

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНОКУЛЯЦІЇ СОЇ КУЛЬТУРНОЇ (*GLYCINE MAX*)
МУТАНТАМИ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM***

В. Заболотна

*Кременецький обласний гуманітарно-педагогічний інститут імені Тараса
Шевченка*

вул. Лицейна, 1, Кременець, Тернопільська обл. 47003, Україна

e-mail: virazabolotna@yandex.ua

В умовах польового дослідження вивчали динаміку утворення корневих бульбочок і наростання їх маси, ростові процеси, насінневу продуктивність і урожайність сої культурної, інокульованої Tn5-мутантами бактерій виду *Bradyrhizobium japonicum*. Встановлено, що передпосівна обробка насіння цими транспозонними мутантами стимулює формування симбіотичного апарату, ріст і розвиток рослин. Найефективнішою виявилася бактеризація Tn5-мутантом Д1, яка проявилася у підвищенні урожайності насіння рослин цього варіанта на 44,87% порівняно з контролем і на 25,68% порівняно з виробничим штамом 634б.

Ключові слова: *Glycine max* (L.) Merr., інокуляція, бульбочкові бактерії, штам, симбіотичний апарат, урожайність.

Сьогодні перед сільським господарством стоїть нелегке завдання – збільшити постачання населенню білка рослинного походження, незважаючи на труднощі енергетичного, економічного й екологічного характеру. Великий потенціал у цьому плані має соя, насіння якої містить 38–42% білка, 18–23% жиру, 25–30% вуглеводів, а також ферменти, вітаміни, мінеральні речовини [1, 14]. Більше того, соєвий білок оптимально збалансований за амінокислотним складом, легко засвоюється, за біологічною цінністю наближається до білків м'яса, молока, яєць і значно дешевший за білок, отриманий з інших продуктів [7].

Значення сої як високобілкової культури різко зростає за умов енергетичної кризи та ресурсного дефіциту, оскільки вона може формувати високі урожаї і без застосування мінеральних добрив, зокрема азотних, за рахунок біологічної фіксації молекулярного азоту атмосфери. Проте висока продуктивність цієї культури залежить від її симбіозу з бульбочковими бактеріями, що визначається активністю та конкурентоспроможністю штаму в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, його комплементарністю до певного сорту, а також генетичними особливостями макросимбіонта [3, 5, 8, 16, 18, 22]. Тому створення вискоефективних азотфіксувальних систем соя – *Bradyrhizobium japonicum* має велике теоретичне значення і практичну цінність.

Досліди, проведені науковцями зі соєю, показали, що відомим до цього часу специфічним для даної рослини штамом бактерій у різних ґрунтово-кліматичних умовах приростання різна ефективність. Щодо новостворених штамів *B. japonicum*, то зазвичай вони не забезпечують суттєвих переваг над існуючими виробничими і не завжди зберігають свої властивості в тих чи інших ґрунтово-кліматичних умовах [17], оскільки бульбочкові бактерії дуже чутливі до кислотності ґрунтового розчину, аерації, вологозабезпеченості тощо.

Широкі перспективи для отримання вискоефективних штамів бульбочкових бактерій відкрили дослідження з використанням методів генетичної інженерії, зокрема, методу транспозонного мутагенезу. Однак отримані цим методом мутанти можуть мати різні симбіотичні ха-

рактеристики (здатність до азотфіксації, вірулентність, ефективність симбіозу, конкурентоздатність тощо) [3, 4]. Тому тестування на ефективність нових Tn5-мутантів є обов'язковою умовою перед використанням їх як основи для виготовлення бактерійних препаратів.

Матеріали та методи

Перевірка ефективності інокуляції сої новими Tn5-мутантами *B. japonicum* здійснювалася в умовах польового досліджу на дослідних ділянках Кременецького ботанічного саду. Ґрунт ділянок – сірий лісовий.

Об'єктами дослідження були транспозонні мутанти бактерій виду *B. japonicum* В-75, В-171, Д1 та Д33 (люб'язно надані нам відділом симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України) та соя культурна (*Glycine max* (L.) Merr.) сорту Мар'яна (насіння сої отримали із Селекційно-генетичного інституту). Штами 6346 та 646 надійшли з музейної колекції азотфіксувальних мікроорганізмів Інституту фізіології рослин і генетики НАН України.

