

УДК 631.521.54/631.8/631.811.98

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ СОЇ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУРИ ЗА ВПЛИВУ РИЗОГУМІНУ, МІКРОЕЛЕМЕНТІВ І СТИМУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

О. М. Мурач¹, В. В. Волкогон²

¹Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН
вул. Зелена, 1; с. Сад,

Сумський р-н, Сумська обл., 42343, Україна

²Інститут сільськогосподарської мікробіології та
агропромислового виробництва НААН

вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна

e-mail: rifam@ukrpost.ua

У польовому стаціонарному досліді досліджено особливості взаємодії таких технологічних чинників вирощування сої як передпосівна інокуляція насіння мікробним препаратом Ризогуміном, мікроелементами, стимулятором росту і розвитку рослин Біосилом за різних варіантів поєднання, а також ефективність застосування розчинів мікроелементів і Біосилу по вегетації бактеризованих рослин. Перспективним є використання Ризогуміну з наступною обробкою посівів розчином мікроелементів. Найвищу продуктивність культури забезпечує інокуляція насіння сої Ризогуміном з обприскуванням посівів розчинами мікроелементів та ріст-стимулятора.

Ключові слова: соя, бактеризація, Ризогумін, мікроелементи, стимулятор росту і розвитку рослин Біосил.

Перспектива ефективного використання в технологіях вирощування зернобобових культур мікробних препаратів на основі активних штамів бульбочкових бактерій, мікроеле-

ментів та стимуляторів росту і розвитку рослин, застосованих окремо, доведена результатами численних досліджень і не викликає сумніву. Проте навіть за їх застосування в аграрних технологіях реалізація генетичного потенціалу урожайності культур реалізована далеко не повною мірою. Чи можемо поєднувати зазначені технологічні чинники в одному процесі? На це питання немає однозначної відповіді, насамперед через невелику кількість проведених досліджень. Так, є повідомлення про підсилення активності процесу симбіотичної азотфіксації за сумісного застосування передпосівної бактеризації і стимуляторів росту [1; 2]. У той же час, існують застереження проти поєднання мікробних препаратів з регуляторами росту рослин, пов'язані з тим, що обидва види препаратів містять фізіологічно активні речовини, дія яких на продукційний процес культурних рослин при передозуванні може мати негативні наслідки [3].

У зв'язку з вищезазначеним, метою наших досліджень було дослідження ефективності поєднання передпосівної бактеризації, мікроелементів та стимулятора росту і розвитку рослин у технології вирощування сої.

Матеріали й методи. Дослідження проводили впродовж 2012–2013 рр. у польовому стаціонарному досліді Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН на чорноземі типовому малогумусному слабовилугуваному крупнопилувато-середньосуглинковому на лесі, орний шар якого характеризується такими основними показниками: вміст гумусу — 4,1 %, $pH_{\text{сол.}}$ — 6,3, сума ввібраних основ — 31 мг-екв., вміст рухомих форм фосфору — 11,3, обмінного калію — 9,2, легкогідролізованого азоту за Корнфілдом — 11,2 мг/100 г.

Дослідження проводили з соєю сорту КиВін, внесеного до Реєстру сортів рослин України у 2008 р.

Загальна площа ділянки у досліді — 80 м², облікова площа — 60 м², повторність чотириразова, розміщення ділянок систематичне.

Попередник — пшениця озима.

Підготовку ґрунту, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю здійснювали згідно з зональними рекомендаціями.

Норма висіву сої — 700 тис. насінин на 1 га, звичайно-рядковий спосіб сівби (15 см).

Насіння сої за 14 днів до сівби обробляли протруйником Максим XL 035 FS (1 л/т), у день посіву — препаратами та фізіологічно-активними речовинами згідно схеми досліду за методикою використання бактеріальних препаратів і відповідними рекомендаціями [4].

