

УДК 631.847.211:635.652.2

© 2016

Д.В. Крутило,
кандидат біологічних наук

О.В. Наджернична,
доктор біологічних наук
Інститут сільсько-
господарської мікробіології
та агропромислового
виробництва НААН

С.В. Іванюк,
кандидат сільсько-
господарських наук
Інститут кормів та
сільського господарства
Поділля НААН

О.В. Куц,
кандидат сільсько-
господарських наук
Інститут овочівництва
і багтанництва НААН

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТІВ НА ОСНОВІ НОВОГО ШТАМУ RHIZOBIUM PHASEOLI ФБ1 ЗА ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ

Мета. Вивчити ефективність біопрепаратів для квасолі звичайної на основі нового штаму бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli* ФБ1. **Методи.** Мікробіологічні, польові та статистичні. **Результати.** У різних ґрунтово-кліматичних умовах проведено випробування біопрепаратів ризобіофіт та ризогумін за вирощування зернової та овочевої квасолі. Установлено, що застосування нового штаму ризобій квасолі як біоагента мікробних препаратів забезпечує збільшення врожайності зерна квасолі на 11 – 32% порівняно з контролем. **Висновки.** Для підвищення продуктивності квасолі звичайної запропоновано застосовувати біопрепарати ризобіофіт і ризогумін на основі високоефективного штаму *R. phaseoli* ФБ1.

Ключові слова: бульбочкові бактерії, квасоля, ризобіофіт, ризогумін, *Rhizobium phaseoli*.

Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) є однією з найважливіших зернобобових культур, яку вирощують у багатьох країнах світу. Вона займає 2-ге місце за площами посіву після сої [1, 11]. Основну концентрацію посівів цієї культури зосереджено в Азії та Південній Америці. Основними країнами-виробниками квасолі є Індія (9433 тис. га), Бразилія (4368), Мексика (1887) та Китай (1207 тис. га) [2].

Для України квасоля є традиційною культурою. Проте за останні 40–50 років її посівні площі значно скоротилися. Нині вони становлять лише 20–30 тис. га і зосереджені переважно на присадибних ділянках приватного сектору та у фермерських господарствах. Результати роботи вітчизняних селекціонерів зі створення нових сортів квасолі, придатних для прямого комбайнування, дають упевненість у тому, що найближчим часом посівні площі цієї важливої культури поступово збільшуватимуться. У довоєнні роки минулого століття в Україні квасолі вирощували на площі 136 тис. га [1, 6].

Попри перспективи розширення асортименту сортів квасолі азотфіксувальний потенціал

цієї культури повною мірою не використовується. Екологічно безпечним способом підвищення продуктивності квасолі є передпосівна інокуляція насіння бактеріями виду *Rhizobium phaseoli*, які ініціюють утворення азотфіксувальних бульбочок на коренях рослин [1, 7, 8].

З огляду на те, що з часом квасоля стала традиційною культурою для України, у ґрунтах сформувалися місцеві популяції бульбочкових бактерій квасолі. Вони можуть бути джерелом господарсько цінних штамів і конкурентами штамів-інокулянтів [1, 7]. Тому актуальним є пошук конкурентоспроможних і високоефективних штамів бульбочкових бактерій квасолі, які можна було б використовувати для вдосконалення наявних та створення нових мікробних препаратів.

У попередні роки нами було отримано та запатентовано новий штам *R. phaseoli* ФБ1, який є активним симбіотичним азотфіксатором і позитивно впливає на продукційний процес рослин [7, 10]. Цей штам може бути потенційним біоагентом розроблених в Інституті сільськогосподарської

мікробіології та агропромислового виробництва (ІСМАВ) НААН біопрепаратів ризогуміну та ризобіфіту для підвищення врожайності бобових культур.

Мета досліджень — вивчити ефективність застосування біопрепаратів ризобіфіту та ризогуміну на основі нового активного штаму *R. phaseoli* ФБ1 за вирощування квасолі звичайної в різних регіонах України.

