

**В. М. Кабанець, М. Г. Собко, кандидати сільськогосподарських наук
О. М. Мурач**

Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН

ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОЗУ «BRADYRHIZOBIUM JARONICUM – СОЯ» І ВРОЖАЙНІСТЬ СОЇ ЗА ВПЛИВУ РИЗОГУМІНУ ТА ФІЗІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН

Досліджено вплив передпосівної інокуляції насіння мікробним препаратом Ризогумін, мікродобривом Реаком, стимулятором росту рослин Біосил за різних варіантів поєднання, а також ефективність застосування розчинів мікродобрива і Біосилу по вегетації бактеризованих рослин на формування та функціонування бобово-ризобіального симбіозу та врожайність зерна сої. За результатами досліджень встановлено, що 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 рослин. Бактеризація насіння сої Ризогуміном з обприскуванням посівів мікродобривом у комплексі із стимулятором росту забезпечила збільшення врожайності на 25,8 %.

Ключові слова: соя, бактеризація, Ризогумін, мікродобриво Реаком, стимулятор росту рослин Біосил.

Розвиток симбіотичного потенціалу сої можна регулювати шляхом застосування певних елементів технології, зокрема проведенням передпосівної бактеризації насіння за використання активних штамів бульбочкових бактерій, застосування мікродобрив і стимуляторів росту рослин.

У численних дослідженнях регулятори росту і мікродобрива підвищували урожайність сої та інших польових рослин. Їх доцільно використовувати як при допосівній обробці посівного матеріалу, так і обробляти посіви по вегетації [3, 4, 5, 6]. На ринку України таких препаратів є велика кількість, але технологічність та їх ефективність нестабільна і може спричинити несподівані результати при поєднанні їх з інокуляцією насіння в одному технологічному процесі. Існують повідомлення, інформація в яких свідчить про підсилення активності процесу симбіотичної азотфіксації за поєднання передпосівної бактеризації і застосування СРР [7, 8]. Водночас, відомі протиріччя у поглядах на зазначену проблему, оскільки обидва препарати містять фізіологічно активні речовини, дія яких на продукційний процес при передозуванні може мати негативні наслідки [1, 2].

У зв'язку з цим, метою наших досліджень було вивчення ефективності поєднання передпосівної бактеризації, використання мікродобрива та стимулятора росту як для передпосівної обробки насіння так і посходової – обприскування рослин.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2014—2015 р. у польовій сівозміні Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН на чорноземі типовому малогумусному слабовилугованому крупнопилувато – середньосуглинковому на лесі, орний шар якого характеризується наступними основними показниками: вміст гумусу – 4,1%, рН сол. – 6,3, сума ввібраних основ – 31 мг-екв., вміст рухомих форм фосфору – 11,3 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – 9,2 мг/100 г ґрунту, вміст легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 11,2 мг/100 г. Вивчали ефективність дії препаратів на сої сорту КиВін. Загальна площа ділянки у досліді – 96 м², облікова площа – 44,8 м², повторність чотириразова, розміщення ділянок систематичне. Агротехніка в досліді загальноприйнята для даної зони. Попередник – озима пшениця. Підготовку ґрунту, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю виконували згідно з зональними рекомендаціями. Норма висіву сої – 700 тис. схожих насінин на 1 га, спосіб сівки – звичайний рядковий з міжряддями 15 см. Насіння сої за 14 днів до сівки обробляли протруйником Максим XL 035 FS (1 л/т), а у день сівки – препаратами та фізіологічно-активними речовинами згідно схеми досліду за методикою використання бактеріальних препаратів і відповідними рекомендаціями [9]. Для передпосівної інокуляції використовували біопрепарат комплексної дії Ризогумін (ТУ У 24.1-00497360-003:2007) на основі *Bradyrhizobium japonicum* М-8 з розрахунку 2 кг/т насіння. Крім передпосівної бактеризації, насіння згідно схеми досліду обробляли розчином мікродобрива фірми "Реаком" з нормою – 3 л/т і 4 л/га при обробці посівів та стимулятором росту рослин Біосил (розробник – НТЦ «Агробіотех» НАН України) – 20 мл/т насіння і 10 мл/га посіву. Схема досліду наведена в таблицях. Біометричні дослідження і облік урожаю сої проводили за загальноприйнятими методиками [10]. Ефективність бобово-ризобіального симбіозу оцінювали у фазі цвітіння на рослинах за кількістю, масою і нітрогеназною активністю бульбочок. Визначення активності симбіотичної азотфіксації проводили методом редукції ацетилену на газовому хроматографі Chrom-4. Статистичну обробку одержаних результатів здійснювали згідно існуючих методик та використання комп'ютерної програми Statistica 6.0. У зерні визначали вміст білка (за показниками вмісту загального азоту з наступним перерахунком).