Для передпосівної інокуляції використовували біопрепарат комплексної дії Ризогумін (ТУ У 24.1-00497360-003:2007) на основі *Bradyrhizobium japonicum* М-8. Крім бактеріальної культури, препарат містить фізіологічно активні речовини біологічного походження (ауксини, цитокініни, амінокислоти, гумінові кислоти), мікроелементи в хелатованій формі у стартових концентраціях. Біопрепарат має багатofункціональний вплив на ріст і розвиток рослин. Забезпечує збільшення польової схожості і енергії проростання насіння, сприяє формуванню розвиненої кореневої системи і активного рослинно-бактеріального азотфіксувального симбіозу, інтенсифікує процес фотосинтезу у рослин. Завдяки цьому інокульовані рослини мають збільшену площу асиміляційної поверхні як коріння, так і наземної маси, що впливає на засвоєння поживних речовин. Крім цього, внаслідок активної діяльності інтродукованих бактерій, рослини одержують додаткове азотне та фосфорне живлення [4].

Крім передпосівної бактеризації, насіння у відповідних варіантах обробляли розчинами хелатованих мікроелементів фірми «Реаком» та стимулятором росту і розвитку (СРР) рослин Біосил (розробник — науково-технологічний центр «Агробіотех» Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України). В окремих варіантах досліду застосування мікроелементів та стимулятора росту для обробки насіння поєднували з Ризогуміном. Перспективність мікроелементів і Біосилу досліджували також за їх використан-

ня по вегетації, у т. ч. й бактеризованих рослин. Схема досліду приведена у таблицях.

Біометричні дослідження проводили за використання загальноприйнятих методик [5]. Ефективність бобово-ризобіального симбіозу оцінювали у фази бутонізації, цвітіння та утворення бобів на рослинах за кількістю, масою і нітрогеназною активністю бульбочок. Активність симбіотичної азотфіксації визначали методом редукції ацетилену на газовому хроматографі Chrom-4 [6]. Облік урожайності насіння сої проводили за загальноприйнятими методами [5]. Статистичну обробку одержаних результатів здійснювали згідно існуючих методик [5] та використання комп'ютерної програми Statistica 6.0.

У зерні визначали вміст білка (за показниками вмісту загального азоту з наступним перерахунком) і жиру [7].

Результати та їх обговорення. Визначення в динаміці кількості азотфіксувальних бульбочок на корінні рослин сої демонструє достатньо високі показники у контрольному варіанті, що свідчить про наявність аборигенної популяції бульбочкових бактерій сої у ґрунті. Тим не менше, застосування для передпосівної інокуляції насіння мікробного препарату забезпечувало суттєве збільшення чисельності бульбочок на корінні (табл. 1). Це чітко прослідковується впродовж обох років досліджень. Використання мікроелементів та Біосилу для передпосівного обробітку насіння також певною мірою сприяє формуванню бульбочок, безперечно, за рахунок представників аборигенної популяції. В окремі періоди вегетації рослин ці показники є достовірно вищими за контрольні. Поєднання Ризогуміну з мікроелементами, з СРР, а також комплексне їх застосування для обробки насіння не сприяє підсиленню нодуляційної активності. Виключенням є лише один випадок підсилення бульбочкоутворення за поєднання мікробного препарату з мікроелементами (фаза утворення бобів, 2013 р.).

Застосування мікроелементів і Біосилу по вегетації хоча і демонструє тенденцію до підсилення нодуляційної ак-

Таблиця 1. Динаміка розвитку бульбочок на корінні сої за дії препаратів та способів їх застосування