Матеріали і методи досліджень. Ефективність розроблених в інституті біопрепаратів на основі нового штаму бульбочкових бактерій *R. phaseoli* ФБ1 вивчали в польових дослідках із квасолею звичайною упродовж 2012–2014 рр. Застосовували рідку та торф'яну форми біопрепарату ризобіфіт (ТУУ 319.00494456-006–2002) і нового комплексного препарату ризогумін (ТУУ 24.1-00497360-003:2007). До складу ризогуміну, крім бульбочкових бактерій, входять компоненти вермикомпосту: регулятори росту рослин, гумінові кислоти, амінокислоти, вітаміни, незначна кількість макроелементів та мікроелементи в хелатованому вигляді. Дослідження проводили за відсутності в ґрунті бульбочкових бактерій, здатних інфікувати квасолі, і на фоні різних за щільністю місцевих популяцій специфічних ризобій.

Польові дослідки в умовах Полісся (Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН) проводили на чорноземі вилугуваному (рН — 6; уміст гумусу — 3,5%; легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом) — 95 мг; рухомих форм фосфору (P_2O_5) — 251 мг та обмінного калію (K_2O) (за Кірсановим) — 108 мг на 1 кг). У дослідках використовували насіння квасолі сорту Щедра. Повторність — 4-разова. Площа облікової ділянки — 6 м². Розміщення ділянок рендомізоване.

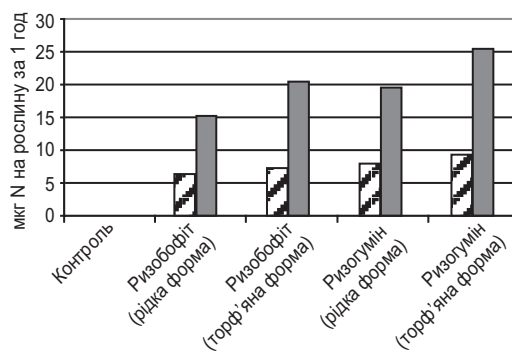
Польовий дослід в умовах Лісостепу Центрального (дослідне господарство «Бохоницьке» Інституту кормів та сільськогосподарства Поділля НААН) проводили на сірому лісовому ґрунті (рН — 4,9–5,3; уміст гумусу (за Тюрніним) — 1,8–2,1%; легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом) — 72–90 мг; P_2O_5 — 100,0–120,0 мг і K_2O (за Чиріковим) — 130–140 мг на 1 кг). Вирощували квасолі сорту Галактика. Повторність — 3-разова. Площа облікової ділянки — 25 м². Розміщення ділянок рендомізоване.

Польові дослідки з вивчення впливу мінеральних добрив і біопрепаратів на насінневу продуктивність квасолі овочевої

1. Кількість та маса бульбочок на коренях квасолі сорту Щедра за інокуляції біопрепаратами на основі *R. phaseoli* ФБ1 (польові дослідки, ІСМАВ НААН, середнє за 2013–2014 р.)

Варіант дослідку	Кількість бульбочок, од./рослину		Маса бульбочок, г/рослину	
	цвітіння	налив бобів	цвітіння	налив бобів
Без інокуляції (контроль)	0	0	0	0
Інокуляція ризобіфітом (рідка форма)	8,63	19,19	0,12	0,21
Інокуляція ризобіфітом (торф'яна форма)	8,38	18,82	0,18	0,23
Інокуляція ризогуміном (рідка форма)	8,76	27,82	0,17	0,24
Інокуляція ризогуміном (торф'яна форма)	9,50	28,13	0,17	0,29

проводили в зоні Лісостепу Лівобережного (Інститут овочівництва і баштанництва НААН) на чорноземі типовому (рН — 5,7; уміст гумусу — 4,3%; легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом) — 126–134 мг; рухомих форм фосфору — 136–144 мг і обмінного калію (за Чиріковим) — 168–180 мг на 1 кг). Використовували насіння квасолі сорту Шахія. Повторність — 4-разова. Площа облікової ділянки — 14 м². Розміщення ділянок систематичне, в 1 ярус.