Сорт Мар'яна спільної селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, Селекційно-генетичного інституту й Інституту землеробства УААН належить до середньостиглих сортів. Висота рослин 80–90 см і вище. Середня кількість бобів на одній рослині – 30–50. Сорт високопродуктивний (на родючих ґрунтах урожайність може досягати 30,6–30,9 ц/га). Має високу азотфіксувальну спроможність [11]. Рекомендований для вирощування у всіх зонах України.

Tn5-мутанти *B. japonicum* В-75, В-171, Д1 та Д33 отримані за методом Новикової зі співавт. [13], пристосованим для повільнорослих бульбочкових бактерій сої, з використанням плазмиди pSUP2021 [21]. Для здійснення Tn5-мутагенезу як вихідного використали штам 646.

На дослідних ділянках сою висівали широкорядним способом із шириною міжрядь 45 см; глибина загортання насіння – 4–5 см. Норма висіву – 80 кг/га. Агротехніка вирощування загальноприйнята для регіону. Повторність дослідів – 4-кратна, площа облікових ділянок 5 м². Розміщення дослідних ділянок рендомізоване.

Перед посівом насіння упродовж 10 хв стерилізували 70%-вим етанолом [2], промивали водою й інокулювали суспензіями бульбочкових бактерій. Культури повільнорослих ризобій вирощували на манітно-дріжджовому агарі (МДА) [19] у пробірках при температурі 28°C упродовж 8 діб. Для приготування бактерійної суспензії біомасу клітин змивали з МДА стерильною водою, переносили в рідке манітно-дріжджове середовище та вирощували при постійній аерації і 28°C 4–5 діб до концентрації бактерій 1×10^8 клітин в 1 мл суспензії.

Аналізи виконували у різні фази росту і розвитку рослин. Біометричні показники (висоту рослин, кількість і масу бульбочок на кореневій системі) визначали за загальноприйнятими методиками. Для встановлення кількості й маси ризобіальних утворень відбирали моноліти ґрунту 25×25×30 см. Після відмивання коренів із кожної повторності залишали по 5 рослин, відокремлювали від коренів бульбочки, підраховували їх середню кількість на одну рослину, підсушували та зважували. При дозріванні сої визначили насінневу продуктивність і урожайність культури.

Статистичне опрацювання експериментальних даних здійснювали за Доспеховим [6] із використанням пакету програми Excel.

Результати і їхнє обговорення

Формування ефективного бобово-ризобіального симбіозу – це результат складної взаємодії між рослиною та ризобіями. У наших дослідженнях було проаналізовано взаємо-

дію сої культурної сорту Мар'яна з чотирма транспозонними мутантами (В-75, В-171, Д1 та Д33) в умовах Кременецького горбогір'я. Оскільки згадані мутанти раніше не вивчалися, нас цікавило, як вони будуть ініціювати утворення корневих бульбочок, впливати на ростові процеси рослин і урожайність насіння, наскільки кожен із них є комплементарним для даного сорту сої.

Здатність проникати в корені рослини-господаря та викликати утворення бульбочок є однією з важливих симбіотичних характеристик бульбочкових бактерій. Згідно з літературними даними [12], протягом 12–18 днів від початку інфікування клітини бактерій інтенсивно діляться, і лише після цього на поверхні кореня з'являється ризобіальний нарост. Перші видимі бульбочки у більшості бобових культур, у тому числі й сої, виникають при появі перших справжніх листків. У наших дослідах уперше бульбочки на коренях сої, насіння якої перед посівом інокулювали, було виявлено у фазі появи другого справжнього листка (табл. 1). Підрахунок кількості ризобіальних утворень у цій фазі показав, що більше їх сформували рослини, інокульовані Tn5-мутантами *B. japonicum* В-171 та Д33, у зв'язку з чим можна припустити, що в цей період рослини згаданих варіантів отримували дещо більше зв'язаного азоту порівняно з рослинами інших варіантів.