Варіанти досліджу	Кількість бульбочок, од./рослину					
	2012 р.			2013 р.		
	I	II	III	I	II	III
Без застосування препаратів	10,5	14,3	16,4	31,7	31,7	38,2
<i>Обробка насіння</i>						
Ризогумін	17,2	23,6	26,3	43,0	52,9	53,3
Мікроелементи	11,9	15,9	17,7	38,8	42,6	52,4
СРР	14,4	20,1	23,7	38,4	41,1	51,0
Мікроелементи + СРР	14,0	19,7	17,6	39,6	43,0	51,0
Ризогумін + мікроелементи	16,9	23,2	27,2	45,8	49,0	71,6
Ризогумін + СРР	15,2	18,9	22,8	33,0	36,2	49,0
Ризогумін + мікроелементи + СРР	12,2	15,3	19,5	33,2	37,3	47,9
<i>Обробка вегетуючих рослин</i>						
Мікроелементи	11,5	16,1	18,9	34,6	33,8	40,9
СРР	11,7	15,9	18,0	31,6	42,3	43,2
Мікроелементи + СРР	11,1	16,6	22,8	32,9	38,9	46,9
Ризогумін* + мікроелементи	14,4	20,0	24,0	48,3	45,9	65,0
Ризогумін* + СРР	13,6	19,4	22,9	39,7	60,0	54,6
Ризогумін* + мікроелементи + СРР	19,6	25,2	30,4	55,7	63,8	71,9
НІР ₀₅	2,2	1,5	3,5	5,7	15,2	19,0

Примітка (тут і далі): * — застосування для передпосівної бактеризації насіння; I — фаза бутонізації; II — фаза цвітіння; III — фаза утворення бобів.

тивності, проте показники є меншими за відповідні значення, отримані при застосуванні для передпосівної інокуляції Ри-

зогуміну. Роз'єднане в часі використання препаратів (Ризогуміну для обробки насіння, а мікроелементів і СРР по вегетації) сприяє формуванню найбільшої в досліді кількості бульбочок. В окремі строки досліджень підвищене бульбочкоутворення (щодо показників варіанту з використанням лише Ризогуміну) виявлено і за поєднання «Ризогумін + мікроелементи по вегетації» та «Ризогумін + СРР по вегетації», проте стабільним цей ефект назвати не можна.

Схожі особливості відмічаємо також і для показників маси висушених бульбочок (табл. 2). Проте є і певні відмінності. Так, зокрема, чіткіше проявляється вплив поєднання «Ризогумін + мікроелементи по вегетації». За виключенням одного строку відбору зразків (фаза цвітіння, 2013 р.) таке поєднання забезпечувало зростання маси бульбочок порівняно до дії одного лише мікробного препарату. Сполучення «Ризогумін + СРР по вегетації» не забезпечувало зростання маси бульбочок. Виразний ефект прослідковується при застосуванні Ризогуміну з наступною обробкою посівів мікроелементами в поєднанні з Біосилом.

Отже, формування і розвиток бульбочок на корінні сої проходить активно за використання для інокуляції насіння мікробного препарату Ризогуміну, а також підсилюється при обробці посівів розчинами хелатованих мікроелементів та стимулятора росту і розвитку рослин.

Визначення в динаміці нітрогеназної активності в бульбочках також свідчить про суттєве підсилення активності процесу азотфіксації за використання для передпосівної інокуляції насіння Ризогуміну (табл. 3). У 2012 р. застосування мікробного препарату сприяло зростанню активності в 2–4 рази порівняно до контролю. Дослідження 2013 р. загалом демонструють низькі рівні азотфіксувальної активності у досліді, що пов'язано з несприятливими погодними умовами. Проте відмічені особливості впливу бактеризації на перебіг процесу зберігаються. Слід відмітити, що в окремі фази органогенезу рослин використання для обробки насіння Ризогуміну разом з мікроелементами, або з Біосилом також ви-

кликало підвищення активності азотфіксації порівняно до варіанту з одним лише Ризогуміном, проте такі сплески активності є епізодичними.