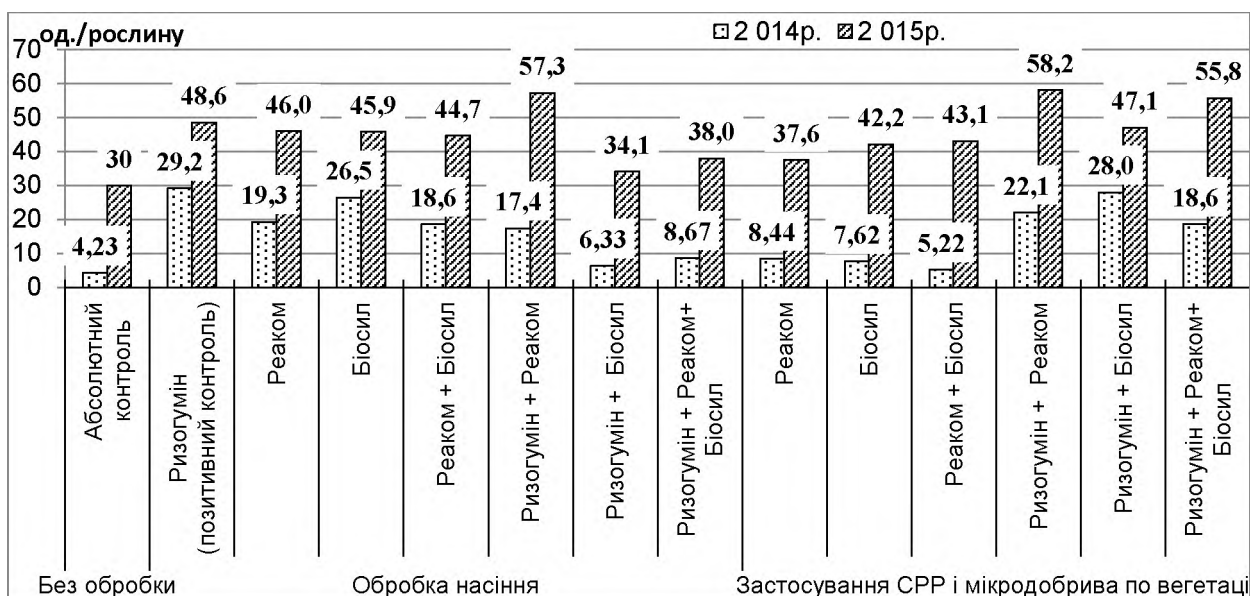
Роки проведення досліджень різнилися за умовами вегетації і характеризувались підвищенням середньодобових температур у всіх місяцях вегетаційного періоду, порівняно з середньобагаторічним показником, особливо у 2014 році.

Різнилися роки проведення досліджень і за рівномірністю розподілу опадів. Так, більш близьким до багаторічних даних був 2014 рік, в т. ч. квітень, травень та липень місяць.

Більш контрастні умови зволоження були у 2015 році. Так, у травні випала надмірна кількість опадів у вигляді руйнівних злив та граду, що призвело до сильних пошкоджень рослин, та затримки їх розвитку внаслідок відновлення пошкодженої вегетативної маси. Перевищення норми опадів у даний період становило 87,1 мм (161,3 %).

За співвідношенням вологи та тепла та їх розподілом за місяцями більш оптимальним був 2014 рік, оскільки показник ГТК за місяцями вегетаційного періоду більш наближений до багаторічних даних, тоді як у 2015 році спостерігалась надмірна зволоженість – у травні – ГТК = 2,7, при багаторічній нормі 1,2 та вкрай посушливі умови в серпні – ГТК = 0,1, при багаторічному показнику 1,0.

Результати досліджень. Здатність проникати в корені рослини-господаря та викликати утворення бульбочок є однією з важливих симбіотичних характеристик бульбочкових бактерій. Утворення азотфіксувальних бульбочок на корінні рослин сої у контрольному варіанті свідчить про наявність аборигенної популяції бульбочкових бактерій сої у ґрунті. Проаналізувавши дані формування ризобіальних утворень в обидва роки нами виявлено позитивну дію досліджуваних препаратів, незалежно від способів їх застосування та погодних умов (рис. 1).