Нітрогеназна активність бульбочок квасолі сорту Щедра за обробки насіння біопрепаратами на основі *R. phaseoli* ФБ1 (польові дослідки, ІСМАВ НААН, середнє за 2013–2014 рр.): ■ — цвітіння; ■ — налив бобів

2. Вплив обробки насіння квасолі сорту Щедра різними формами біопрепаратів на продуктивність рослин (польові досліді, ІСМАВ НААН, 2012–2014 рр.)

Варіант досліді	Урожайність зерна, т/га				Приріст урожаю	
	2012	2013	2014	Середнє	т/га	%
Без інокуляції (контроль)	1,93	2,94	2,22	2,36	–	100,0
Інокуляція ризобіфітом (рідка форма)	2,27	3,40	2,60	2,76	+0,40	116,9
Інокуляція ризобіфітом (торф'яна форма)	2,34	3,57	2,85	2,92	+0,56	123,7
Інокуляція ризогуміном (рідка форма)	2,28	3,61	2,79	2,89	+0,53	122,5
Інокуляція ризогуміном (торф'яна форма)	2,38	3,79	2,98	3,05	+0,69	129,2
НІР ₀₅	0,10	0,31	0,27			

Активність азотфіксації визначали ацетиленовим методом на газовому хроматографі «Сhrom-4». Оцінку хімічного складу зерна квасолі виконували за відповідними методиками [3, 7, 9]. Математичну обробку даних проводили за Б.О. Доспеховим [4] і застосовували комп'ютерну програму Statistica 7.0.

Результати досліджень. Ефективність мікробних препаратів для бобових культур залежить передусім від їх біоагентів — штамів бульбочкових бактерій. У попередні роки методом аналітичної селекції нами отримано новий перспективний штам бульбочкових бактерій квасолі *R. phaseoli* ФБ1 (ІМВ В-7319), який є активним симбіотичним азотфіксатором, характеризується високою конкурентоспроможністю порівняно з місцевими неактивними штамми специфічних ризобій [10] і може бути потенційним біоагентом препаратів для квасолі звичайної.

Ефективність 2-х принципово різних біопрепаратів ризобіфіту та ризогуміну на основі нового штаму *R. phaseoli* ФБ1 вивчали в серії польових дослідів у ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу та Полісся.

Так, за вирощування квасолі звичайної на чорноземі вилугуваному (у зоні Полісся) на коренях рослин контрольного варіанта (без обробки біопрепаратами) бульбочки не утворювалися, що свідчить про відсутність у ґрунті специфічних для квасолі бульбочкових бактерій (табл. 1).

У фазі цвітіння кількість азотфіксувальних бульбочок у варіантах із застосуванням ризобіфіту і ризогуміну була незначною і становила в середньому за 2 роки 8–10 од. на рослину. Лише у фазі наливу бобів їх кількість істотно збільшилася і дорівнювала 19–28 од. на рослину. Загалом комплексний препарат ризогумін на основі нового штаму *R. phaseoli* ФБ1 сприяв формуванню достовірно більшої (у 1,4–1,5 рази) кількості

бульбочок порівняно з ризобіфітом.

Важливим показником симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій і бобових рослин є не лише кількість бульбочок, а й їх маса. Так, за обробки насіння квасолі торф'яною формою ризобіфіту та обома формами ризогуміну вже у фазі цвітіння маса бульбочок була достовірно більшою порівняно з масою за обробки рідкою формою ризобіфіту (0,17 г/рослину проти 0,12 г/рослину). У фазі наливу бобів найкращим за цим показником виявився варіант з обробкою насіння торф'яною формою ризогуміну (0,29 г/рослину).