Таблиця 2. Формування маси бульбочок на корінні сої за дії Ризогуміну, мікроелементів та стимулятора росту і розвитку рослин

Варіанти дослідів	Маса бульбочок, г/рослину					
	2012 р.			2013 р.		
	I	II	III	I	II	III
Без застосування препаратів	0,06	0,29	0,40	0,06	0,09	0,23
<i>Обробка насіння</i>						
Ризогумін	0,13	0,77	0,98	0,11	0,19	0,34
Мікроелементи	0,10	0,57	0,69	0,10	0,16	0,33
СРР	0,12	0,66	0,78	0,09	0,15	0,30
Мікроелементи + СРР	0,11	0,60	0,72	0,11	0,17	0,34
Ризогумін + мікроелементи	0,13	0,78	0,94	0,15	0,23	0,43
Ризогумін + СРР	0,11	0,49	0,60	0,06	0,12	0,27
Ризогумін + мікроелементи + СРР	0,10	0,62	0,75	0,08	0,15	0,26
<i>Обробка вегетуючих рослин</i>						
Мікроелементи	0,08	0,34	0,43	0,09	0,14	0,27
СРР	0,09	0,36	0,50	0,07	0,12	0,27
Мікроелементи + СРР	0,09	0,39	0,46	0,10	0,14	0,26
Ризогумін + мікроелементи	0,16	0,96	1,20	0,14	0,20	0,50
Ризогумін + СРР	0,11	0,73	0,89	0,10	0,19	0,36
Ризогумін + мікроелементи + СРР	0,18	1,08	1,33	0,12	0,24	0,45
НІР ₀₅	0,04	0,11	0,15	0,05	0,09	0,15

Таблиця 3. Динаміка симбіотичної активності азотфіксації за дії Ризогуміну, мікроелементів та Біосилу

Варіанти дослідів	Азотфіксувальна активність, мкмоль C ₂ H ₄ /рослину за годину					
	2012 р.			2013 р.		
	I	II	III	I	II	III
Без застосування препаратів	2,6	5,7	4,9	0,1	0,3	1,2
<i>Обробка насіння</i>						
Ризогумін	10,3	19,3	11,2	0,6	1,7	2,4
Мікроелементи	6,7	11,2	6,7	0,4	0,4	1,7
СРР	7,9	14,8	14,1	0,3	0,5	2,7
Мікроелементи + СРР	5,8	12,2	6,7	0,3	0,7	2,0
Ризогумін + мікроелементи	13,5	19,2	15,6	0,3	0,5	3,9
Ризогумін + СРР	7,6	9,7	6,0	0,1	0,4	1,5
Ризогумін + мікроелементи + СРР	5,8	12,2	10,0	0,2	0,3	1,6
<i>Обробка вегетуючих рослин</i>						
Мікроелементи	7,1	9,7	6,3	0,2	0,5	1,7
СРР	3,8	12,1	5,8	0,3	0,6	1,6
Мікроелементи + СРР	6,5	8,1	6,3	0,3	0,5	1,9
Ризогумін + мікроелементи	21,1	23,5	14,1	0,3	1,1	2,4
Ризогумін + СРР	8,0	15,4	10,3	0,4	1,1	2,4
Ризогумін + мікроелементи + СРР	16,4	23,1	15,3	0,4	1,3	2,4
НІР ₀₅	1,9	2,5	2,2	0,2	0,7	0,8

Високі показники активності порівняно до варіанту з Ризогуміном відмічено за обробки по вегетації бактеризованих рослин розчином мікроелементів у 2012 р. Близькою до

відмічених є також активність за використання для обробки посівів мікроелементів разом із Біосилом. Зазначений ефект у 2013 р. проявився лише наприкінці вегетації рослин.

Визначення зернової продуктивності сої у 2012 р. демонструє тенденцію до зростання показників за дії всіх досліджуваних чинників. У першу чергу це стосується Ризогуміну, застосування якого в досліді було найістотнішим (табл. 4).

