum* 6 маса надземної частини була на рівні контрольної.

Аналіз показників формування фотосинтетичного апарату виявив достовірне збільшення кількості листків і площі листової поверхні за обробки насіння штамом *B. cereus* 4, що в 1,6 та 1,8 рази ($p \leq 0,05$), відповідно, перевищувало контрольну величину.

Досліджуючи формування симбіотичної системи, звертали увагу на активність нодуляції (формування бульбочок). Відмічено, що нодуляційний апарат сформувався в усіх варіантах досліду. У контрольному варіанті та у варіантах з обробкою ендоефітами він, очевидно, був утворений аборигенними популяціями ризобій, однак слід підкреслити, що обробка насіння *P. polymyxa* 1, *B. cereus* 4 та *B. japonicum* УКМ В-6035 сприяла підвищенню чисельності бульбочок порівняно з контрольним варіантом у 3,4; 1,7 і 1,8 рази, відповідно. Також статистично достовірному підвищенню кількості бульбочок у 1,1–1,4 рази ($p \leq 0,05$) сприяло застосування композицій ризобій з ендоефітними бактеріями *P. polymyxa* 1, *B. cereus* 4 та *P. brassicacearum* 6.

При дослідженні азотфіксувальної активності нодуляційного апарату сої сорту Черемош встановлено, що за моноінокуляції ендоефітними бактеріями показник питомої нітрогеназної активності у варіантах з обробкою штамами *P. polymyxa* 1 та *B. cereus* 4 перевищував контрольний у 4,6 та 4,9 разів, відповідно, але ці показники були меншими від такого у варіанті з виробничим штамом 20 та 10% рази (рис. 1).

Азотфіксувальна активність бульбочок, сформованих виробничим штамом, була в 5,4 рази вища порівняно з контролем. За обробки насіння композиціями ендоефітів та ризобій три композиції забезпечували високі рівні нітрогеназної активності, які перевищували таку за інокуляції промисловим штамом. По-



двійна інокуляція штамми *P. polymyxa* 1, *B. cereus* 4 та *Brevibacillus* sp. 5 сумісно з ризобіями підвищувала загальну нітрогеназну активність порівняно з моноінокуляцією *B. japonicum* УКМ В-6035 у 3,1, 2 та 3,9 разів, відповідно.

Таблиця 1

Біометричні показники рослин сої сорту Черемош за інокуляції насіння ендофітними бактеріями та їх композиціями з *B. japonicum* УКМ В-6035

Table 1

Biometric indexes of Cheremosh variety soybean with inoculation of seeds by endophytic bacteria and their compositions with *B. japonicum* UCM В-6035

Варіанти дослідів	Маса сухої надземної частини, г	Кількість листків на рослину	Площа листової поверхні на см ² /рослину	Кількість бульбочок на рослину
Без інокуляції, контроль	1,86±0,05	16 ± 1	1768,79±197,79	28 ± 1
<i>P. polymyxa</i> 1	1,98±0,04	18 ± 2	1258,2±375,74	94 ± 5
<i>P. brassicacearum</i> 6	1,08±0,04	17 ± 1	1725,52±163,89	24 ± 2
<i>B. cereus</i> 4	2,4±0,4	25 ± 3	3240,4±345,28	41 ± 2
<i>Brevibacillus</i> sp. 5	1,95±0,13	15 ± 2	1458,69±535,05	19 ± 1
<i>B. japonicum</i> УКМ В-6035	1,75±0,26	16 ± 1	1498,64±227,26	49 ± 4
<i>B. japonicum</i> УКМ В-6035 + <i>P. polymyxa</i> 1	3,27±0,3	16 ± 4	1876,84±455,87	39 ± 1
<i>B. japonicum</i> УКМ В-6035 + <i>P. brassicacearum</i> 6	1,98±0,15	17 ± 0	1916,84±464,47	32 ± 2
<i>B. japonicum</i> УКМ В-6035 + <i>B. cereus</i> 4	2,03±0,05	17 ± 0	2041,31±412,5	38 ± 1
<i>B. japonicum</i> УКМ В-6035 + <i>Brevibacillus</i> sp. 5	1,1±0,08	15 ± 1	1694,66±179,78	28 ± 1

$p \leq 0,05$; $n = 3$

Дослідження мікробного угруповання ризосфери показало, що інокуляція насіння штамом *P. polymyxa* 1 підвищувала чисельність педотрофних та олігоазотрофних мікроорганізмів на 10 та 20% відповідно, порівняно з показниками контрольного варіанту (рис. 2). При застосуванні *P. brassicacearum* 6 кількість педотрофних мікроорганізмів збільшувалась 1,7 рази, олігоазотрофних – в 1,1 рази ($p \leq 0,05$) та фосфатмобілізувальних в 1,4 рази.