Таблиця 1

Вплив різних штамів *Bradyrhizobium japonicum* на динаміку бульбочкоутворення сої культурної, шт.

| Штами бактерій | Фази розвитку | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------|--------------------------------|--------------|
| | 2-х справжніх листків | галуження | бутонізації – початку цвітіння | плодоношення |
| Контроль (без інокуляції) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6346 (виробничий) | 2,7±0,08 | 5,7±0,32 | 10,3±0,65 | 19,6±0,50 |
| 646 | 3,1±0,04 | 6,0±0,67 | 15,3±0,61 | 20,0±1,27 |
| В-75 | 3,0±0,02 | 6,0±0,50 | 10,7±0,92 | 22,3±1,72 |
| В-171 | 3,4±0,08 | 9,3±0,23 | 17,0±1,12 | 23,7±0,42 |
| Д1 | 3,1±0,07 | 8,7±0,45 | 15,0±0,48 | 25,3±0,98 |
| Д33 | 3,7±0,08 | 10,7±0,65 | 16,3±0,26 | 26,3±0,49 |

Подальше вивчення динаміки бульбочкоутворення показало, що кількість цих ризобіальних наростів у досліджуваних рослин зростала протягом усього вегетаційного періоду, причому всі транспозонні мутанти сприяли кращому формуванню корневих бульбочок порівняно з виробничим штамом. Починаючи з фази 2-х справжніх листків і майже впродовж усієї вегетації (за винятком періоду бутонізації – початку цвітіння) найбільше бульбочок сформували рослини, інокульовані штамом Д33. Водночас відзначено зниження темпу їх формування у рослин, інокульованих бактеріями штаму 646 і Tn5-мутантом В-171, у період формування генеративних органів. Подібні результати формування корневих бульбочок і наростання їх маси протягом онтогенезу сої сорту Мар'яна, інокульованої транспозонними мутантами, отримали раніше інші дослідники [9]. Вони також звертали увагу на те, що відбір найкомплементарніших один одному макро- і мікросимбіонтів сприяє інтенсивнішому формуванню симбіотичного апарату й отриманню високих і якісних урожаїв даної культури.

Необхідно також зазначити, що на коренях рослин контрольного варіанта протягом вегетаційного періоду бульбочок спонтанного походження не виявлено. Це дозволяє зробити висновок, що у ґрунті, на якому проводилися дослідження, місцевих штамів бульбочкових бактерій немає. Даний факт узгоджується з результатами досліджень інших вчених [10], які стверджують, що у ґрунтах більшості досліджених полів, на яких сою висівали вперше (83%), ризобії сої відсутні.

При взаємодії бобової рослини з бульбочковими бактеріями може утворюватися як ефективний, так і неефективний симбіоз, який часто пов'язаний зі слабким розвитком корневих бульбочок [20]. Проведені нами дослідження показали, що бактеризація насіння сої усіма досліджуваними транспозонними мутантами *B. japonicum* сприяла утворенню бульбочок рожевого забарвлення, які розміщувалися переважно на головному корені рослин, що характеризує ефективний симбіоз.

Вагомим критерієм ефективності взаємодії рослини і бактерій є маса активних бульбочок на коренях бобових. Нами встановлено, що у фазі 2-х справжніх листків використання для інокуляції усіх досліджуваних транспозонних мутантів, за винятком В-75, призвело до зростання маси бульбочок на коренях сої порівняно з виробничим штамом 6346. В онтогенезі рослин усіх варіантів з передпосівною інокуляцією насіння маса бульбочок наростала. Особливо це було помітно у другій половині вегетаційного періоду (табл. 2). Так, якщо у фазі галушення на коренях сої накопичувалося в середньому від 45,5 до 85,7 мг біомаси бульбочок, то у фазі бутонізації – початку цвітіння цей показник збільшився у 2,9–5,4 рази залежно від варіанта досліду. Найбільшу масу ризобіальних наростів протягом усього вегетаційного періоду формували рослини, інокульовані Тп5-мутантом Д1. Разом із тим, відзначено слабке наростання маси бульбочок у варіанті з інокуляцією транспозанним мутантом В-75 порівняно з виробничим штамом (на 16,3, 13, 3 і 2,7% менше у фазі двох справжніх листків, бутонізації – початку цвітіння та плодоношення відповідно).