Таблиця 4. Продуктивність сої за впливу біологічного препарату, мікроелементів та Біосилу

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га		
	2012 р.	2013 р.	середнє
Без застосування препаратів	2,13	2,36	2,25
<i>Обробка насіння</i>			
Ризогумін	2,69	2,72	2,71
Мікроелементи	2,42	2,57	2,50
СРР	2,53	2,63	2,58
Мікроелементи + СРР	2,47	2,68	2,58
Ризогумін + мікроелементи	2,71	2,75	2,73
Ризогумін + СРР	2,34	2,45	2,40
Ризогумін + мікроелементи + СРР	2,50	2,53	2,52
<i>Обробка вегетуючих рослин</i>			
Мікроелементи	2,21	2,54	2,38
СРР	2,28	2,48	2,38
Мікроелементи + СРР	2,25	2,59	2,42
Ризогумін + мікроелементи	2,82	2,84	2,83
Ризогумін + СРР	2,63	2,80	2,72
Ризогумін + мікроелементи + СРР	2,99	2,93	2,96
НІР ₀₅	0,42	0,25	

Використання мікробного препарату для передпосівної інокуляції з наступною обробкою посівів мікроелементами є статистично значимим порівняно з абсолютним контролем.

Статистично достовірним є також і вплив роз'єданого в часі застосування всіх трьох препаратів (Ризогумін для обробки насіння + мікроелементи з Біосилом для обробки вегетуючих рослин). У 2013 р. застосування Ризогуміну забезпечило достовірний приріст урожайності культури. Показники продуктивності зросли за обробки бактеризованих рослин як мікроелементами, так і СРР, використаних окремо і в поєднанні. Усереднення отриманих показників урожайності культури свідчить про перспективність застосування Ризогуміну для передпосівної бактеризації, а також роз'єданого використання мікробного препарату з мікроелементами, а також сполучення «мікроелементи + СРР» по вегетації бактеризованих рослин.

Слід зазначити, що відмінності між зазначеними варіантами не були статистично значимими, проте порівняння показників зі значеннями абсолютного контролю свідчить про достовірність отриманого приросту урожайності культури.

При визначенні якості зерна сої за вмістом білка та жиру виявлено зростання показників при застосуванні Ризогуміну для передпосівної бактеризації насіння у 2012 р. (табл. 5). Роз'єдане в часі використання мікробного препарату, мікроелементів та СРР у технології вирощування сої також сприяє покращенню результатів порівняно до контролю, проте лише тенденцію до покращення у порівнянні з варіантом однієї бактеризації.

У 2013 р. достовірних змін досліджуваних показників не виявлено, за виключенням зростання вмісту жиру у варіанті «Ризогумін + обробка посівів мікроелементами». Проте слід відмітити чітку тенденцію до позитивних змін показників у варіантах з використанням Ризогуміну, а також за роз'єданого в часі використання всіх трьох досліджуваних факторів.

Таким чином, за показниками формування і функціонування азотфіксувального симбіозу «Соя – *Bradyrhizobium japonicum*», урожайності культури та якості продукції перс-

Таблиця 5. Якість зерна сої за дії технологічних чинників вирощування культури

Варіанти дослідів	2012 р.		2013 р.	
	I**	II***	I	II
Без застосування препаратів	29,5	19,6	32,1	23,2
<i>Обробка насіння</i>				
Ризогумін	34,2	24,0	33,5	24,4
Мікроелементи	33,7	21,8	33,0	23,5
СРР	32,1	23,9	33,1	24,0
Мікроелементи + СРР	32,7	23,5	33,5	24,3
Ризогумін + мікроелементи	33,4	23,6	33,8	24,8
Ризогумін + СРР	32,2	21,5	32,4	23,8
Ризогумін + мікроелементи + СРР	30,7	21,3	32,5	24,2
<i>Обробка вегетуючих рослин</i>				
Мікроелементи	30,4	21,9	33,4	24,2
СРР	31,3	21,5	32,8	23,7
Мікроелементи + СРР	31,9	21,4	33,3	24,0
Ризогумін + мікроелементи	34,6	25,6	34,0	25,1
Ризогумін + СРР	34,9	25,1	33,5	24,7
Ризогумін + мікроелементи + СРР	35,2	25,7	34,0	24,7
НІР ₀₅	3,06	3,04	1,95	1,52

Примітка: ** — вміст білка, %; *** — вміст жиру, %.