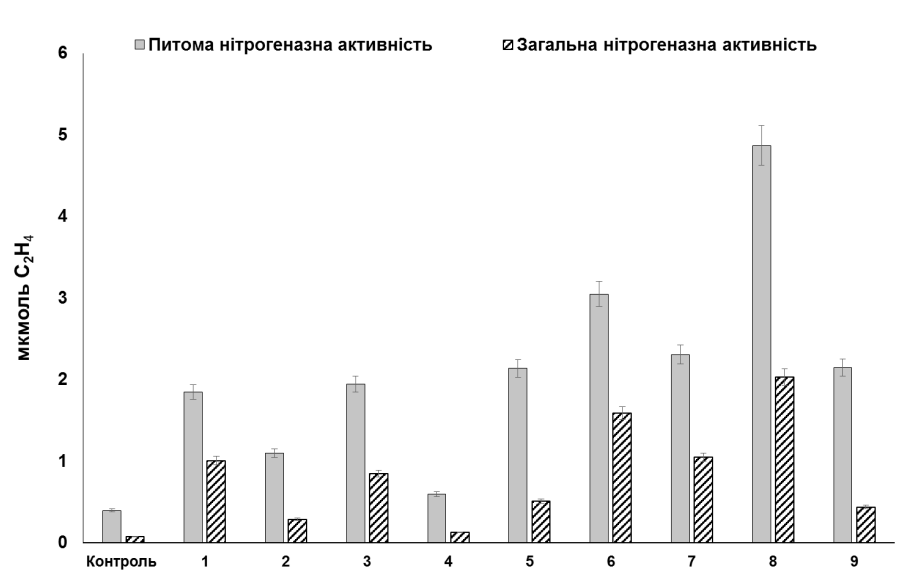


Рис. 1. Нітрогеназна активність бульбочок сої сорту Черемош за нокуляції обробки насіння ендofітними бактеріями та їх композиціями з *B. japonicum* УКМ В-6035.

Fig. 1. Nitrogenase activity of nodules the respiratory activity of the rhizosphere soil of Cheremosh variety soybean with inoculation seeds by endophytic bacteria and their compositions with *B. japonicum* UCM B-6035.

Control: 1 – *P. polymyxa* 1; 2 – *P. brassicacearum* 6; 3 – *B. cereus* 4; 4 – *Brevibacillus* sp. 5; 5 – *B. japonicum* UCM B-6035; 6 – *B. japonicum* UCM B-6035, *P. polymyxa* 1; 7 – *B. japonicum* UCM B-6035, *P. brassicacearum* 6; 8 – *B. japonicum* UCM B-6035, *B. cereus* 4; 9 – *B. japonicum* UCM B-6035, *Brevibacillus* sp. 5.

За інокуляції штамом *B. cereus* 4 збільшувалась лише кількість олігоазототрофних мікроорганізмів – даний показник був у 1,5 рази вищий за контроль. Інокуляція насіння сої ендofітним ізолятом *Brevibacillus* sp. 5 стимулювала ріст лише педотрофних мікроорганізмів. Обробка насіння виробничим штамом бульбочкових бактерій *B. japonicum* УКМ В-6035 сприяла збільшенню педотрофних та олігоазототрофних мікроорганізмів у 2,3 та 1,1 рази, відповідно, порівняно з контрольним варіантом.

При поєднаній ко-інокуляції штамми *B. japonicum* УКМ В-6035 і *P. brassicacearum* 6 чисельність олігоазототрофних мікроорганізмів у ризосферному ґрунті збільшувалась на 10%. Обробка насіння ризобіями сумісно з ізолятом *B. cereus* 4 також сприяла збільшенню кількості олігоазототрофів у ризосферному ґрунті рослин сої в 1,2 рази.