Нами також встановлено, що досліджувані Тп5-мутанти впливали на формування бульбочок специфічно. Зокрема, мутант Д33 характеризувався більшою нодуляційною активністю, а бульбочки, утворені ним, були дрібніші та мали меншу масу порівняно з мутантом Д1. Аналогічна закономірність зафіксована і при порівнянні Тп5-мутанта В-75 і виробничого штаму 6346 (див. табл. 1, 2). Подібні результати у дослідях із різними транспозонними мутантами отримували й інші вчені [8], і зумовлена така специфічність перш за все місцем розташування бульбочок на коренях рослин сої, а також їхніми розмірами.

Таблиця 2

Вплив різних штамів *Bradyrhizobium japonicum* на нагромадження маси корневих бульбочок сої культурної, мг

| Штами бактерій | Фази розвитку | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------|--------------------------------|--------------|
| | 2-х справжніх листків | галушення | бутонізації – початку цвітіння | плодоношення |
| Контроль (без інокуляції) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6346 (виробничий) | 12,3±0,73 | 45,5±0,92 | 245,3±12,33 | 249,2±10,25 |
| 646 | 13,1±0,44 | 60,4±1,83 | 181,5±10,25 | 236,3±4,82 |
| В-75 | 10,3±0,20 | 72,7±2,50 | 215,0±10,92 | 242,5±10,70 |
| В-171 | 13,4±0,81 | 69,5±4,23 | 249,3±11,12 | 266,9±7,22 |
| Д1 | 16,4±0,75 | 85,7±2,45 | 284,3±6,48 | 287,3±2,98 |
| Д33 | 13,7±0,28 | 84,1±3,65 | 240,3±8,26 | 266,5±4,29 |

Критерієм оцінки ефективності бобово-ризобіального симбіозу можуть також слугувати експериментальні дані щодо наростання надземної маси сої. Як показали результати наших досліджень (табл. 3), передпосівна інокуляція насіння сої всіма штамми і транспозонними мутантами стимулювала ростові процеси рослин порівняно з варіантом без інокуляції. На ранніх етапах онтогенезу (фаза 2-х справжніх листків) найкраще росли рослини у варіанті з інокуляцією насіння бактеріями вихідного штаму 646 (висота рослин у середньому становила 28,9 см). Дещо повільніший ріст зафіксовано у рослин, інокульованих Тп5-мутантом Д1 та виробничим штамом 6346 (висота рослин у цих варіантах

становила 27,77 та 27,53 см відповідно). Найменший ріст рослин у цій і наступних фазах розвитку спостерігався у варіанті без передпосівної інокуляції насіння, що можна пояснити дефіцитом азоту в рослинному організмі.

Починаючи з фази галушення і до кінця вегетації інтенсивний ріст рослин зафіксовано у варіантах з інокуляцією насіння транспозонними мутантами В-75, Д-1 та Д-33, а от рослини, інокульовані ризобіями виробничого штаму 634б і Тп5-мутанта В-171, а також неінокульовані рослини інтенсивно росли тільки до фази бутонізації – початку цвітіння, а надалі дещо сповільнили свій ріст. Встановлено також, що передпосівна інокуляція насіння мутантним штамом В-171 значно менше сприяла ростовим процесам сої, ніж інокуляція іншими транспозантами.

Таблиця 3

Вплив різних штамів *Bradyrhizobium japonicum* на динаміку
ростових процесів сої культурної, см

| Варіант | Фази розвитку | | | |
|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| | 2-х справжніх листків | галушення | бутонізації – початку цвітіння | плодоношення |
| Контроль (без інокуляції) | 22,53±1,08* | 35,15±0,75 | 79,50±2,12 | 82,47±3,60 |
| 634б (виробничий) | 27,53±0,13 | 43,33±0,04* | 93,36±0,33* | 99,13±1,90* |
| 646 | 28,90±0,11* | 46,80±0,34* | 90,17±1,10* | 104,60±0,08* |
| В-75 | 27,10±0,75* | 48,60±0,04* | 98,17±0,25* | 110,33±2,63* |
| В-171 | 25,97±0,03* | 45,37±0,42* | 90,23±2,05* | 96,17±1,12* |
| Д1 | 27,77±0,12* | 46,77±0,09* | 94,70±0,08* | 105,87±0,83* |
| Д33 | 24,97±0,33* | 44,90±0,54* | 93,60±0,58* | 103,63±1,05* |

Примітка. * — Різниця достовірна за $P \leq 0,05$.