Найвищий рівень фіксації молекулярного азоту також спостерігався за використанням обох форм ризогуміну та торф'яної форми ризобіфіту (рисунок). Від фази цвітіння до фази наливу бобів цей показник збільшився у 2,4–2,8 рази. Максимальні показники азотфіксувальної активності спостерігалися у варіанті із застосуванням торф'яної форми ризогуміну (9,25 та 25,56 мкг N на рослину за 1 год).

У результаті проведених досліджень установлено, що біопрепарати ризобіфіт та ризогумін на основі запропонованого штаму *R. phaseoli* ФБ1 забезпечують стабільне підвищення врожайності квасолі сорту Щедра на 16,9–29,2% порівняно з контролем без інокуляції (табл. 2). Максимальний рівень

3. Вплив інокуляції біопрепаратами на продуктивність квасолі сорту Галактика (польовий дослід, ІКСГП НААН, 2014 р.)

Варіант досліді	Урожайність зерна, т/га	Приріст урожаю	
		т/га	%
Без інокуляції (контроль)	1,36	–	100,0
Інокуляція ризобіфітом	1,64	+0,28	120,6
» ризогуміном	1,51	+0,15	111,0
НІР ₀₅	0,15		

4. Урожайність квасолі овочевої сорту Шахиня залежно від застосування мінеральних добрив і мікробних препаратів (польові досліді, ІОБ НААН, 2012–2014 рр.)

Варіант досліді	Урожайність, т/га				Приріст урожаю	
	2012	2013	2014	Середнє	т/га	%
Без інокуляції (контроль)	2,02	3,14	2,90	2,69	–	100,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ врозкид	3,24	3,90	3,50	3,55	+0,86	132,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ локально	2,71	3,48	3,47	3,22	+0,53	119,7
Інокуляція ризобіофітом + P ₃₀ K ₃₀ локально	2,53	3,45	3,45	3,14	+0,45	116,7
Інокуляція ризогуміном + P ₃₀ K ₃₀ локально	3,04	4,00	3,62	3,55	+0,86	132,0
НІР ₀₅	0,29	0,30	0,36			

урожайності (3,05 т/га) за 3 роки відзначено за використання торф'яної форми ризогуміну. Із застосуванням нового штаму ризобій поліпшувалися показники якості зерна квасолі: уміст білка щодо контролю зріс на 12,5%, жиру — на 17,4%.

Окрім зазначеного позитивного впливу на симбіотичні показники, використання нового штаму *R. phaseoli* ФБ1 як біоагента препарату значно стримує розвиток корневих гнилей, що є важливою складовою отримання високих урожаїв. Ефективність захисної дії штаму становить 26,8–36,7% [10].

Біопрепарати на основі штаму *R. phaseoli* ФБ1 (торф'яна форма) перевіряли також у польовому досліді в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Центрального на фоні місцевої популяції ризобій квасолі.

Незважаючи на наявність у ґрунті специфічних бульбочкових бактерій, біопрепарати ризогумін і ризобіофіт сприяли достовірному збільшенню врожаю зерна квасолі сорту Галактика на 11–20,6% порівняно з контролем (без інокуляції) (табл. 3).

Ефективність біопрепаратів ризобіофіт та ризогумін (торф'яна форма) у системі удобрення квасолі овочевої вивчали також впродовж 3-х років (2012–2014 рр.) в умовах Лісостепу Лівобережного (Інститут

овочівництва і баштництва НААН).

Дослідження показали, що інокуляція насіння квасолі мікробними препаратами на фоні фосфорно-калійних добрив сприяла істотному підвищенню врожайності зерна квасолі овочевої порівняно з контролем (без інокуляції і внесення мінеральних добрив) (табл. 4). Так, застосування комплексного препарату ризогуміну на основі нового штаму *R. phaseoli* ФБ1 сприяло підвищенню врожайності квасолі сорту Шахиня на 0,86 т/га, що в середньому за 3 роки було на рівні врожайності за внесення добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀. Ризобіофіт також сприяв підвищенню врожайності квасолі до 3,14 т/га, що наближалося до рівня застосування половинної дози мінеральних добрив N₃₀P₃₀K₃₀. Отримані дані свідчать про те, що застосування біопрепаратів на основі нового штаму ризобій дає змогу зменшити внесення в ґрунт мінеральних азотних добрив та отримати високі врожаї квасолі овочевої.