За передпосівної обробки насіння сої композицією ризобій та штаму *Brevibacillus* sp. 5 чисельність мікроорганізмів досліджуваних груп не відрізнялась суттєво від контролю.

Слід відмітити, що у ризосферному ґрунті інокульованих рослин у деяких випадках чисельність мікроорганізмів була нижчою, ніж у контролі. Так,



чисельність педотрофних мікроорганізмів знижувалась у всіх варіантах окрім варіанту із застосуванням штаму *P. polymyxa* 1, за подвійної інокуляції ризобіями та ендодітмом *P. brassicacearum* 6 цей показник був у 6,4 рази нижчим за такий у контролі, а за обробки насіння штамом *B. cereus* 4 та композиціями ризобій з ендодітмами *P. brassicacearum* 6, *B. cereus* 4 та *Brevibacillus* sp. 5 чисельність фосфатмобілізувальних мікроорганізмів зменшувалась у 1,3; 2,4; 2,2 та 1,4 рази відповідно, порівняно з контрольним варіантом.

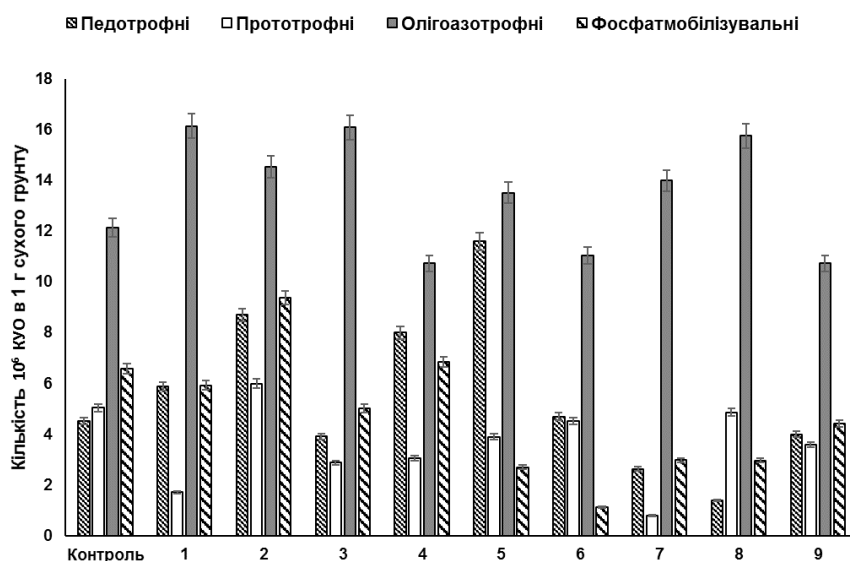


Рис. 2. Кількість мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у ризосфері сої сорту Черемош за інокуляції насіння ендодітмними бактеріями та їх композиціями з *B. japonicum* УКМ В-6035.

Fig. 2. The quantity of microorganisms of ecological-trophic groups in the rhizosphere of Cheremosh variety soybean with inoculation by endophytic bacteria and their compositions with *B. japonicum* UCM B-6035.

Control: 1 – *P. polymyxa* 1; 2 – *P. brassicacearum* 6; 3 – *B. cereus* 4; 4 – *Brevibacillus* sp. 5; 5 – *B. japonicum* UCM B-6035; 6 – *B. japonicum* UCM B-6035, *P. polymyxa* 1; 7 – *B. japonicum* UCM B-6035, *P. brassicacearum* 6; 8 – *B. japonicum* UCM B-6035, *B. cereus* 4; 9 – *B. japonicum* UCM B-6035, *Brevibacillus* sp. 5.

Однією з важливих характеристик біологічної активності ґрунту є активність емісії CO_2 , яка зумовлена біологічним окисненням органічної речовини ґрунтовою біотою. Активність дихання ґрунту в контрольному варіанті становила 433,29 мкг CO_2 /г ґрунту за годину (рис. 3).