У процесі дослідження насінневої продуктивності сої виявилось, що найбільша кількість плодів утворилася на рослинах, інокульованих транспозонним мутантом В-171, а найменша – на контрольних рослинах (табл. 4). Щодо кількості насінин у бобі, то в загальному можна зробити висновок, що через несприятливі погодні умови (тривале бездощів'я, висока температура повітря) у плодах рослин усіх варіантів сформувалася невелика кількість насінин, і суттєвої різниці за цим показником у рослин різних варіантів не зафіксовано. Найбільшу масу мало насіння сої, яка була інокульована бактеріями Тп5-мутанта В-75 та вихідного штаму 646, найменшу – у варіанті без передпосівної інокуляції.

Таблиця 4

Вплив різних штамів бульбочкових бактерій
на насінневу продуктивність сої культурної

| Варіант | Кількість бобів на рослині, шт. | Кількість насінин у бобі, шт. | Маса 1000 насінин, г |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Контроль (без інокуляції) | 29,3±1,04 | 2,0 ± 0,03 | 179,13±4,12 |
| 634б (виробничий) | 34,0±1,71* | 2,1±0,08* | 196,68±5,63* |
| 646 | 29,8±0,45 | 2,2±0,01* | 204,32±3,25* |
| В-75 | 38,3±3,38* | 2,0±0,02 | 205,18±0,09* |
| В-171 | 49,3±1,24* | 2,0±0,06 | 198,03±2,73* |
| Д1 | 45,7±2,72* | 2,1±0,02* | 203,24±1,17* |
| Д33 | 32,7±2,45* | 2,2±0,04* | 200,76±1,92* |

Примітка. * – Різниця достовірна за $P \leq 0,05$.

Як зазначають окремі дослідники [8], при використанні висококомплементарних до сорту Мар'яна штамів бактерій за оптимальних для вегетації умов, коли тепла

погода поєднується з рясними опадами, продуктивність сорту може досягати 35,8 ц/га, а без застосування бактеризації насіння ризобіями урожайність сорту є значно нижчою і коливається від 19,7 до 25,4 ц/га. У наших дослідах через несприятливі погодні умови урожайність сої була порівняно невисокою (табл. 5), однак нами також зафіксовано значний вплив передпосівної інокуляції на формування врожаю насіння.

Таблиця 5

Вплив різних штамів бульбочкових бактерій на урожай насіння сої культурної

| Варіант | Урожай насіння, ц/га | Приріст | | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------|-------|----------------------|--------|
| | | до контролю | | до виробничого штаму | |
| | | ц/га | % | ц/га | % |
| Контроль (без інокуляції) | 15,20±0,32 | – | – | 2,32 | –15,26 |
| 6346 (виробничий) | 17,52±0,28* | 2,32 | 15,26 | – | – |
| 646 | 16,85±0,44* | 1,65 | 10,86 | –0,67 | –5,36 |
| В-75 | 18,48±1,05* | 3,28 | 21,58 | 0,96 | 5,48 |
| В-171 | 20,55±0,73* | 5,35 | 35,20 | 3,03 | 17,29 |
| Д1 | 22,02±0,90* | 6,82 | 44,87 | 4,50 | 25,68 |
| Д33 | 19,15±0,35* | 3,95 | 25,99 | 1,63 | 9,30 |

Примітка. * – Різниця достовірна за $P \leq 0,05$.

Порівняння ефективності інокуляції насіння різними транспозонними мутантами показало, що за цим показником створені мутанти В-171, Д1 та Д33 суттєво переважали виробничий штам 6346, про що свідчить достовірна різниця урожаю зерна між цими варіантами досліду. Найбільший урожай сформували рослини, інокульовані штамом Д-1, – у перерахунку на гектар він становив 22,02 ц/га, що на 44,87% більше порівняно з контрольним варіантом та на 25,68% більше порівняно з варіантом, у якому насіння проінокульовано виробничим штамом 6346 (табл. 5). Непоганий приріст урожаю дали також рослини, насіння яких перед посівом інокульовали бактеріями Тп5-мутанта В-171 (35,20% від контролю та 17,29% порівняно з виробничим штамом).