Активізація бобово-ризобіального симбіозу за використання ризогуміну на основі штаму *R. phaseoli* ФБ1 позначалася на якості зерна квасолі. Уміст у зерні крохмалю зріс порівняно з контролем (у середньому за 3 роки) на 11,7%, загального цукру — 4,5%, зольність збільшилася на 12,5%.

Висновки

Для передпосівної інокуляції насіння квасолі зернової та овочевої запропоновано біопрепарати ризобіофіт та ризогумін (торф'яна форма) на основі нового високоєфективного штаму *R. phaseoli* ФБ1. Цей штаб є активним симбіотичним азотфіксатором, спроможним витримувати конкуренцію з представниками місцевих популяцій ризобій квасолі та підвищувати

стійкість рослин до збудників корневих гнилей.

Застосування біопрепаратів ризобіофіт та ризогумін на основі штаму *R. phaseoli* ФБ1 у різних ґрунтово-кліматичних умовах сприяло стабільному підвищенню врожайності квасолі звичайної порівняно з контролем на 11–32% та поліпшенню якості отримуваної продукції.

Бібліографія

1. *Агроэкологическая роль азотфиксирующих микроорганизмов в аллелопатии высших растений*/ В.Ф. Патыка и др.; под ред. В.Ф. Патыки. — К.: Основа, 2004. — 320 с.
2. *Безугла О.М.* Формування ознакових та спеціальних колекцій квасолі на Україні/О.М. Безугла// Селекція і насінництво. — 2005. — Вип. 9. — С. 309–317.
3. *ГОСТ 28561–90.* Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги.
4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 352 с.
5. *Ермаков А.И.* Методы биохимического исследования растений/А.И. Ермаков. — Л.: Агропромиздат, 1972. — С. 107–109.
6. *Колотілов В.В.* Генетичні ресурси зернобобових культур Устимівської дослідної станції рослинництва, результати та перспективи розвитку/В.В. Колотілов, С.І. Силенко//Селекція і насінництво. — 2005. — Вип. 90. — С. 331–338.
7. *Крутило Д.В.* Реакція сортів квасолі на інокуляцію *Rhizobium phaseoli* за наявності в ґрунті численної популяції ризобій/Д.В. Крутило//Корми і кормовиробництво. — 2008. — Вип. 61. — С. 78–83.
8. *Маркова О.В.* Отбор перспективных линий фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Эльза и особенности их симбиотрофного питания в разных почвенно-климатических условиях Предуралья/ О.В. Маркова, С.Р. Гарипова//Вестн. Башкир. ун-та. — 2013. — Т. 18, № 3. — С. 709–712.
9. *Метод* визначення цукрів М03–2001/В.Ю. Гончаренко, Т.К. Горова, В.Е. Барсукова; Інститут овочівництва і баштанництва УААН. — Х.: ЮБ УААН, 2006. — 8 с.
10. *Пат. 104211 Україна*, МПК (2013.01) С 12 N 1/20, А 01 N 63/02. Штам бактерій *Rhizobium phaseoli* для інокуляції спаржевої квасолі/Крутило Д.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М.; заявник та патентовласник Ін-т с.-г. мікробіол. та агропром. виробництва НААН. — № а 2012 03815; заявл. 29.03.12; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1. — 5 с.
11. *Graham P.H.* Legumes: importance and constraints to greater use/P.H. Graham, C.P. Vance// Plant Physiol. — 2003. — № 131 (3). — P. 872–877.

Надійшла 30.10.2015.