НІР 05, для 2014 р. – 2,703 НІР 05, для 2015 р. – 1,461

Рис. 1. Вплив досліджуваних препаратів на кількість бульбочок, од./рослину

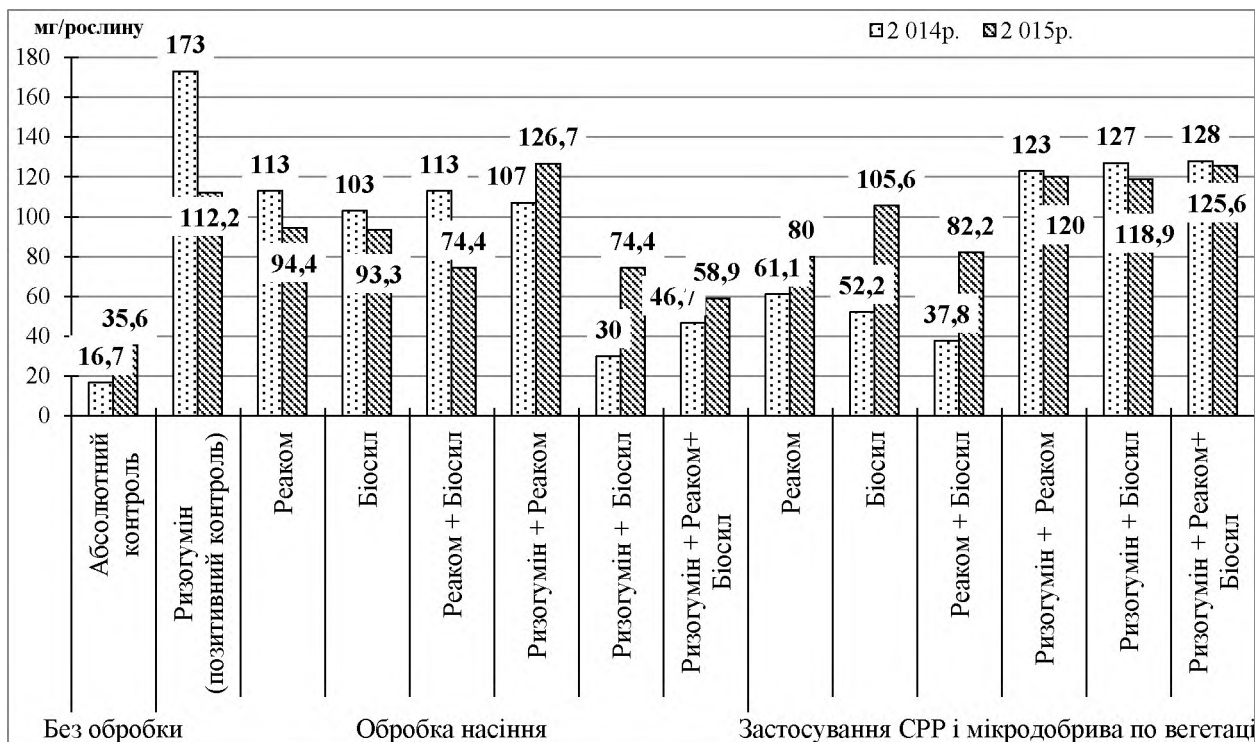
Але, не дивлячись на специфічні умови періоду вегетації сої 2015 року, про які говорилось вище, кількість бульбочок на одній рослині утворилась більшою порівняно з попереднім роком. Проте ефективність їх була різною.

Так, по впливу на симбіотичні показники, зокрема кількість бульбочок, біоагент мікробного препарату (штам *Bradyrhizobium japonicum M-8*) сприяв утворенню більшої їх кількості.

У разі застосування сумішей препаратів Ризогуміну і стимулятора росту Біосилу для обробки насіння, а також при поєднанні даних препаратів з мікродобривом спостерігали пригнічення формування симбіотичного апарату сої.

У даних варіантах кількість бульбочок була на рівні абсолютного контролю. Такі ж низькі значення було отримано і у варіантах, де стимулятор росту та мікродобриво застосовували для обприскування рослин, як окремо так і при їх поєднанні. Тільки за умови передпосівної бактеризації насіння такі обробки сприяли суттєвому збільшенню кількості бульбочок по відношенню до абсолютного контролю та статистично достовірне їх збільшення порівняно до варіанта, де мікробний препарат застосовували у чистому вигляді.

Ефективність фізіологічно активних речовин та мікробного препарату було відмічено також при врахуванні такого показника як маса бульбочок, яка є вагомим критерієм ефективності взаємодії рослини і бактерій. За даним показником прослідковується аналогічна ситуація впродовж обох років досліджень, тобто застосування для передпосівної інокуляції насіння мікробного препарату створює кращі умови для формування симбіотичного апарату, а саме маси бульбочок (рис. 2).