Отже, як свідчать результати досліджень, нами створені різні за ефективністю симбіотичні системи сої, в яких мікросимбіонтами були транспозонні мутанти *V. japonicum*. При цьому мутанти, які активніше ініціювали утворення кореневих бульбочок, не завжди сприяли підвищенню насінневої продуктивності рослин. Нами також виявлено, що бактеризація насіння сої досліджуваними Тп5-мутантами В-171, Д1 та Д33 сприяє кращому утворенню бульбочок і наростанню їхньої біомаси порівняно з інокуляцією насіння виробничим штамом 6346 та вихідним штамом 646. На урожайність насіння найбільше вплинула передпосівна інокуляція бактеріями транспозонного мутанта Д1. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що з-поміж досліджуваних Тп5-мутантів *V. japonicum* за більшістю показників найефективнішим виявився мутант Д1. Дослідження ефективності застосування цього мутанта при вирощуванні сої показало його перевагу перед іншими транспозонними мутантами, які апробувалися в різних агрокліматичних умовах [9]. Після додаткових досліджень у регіонах із різними ґрунтово-кліматичними умовами і отримання позитивних результатів цей транспозонний мутант можна буде рекомендувати для використання як біологічної основи при виготовленні бактеріального добрива під сою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабич А. О. Проблеми білка: сучасний стан, перспективи виробництва і використання сої // Корми і кормовиробництво. 1992. № 33. С. 3–13.

2. Береговенко С. К. Интенсивність фотосинтетичних процесів різних сортів сої залежно від інокуляції ефективними штамми *Bradyrhizobium japonicum* // Наук. зап. Тернопіл. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Сер. біол. 2003. 2(1). С. 19–23.
3. Воробей Н. А., Коць Н. Я., Кудрявченко Л. А. Конкурентоздатність транспозонових мутантів *Bradyrhizobium japonicum* // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2-х т. Т. 1. К.: Логос, 2009. С. 453–458.
4. Воробей Н. А., Коць Н. Я., Маліченко С. М., Якимчук Р. А. Дослідження симбіотичних систем сої, утворених за участю транспозантів *Bradyrhizobium japonicum* // Физиология и биохимия культ. растений. 2006. Т. 38. № 5. С. 418–426.
5. Даценко В. К., Лагута С. К., Старченков Е. П. и др. Эффективность бобово-ризобиального симбиоза различных сортов и штаммов *Bradyrhizobium japonicum* // Физиология и биохимия культ. растений. 1997. Т. 29. № 4. С. 299–303.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Заверюхин В. И., Левандовский И. Л. Производство и использование сои. К.: Урожай, 1998. 112 с.
8. Коць С. Я., Береговенко С. К., Кириченко Е. В. и др. Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов. К.: Наук. думка, 2007. 315 с.
9. Коць С. Я., Моргунов В. В., Тихонович Н. А. и др. Биологическая фиксация азота: монография: в 4-х т. Т. 3. К.: Логос, 2011. 404 с.
10. Крутило Д. В., Ковалевська Т. М. Бульбочкові бактерії сої як складова мікробіоти ґрунтів України // Живлення рослин: теорія і практика: зб. наук. пр., присвяч. 100-річчю від дня народж. акад. АН УРСР та ВАСГНІЛ П.А. Власюка. К.: Логос, 2005. С. 346–356.
11. Марьюшкин В. Ф., Даценко В. К., Старченков Е. П. и др. Эффективность различных симбиотических систем сои и ризобий // Физиология и биохимия культ. растений. 1994. Т. 26. № 3. С. 257–264.
12. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М.: Наука, 1968. 240 с.
13. Новикова Н. И., Шарыпова Л. А., Симаров Б. В. Транспозоновый мутагенез у штамма СХМ1-105 *Rhizobium meliloti* // Молекуляр. генетика, микробиология и вирусология. 1986. № 8. С. 32–36.
14. Патица В. П., Волкогон В. В., Надкернична О. В. та ін. Біологічна азотфіксація: вчора, сьогодні, завтра // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть: у 2-х т. Т. 1. К., Фітосоціоцентр, 2001. С. 212–226.
15. Патица В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. та ін. Біологічний азот. К.: Світ, 2003. 424 с.
16. Патыка В. Ф., Толкачев Н. З., Бутвина О. Ю. Основные направления оптимизации симбиотической азотфиксации в современной земледелии Украины // Физиология и биохимия культ. растений. 2005. Т. 37. № 5. С. 384–393.
17. Толкачев Н. З. Потенциальные возможности симбиотической азотфиксации при выращивании сои на юге Украины // Мікробіол. журнал. 1997. Т. 59. № 4. С. 34–41.
18. Balatti P. A., Pueppke S. G. Cultivar specific interactions of soybean with *Rhizobium fredii* are regulated by genotype of the root // Plant Physiol. 1990. Vol. 94. N 4. P. 1907–1909.
19. Child J. J. Nitrogen fixation by a *Rhizobium* sp. association with non-leguminous plant cell cultures // Nature. 1975. Vol. 253. P. 350–351.
20. Maier R. J., Brill W. J. Ineffective and non-nodulating mutant strains of *Rhizobium japonicum* // J. Bacteriol. 1976. Vol. 127. N 2. P. 763–769.
21. Simon R., O'Connell M., Labes M., Puhler A. Plasmid vector for the genetic analysis and manipulation of rhizobia and other gram-negative bacteria // Meth. Enzymol. 1986. Vol. 118. P. 640–659.