Дихальна активність ґрунту суттєво збільшувалась у варіантах із застосуванням штамів *P. polymyxa* 1, *P. brassicacearum* 6, *Brevibacillus* sp. 5 та *B. japonicum* УКМ В-6035, а також композицій *B. japonicum* УКМ В-6035, *P. polymyxa* 1 та *B. japonicum* УКМ В-6035, *P. brassicacearum* 6. Найбільшу активність дихання відмічено за обробки насіння композицією *B. japonicum*

УКМ В-6035, *P. brassicacearum* 6, яка у 1,9 рази перевищувала величину контрольного варіанту. Однак за обробки насіння ендоефітним штамом *B. cereus* 4 і його композицією ризобіями, а також композицією *B. japonicum* УКМ В-6035 з *Brevibacillus* sp. 5 показник дихальної активності ґрунту знижувався у 2,1, 3,1 та 4,1 рази відповідно порівняно з показником контролем. Отже інокуляція ендоефітами *P. polymyxa* 1, *P. brassicacearum* 6, та їх композиціями з ризобіями мала позитивний вплив на загальну біологічну активність ризосферного ґрунту.

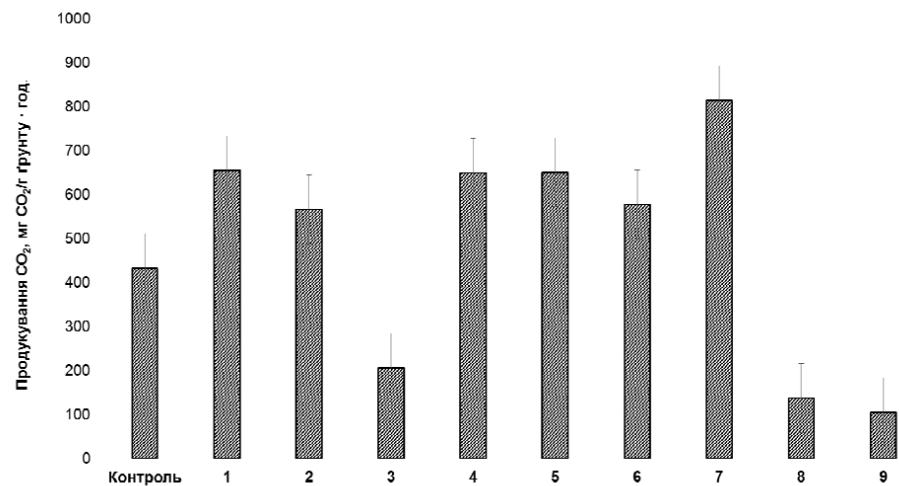


Рис. 3. Дихальна активність ризосферного ґрунту сої сорту Черемош за інокуляції насіння ендоефітними бактеріями та їх композиціями з *B. japonicum* УКМ В-6035.

Fig. 3. The respiratory activity of the rhizosphere soil of Cheremosh variety soybean with inoculation by endophytic bacteria and their compositions with *B. japonicum* UCM B-6035.

Control: 1 – *P. polymyxa* 1; 2 – *P. brassicacearum* 6; 3 – *B. cereus* 4; 4 – *Brevibacillus* sp. 5; 5 – *B. japonicum* UCM B-6035; 6 – *B. japonicum* UCM B-6035, *P. polymyxa* 1; 7 – *B. japonicum* UCM B-6035, *P. brassicacearum* 6; 8 – *B. japonicum* UCM B-6035, *B. cereus* 4; 9 – *B. japonicum* UCM B-6035, *Brevibacillus* sp. 5.

Відомо, що препарати на основі бульбочкових бактерій та бактерій роду *Bacillus*, а також монокультури останніх впливають на рослину, змінюючи рівень синтезу фітогормонів, зокрема індолілоцтової кислоти та цитокінінів. Можна припустити, що ендоефітні бактерії синтезують біологічно активні речовини, які сприяють органогенезу бульбочок, а також є атрактантами для більш ефективних популяцій аборигенних ризобій, ніж ті, якими був сформований симбіотичний апарат сої контрольного варіанту. Раніше нами була встановлена здатність штаму *Brevibacillus* sp. 5 фіксувати азот у чистій культурі [13]. Можливо, завдяки цій властивості ендоефітні бактерії сої здатні прямо чи опосередковано впливати на формування та функціонування симбіотичної системи *B. japonicum* УКМ В-6035 – соя та мікробіоту ризосфери. Пряма їх дія може бути



зумовлена азотфіксувальною активністю безпосередньо в тканинах бульбочки, а опосередкована може здійснюватися через вплив фізіологічно активних метаболітів (зокрема, фітогормонів) на формування нодуляційного апарату, як ми це бачимо у варіанті з моноінокуляцією штамом *R. rolutuxa* 1. Також вірогідно, що ендofіти за певних обставин корисні для рослини-господаря завдяки синтезу ними низки фізіологічно активних речовин [6] і можуть використовуватись як біопрепарати для підвищення урожайності рослин [9].