НІР₀₅ для 2014 р. – 4,512 НІР₀₅ для 2015 р. – 2,899

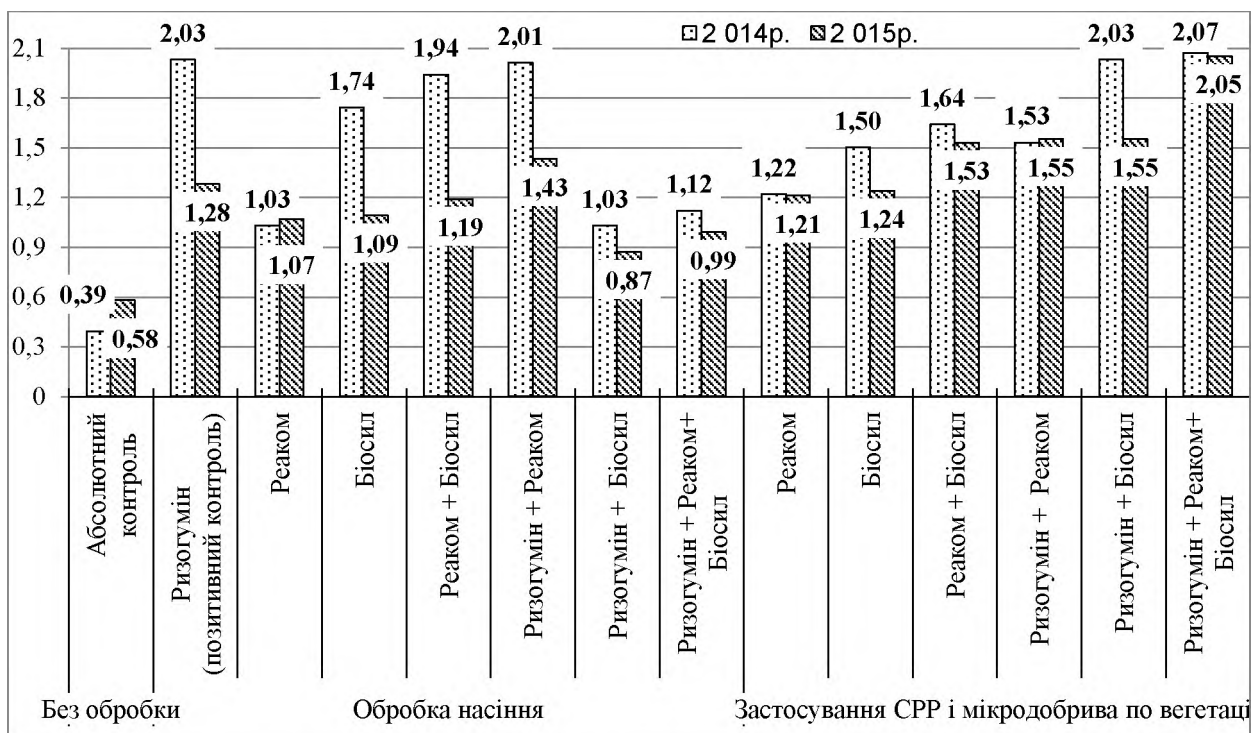
Рис. 2. Вплив досліджуваних препаратів на масу бульбочок, мг/рослину

Стимулятор росту та мікродобриво, як при окремому, так і при поєднаному їх застосуванні у фазу бутонізації бактеризованих рослин сприяли статистично достовірному збільшенню маси бульбочок порівняно з варіантом, де проводили інокуляцію насіння в чистому вигляді. Більш контрастну ситуацію за даним показником відмічено при передпосівній обробці насіння мікробним препаратом у комплексі з мікродобривом.

Азотфіксувальна активність симбіотичних систем, сформована *Bradyrhizobium japonicum*, була достовірно вища показників абсолютного контролю (рис. 3).

Не встановлено позитивного впливу мікродобрива як при обробці насіння так і за використання його для обприскування вегетуючих рослин.

Відмічено високу позитивну дію і статистично достовірне збільшення, активності азотфіксації, при використанні ФАР по вегетації рослин на фоні бактеризованого насіння, як при окремому, так і при комплексному їх застосуванні. При цьому, крім розбавлення сумарної концентрації стимулювальних речовин у часі, їхня дія буде спрямованою на активізацію діяльності рослинно-бактеріального симбіозу, які сформовані за участю активних штамів мікроорганізмів.



НІР 05 для 2014 р. – 0,841 НІР 05 для 2015 р. – 0,127

Рис. 3. Симбіотична активність азотфіксації за дії Ризогуміну, мікродобрива та стимулятора росту рослин, мкмоль C_2H_4 /рослину/годину

Суттєво активізувався процес азотфіксації при суміщенні інокуляції насіння з мікродобривом та у варіанті з обробкою рослин мікродобривом і

стимулятором росту в комплексі, проте даний факт не можна назвати стабільним.