22. Young Y. P. W. Molecular population genetic evolution of rhizobia // The nitrogen fixation and its research in China / Ed. Hong G.F. Berlin; Heidelberg: Springer–Verlag. 1992. P. 366–381.

Стаття: надійшла до редакції 27.11.12

доопрацьована 04.03.13

прийнята до друку 12.03.13

EFFECTIVENESS OF INOCULATION OF SOYBEAN CULTURAL (*GLYCINE MAX*) BY MUTANTS *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM*

V. Zabolotna

*Kremenets Regional Humanitarian-Pedagogical Institute
named after Taras Shevchenko
1, Litseina St., Kremenets, Ternopil Region 47003, Ukraine
e-mail: virazabolotna@yandex.ua*

The dynamics of root nodules formation, accumulation of their mass, growth processes, seed production and productivity of soybean cultural, inoculated with Tn5-mutants of bacteria of species *Bradyrhizobium japonicum* was studied in field experiments. It was investigated that presowing treatment of seeds with the help of nodule bacteria of these strains stimulated formation of symbiotic system, growth and development of plants. The most effective bacterization was with Tn5-mutants D1 that was manifested in increasing productivity of seeds of this variant at 44,87% in comparison with control and at 25,68% in comparison with production strain 634b.

Keywords: Glycine max (L.) Merr., inoculation, nodule bacteria, strain, symbiotic apparatus, productivity.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНОКУЛЯЦИИ СОИ КУЛЬТУРНОЙ (*GLYCINE MAX*) МУТАНТАМИ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM*

В. Заболотная

*Кременецкий областной гуманитарно-педагогический институт имени
Тараса Шевченко
ул. Лицейная, 1, Кременец, Тернопольская обл. 47003, Украина
e-mail: virazabolotna@yandex.ua*

В условиях полевого опыта изучали динамику корневых клубеньков и нарастания их массы, ростовые процессы, семенную продуктивность и урожайность сои культурной, инокулированной Tn5-мутантами бактерий вида *Bradyrhizobium japonicum*. Установлено, что предпосевная обработка семян этими транспозонными мутантами стимулирует формирование симбиотического аппарата, рост и развитие растений. Наиболее эффективной оказалась бактеризация Tn5-мутантом Д1, что проявилось в повышении урожайности семян растений этого варианта на 44,87% по сравнению с контролем и на 25,68% по сравнению с производственным штаммом 634б.

Ключевые слова: Glycine max (L.) Merr., инокуляция, клубеньковые бактерии, штамм, симбиотический аппарат, урожайность.