Отже, нами показано, що за передпосівної інокуляції насіння сої штамми *R. rolutuxa* 1, *B. cereus* 4 збільшувалась надземна маса рослин, стимулювались процеси утворення симбіотичної системи між рослинами та аборигенними ризобіями, що забезпечило підвищення азотфіксувальної активності, активізувався ріст у ризосфері педотрофних, олігоазотрофних мікроорганізмів та підвищувалась загальна біологічна активність ґрунту. Сумісна інокуляція ендofітних бактерій з ризобіями позитивно впливала на нодуляційний апарат рослин, стимулювала ріст олігоазотрофних мікроорганізмів та підвищувала питому азотфіксувальну активність бульбочок сої.

Отримані дані свідчать, що виділені ендofітні бактерії можуть бути перспективними ко-інокулянтами існуючих препаратів азотфіксувальних бактерій. Подальше вивчення особливостей застосування ендofітних бактерій, виділених з бульбочок сої, може дозволити оптимізувати функціонування мікробно-рослинних систем.

УДК 579.63 + 579.262

И.С. Бровко, Л.В.Титова, Г.А. Иутинская

Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного
ул. Заболотного, 154, Киев, 03143, Украина
e-mail: irinkacv26@gmail.com, тел.: +38(044) 526 55 57

ВЛИЯНИЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ СОИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СОЕВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА И РИЗОСФЕРНОЕ МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО

Реферат

Цель. Изучить влияние неризобияльных эндofитных бактерий сои на формирование симбиотических соево-ризобияльных систем и микробных сообществ ризосферы. **Методы.** Микробиологические, ацетилен-редуктазной. **Результаты.** Показано, что исследуемые эндofитные штаммы *Raenibacillus rolutuxa* 1, *Vasillus cereus* 4 позитивно влияют на формирование и общую нитрогеназную активность симбиотического аппарата сои. Совместная инокуляция *R. rolutuxa* 1 или *Brevibacillus* sp. 5 с производственным штаммом клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035 способствует увеличению нитрогеназной активности симбиотического аппарата и стимулирует развитие олигоазотрофных микроорганизмов в ризосфере сои. **Выводы.** Эндofитные неризобияльные бактерии сои и их композиции с азотфиксирующими клубеньковыми бактериями позитивно влияют на рост и развитие растений, ризосферную



микрофлору, активність дихання ґрунтової мікробіоти і нітрогеназну активність симбіотического апарату.

Ключевые слова: ендофітні бактерії, *Bradyrhizobium japonicum*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus cereus*, *Brevibacillus* sp., *Pseudomonas brassicacearum*, *Glycine max*, нітрогеназна активність, симбіоз.

I.S. Brovko, L.V. Tytova, G.O. Iutynska

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine;
154, Acad. Zabolotny St., Kyiv, MSP, D 03680, Ukraine
e-mail: irinkacv26@gmail.com, tel.: +38(044) 526 55 57

INFLUENCE OF ENDOPHYTIC SOYBEAN BACTERIA ON THE RHIZOBIUM-SOYBEAN SYMBIOSIS AND RHIZOSPHERE MICROBIAL COMMUNITY

Summary

Aim. To study the efficacy of action of non-rhizobial endophytic bacteria of soybean on the symbiotic systems formation. **Methods.** Microbiological, acetylene-ethylene assay. **Results.** It was shown that the investigated strains of endophytic bacteria *Paenibacillus polymyxa* 1, *Bacillus cereus* 4 have positively impacted on the formation and overall nitrogenase activity of soybean symbiotic apparatus. Joint inoculation of *P. polymyxa* 1 or *Brevibacillus* sp. 5 with the production strain of nodule bacteria *Bradyrhizobium japonicum* in UKM-6035 increases the nitrogenase activity of the symbiotic system and stimulates the development of micro-organisms in the rhizosphere oligoazotofnyh soybeans. **Conclusions.** Endophytic non-rhizobial soybeans bacteria and their compositions with nitrogen fixing nodule bacteria positively influence on growth and development of plants, rhizosphere microflora, respiration activity of soil microorganisms and nitrogenase activity of symbiotic system.