пективним при вирощуванні сої на чорноземі малогумусному в умовах Північного Лісостепу України є застосування мікробного препарату Ризогуміну. Реалізацію продуктивного потенціалу сої можна збільшити за обробки бактеризованих рослин розчинами мікроелементів та стимулятора росту рослин.

1. Підвищення насіннєвої продуктивності люцерни при інокуляції різними штамми *Rhizobium meliloti* та застосуванні регуляторів росту / [С. Я. Коць, І. В. Драговоз, В. К. Яворська та ін.] // Бюл. ІСГМ. — 2000. — № 6. — С. 28–30.

2. Вплив стимуляторів росту на активність азотфіксації рослин пшениці і гороху / А. М. Ніколаєнко, В. П. Патица, О. Д. Круглова, І. В. Ніколаєнко // Бюл. ІСГМ. — 1999. — № 5. — С. 12–14.

3. Вплив інокуляції і регулятора росту триман-1 на активність азотфіксації, розвиток та формування симбіозу люцерни з бульбочковими бактеріями / В. П. Сальник, В. В. Волкогон, Н. М. Мальцева, О. Е. Мамчур // Физиол. и биохим. культ. раст. — 2001. — № 6. — С. 529–534.

4. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика : монографія / [В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська та ін.] ; за ред. В. В. Волкогона. — К. : Аграрна наука, 2006. — 312 с.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. — [5-е изд., доп. и пер.]. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

6. The acetylene-ethylene assay for N₂-fixation: Laboratory and field evaluation / R. W. F. Hardy, R. D. Holsten, E. K. Jackson, R. C. Burns // Plant Physiol. — 1968. — Vol. 43, № 8. — P. 1185–1207.

7. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. — Л. : Колос, 1972. — 445 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА СОИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ РИЗОГУМИНА, МИКРОЭЛЕМЕН- ТОВ И СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ

О. М. Мурач¹, В. В. Волкогон²

¹Институт сельского хозяйства Северо-востока НААН, с. Сад

²Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

В полевом стационарном опыте исследованы особенности взаимодействия таких технологических факторов выращивания сои как предпосевная инокуляция семян микробным препаратом Ризогумином, микроэлементами, стимулятором роста и развития растений Биосилом при раз-

98

личных сочетаниях, а также эффективность нанесения растворов микроэлементов и Биосила на вегетирующие растения. Перспективным является применение Ризогумина с последующей обработкой посевов раствором микроэлементов. Наиболее высокую продуктивность культуры обеспечивает инокуляция семян сои Ризогумином с опрыскиванием посевов растворами микроэлементов и ростстимулятора.

Ключевые слова: соя, бактеризация, Ризогумин, микроэлементы, стимулятор роста и развития растений Биосил.

PECULIARITIES OF SOYBEAN SYMBIOTIC APPARATUS FORMATION AND CROPS PRODUCTIVITY UNDER THE INFLUENCE OF RHIZOHUMIN, MICRONUTRIENTS AND PLANT GROWTH STIMULATOR

O. M. Murach¹, V. V. Volkogon²

¹Institute of Agriculture Northeast, NAAS, Sad

²Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

The interaction peculiarities of such technological factors as pre-sowing seeds inoculation of soybean plants with microbial preparation Rhizohumin, microelements, stimulator of plant growth and development Biosil, their different combinations as well as the efficacy of microelements solutions and Biosil used for foliar applications of inoculated plants were studied in the stationary field experiments. The application of Rhizohumin followed by the plants treatment with the solution of microelements was shown to be the most promising. The highest crop productivity values were observed in the variants with inoculation of soybean seeds with Rhizohumin followed by foliar treatment of plants with microelements and growth regulator.

Key words: soybeans, bacterization, Rhizohumin, microelements, stimulator of plant growth and development Biosil.