Key words: endophytic bacteria, *Bradyrhizobium japonicum*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus cereus*, *Brevibacillus* sp., *Pseudomonas brassicacearum*, *Glycine max*, nitrogenase activity, symbiosis.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alef K., Nannipieri P. Soil respiration. Methods in applied soil microbiology and biocemistry // Academic Press, New York. – 1995. – P. 214–218.
2. Bai Y., Zhou X., Smith D. L. Enhanced Soybean plant growth resulting from coinoculation of *Bacillus* strains with *Bradyrhizobium japonicum* // Crop Science. – 2003. – V. 43, No. 5. – P. 1774–1781.
3. Bulgarelli D., Rott M., Schlaeppi K., Themaat E.L., Ahmadinejad N., Assenza F., Rauf P., Huettel B., Reinhardt R., Schmelzer E., Peplies J., Gloeckner F.O., Amman R., Eickhorst T., Schulze-Lefert P. Revealing structure and assembly cues for *Arabidopsis* root-inhabiting bacterial microbiota // Nature. – 2012. – V. 488, Issue 7409. – P. 91–95.



4. *Estévez J., Dardanelli M.S., Megías M., Rodríguez-Navarro D.N.* Symbiotic performance of common bean and soybean co-inoculated with rhizobia and *Chryseobacterium balustinum* Aur9 under moderate saline conditions // *Symbiosis*. – 2009. – V. 49, Issue 1. – P. 29–36.
5. *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, № 1. – P. 41–83.
6. *Jalgaonwala R. E., Mahajan R. T.* Bacterial endophytes and their bioprospecting // *Juornal of pharmacy research*. – 2011. – V. 4, Issue 3. – P.795–799.
7. *Khan M.S., Zaidi A., Musarat J.* *Microbes for Legume Improvement* / (Eds.). Wien: Springer-Verlag, 2010. – 554 p.
8. *McSpadden Gardener B. B.* Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus spp.* in Agricultural Systems // *Phytopathology*. – 2004. – V. 94, № 11. – P. 1252–1258.
9. *Saini R., Dudeja S.S., Giri R., Rumar V.* Isolation, characterization, and evaluation of bacterial root and nodule endophytes from chickpea cultivated in Northern India // *Journ. of Basic Microbiol.* – 2015. – V. 55. – P. 74–81.
10. *Selvakumar G., Kundu S., Gupta A.D., Shouche Y.S., Gupta H.S.* Isolation and characterization nonrhizobial plant growth promoting bacteria from nodules of *Kudzu (Pueraria thunbergiana)* and their effect on Wheat seedling growth // *Curr. Microbiol.* – 2008. – V. 56. – P. 134–139.
11. *Sturza A.V., Christieb B.R., Nowack J.* Bacterial Endophytes: Potential Role in Developing Sustainable Systems of Crop Production // *Critical Reviews in Plant Sciences*. – 2010. – V. 19, Issue 1. – P. 1–30.
12. *Бровко И.С., Титова Л.В., Иутинская Г.А., Сухачева М.В., Кравченко И.К.* Эндофитные неризобийные бактерии из клубеньков сои (*Glycine Max. (L.) Merr.*) // Материалы III междуна. научно-практической конф. «Биоразнообразие и устойчивое развитие», г. Симферополь. Крым, 15–19 сентября 2014 года (к 100-летию Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского, 80-летию географического факультета Таврического национального университета им. В.И. Вернадского). – Симферополь 2014. – С. 46-47.
13. *Бровко И.С., Титова Л.В., Иутинская Г.А., Сухачева М.В., Кравченко И.К.* Идентификация и азотфиксирующая активность неризобийных бактерий из клубеньков сои // *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія*. – 2014. – № 3 (60). – С. 52–55.
14. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 352 с.
15. *Теннер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.* Практикум по микробиологии / под ред. В. К. Шильниковой. – 6-е издание. – М.: Дрофа, 2005. – 256 с.

Стаття надійшла до редакції 14.09.2015 р.