Величина врожайності сільськогосподарських культур відображає та інтегрує дію і взаємодію всіх факторів, що впливають на рослину в процесі їх росту і розвитку.

Порівняння ефективності мікробного препарату, стимулятора росту, мікродобрива при різних способах їх застосування показало, що за цим показником інокуляція насіння суттєво переважала абсолютний контроль про що свідчить достовірні різниця врожаю сої між цими варіантами досліду (табл. 1).

1. Вплив мікробного препарату, мікродобрива та стимулятора росту рослин на врожайність сої, т/га

№ п/п	Варіанти	Урожайність, т/га				
		роки		середнє	± до абсолютного контролю	± до позитивного контролю
		2014	2015			
<i>Без обробки препаратами</i>						
1	Контроль (абсолютний контроль)	2,75	1,21	1,98	К	-0,37
<i>Обробка насіння</i>						
2	Ризогумін (позитивний контроль)	3,22	1,48	2,35	0,37	К
3	Мікроелементи Реаком	3,07	1,51	2,29	0,31	-0,06
4	Стимулятор росту рослин (СРР) Біосил	3,03	1,51	2,27	0,29	-0,08
5	Мікроелементи Реаком + СРР Біосил	3,15	1,48	2,32	0,335	-0,035
6	Ризогумін + мікроелементи Реаком	3,29	1,54	2,42	0,435	0,065
7	Ризогумін + СРР Біосил	2,93	1,38	2,16	0,175	-0,195
8	Ризогумін + мікроелементи Реаком + СРР Біосил	2,88	1,32	2,10	0,12	-0,25
<i>Застосування СРР і мікроелементів по вегетації</i>						
9	Мікроелементи Реаком	3,1	1,39	2,25	0,265	-0,105
10	Стимулятор росту рослин (СРР) Біосил	2,94	1,41	2,18	0,195	-0,175
11	Мікроелементи Реаком + СРР Біосил	2,96	1,46	2,21	0,23	-0,14
12	Ризогумін* + мікроелементи Реаком	3,36	1,55	2,46	0,475	0,105
13	Ризогумін* + СРР Біосил	3,32	1,52	2,42	0,4	0,1
14	Ризогумін* + мікродобриво Реаком + СРР Біосил	3,41	1,57	2,49	0,51	0,14
НІР 05		0,189	0,558			

Примітка. * застосування для передпосівної обробки насіння

Поліпшення ефективності мікробного препарату шляхом додавання до нього мікродобрива сприяло збільшенню урожайності сої на 20 %, а

додавання до бактеризованого насіння обробки рослин по вегетації фізіологічно активними речовинами – на 21—24 %. Достовірному підвищенню даного показника сприяли практично всі препарати, за виключенням обробки насіння стимулятором росту в поєднанні з мікробним препаратом та при комплексному їх застосування з мікродобривом. За таких обробок було отримано найменші прирости врожайності, а саме 0,18 та 0,13 т/га при 2,75 т/га в абсолютному контролі.

Слід відмітити, що застосування стимулятора росту як окремо, так і в комплексі з мікродобривом для обробки рослин також підвищувало урожайність сої, але помітно слабше і мали менші прирости врожайності ніж при їх застосуванні для обробки насіння. Суттєвої різниці в даному показнику при застосуванні мікродобрива для обробки насіння і рослин не виявлено.

По відношенню до позитивного контролю спостерігалася тенденція до збільшення врожайності, але достовірне перевищення відмічене лише при обробці насіння мікробним препаратом з наступною обробкою рослин по вегетації фізіологічно активними речовинами в комплексі.

Через несприятливі погодні умови 2015 року врожайність сої була порівняно невисокою (в середньому 1,45 т/га), однак нами зафіксовано збільшення її від 9 до 30 % залежно від досліджуваних препаратів. Більший вплив на зростання врожайності відмічено при обробці рослин фізіологічно активними речовинами в комплексі на фоні передпосівної інокуляції насіння. Близькими до максимальної врожайності в досліді були варіанти з інокуляцією насіння і додаванням мікродобрива як для обробки насіння, так і для обробки рослин, де врожайність склала, відповідно, 1,55 та 1,54 т/га.

Усереднення отриманих показників урожайності культури свідчить про перспективність застосування Ризогуміну для передпосівної бактеризації, поєднання його з мікродобривом, а також роз'єднаного використання мікродобрива як окремо, так і в комплексі з стимулятором росту по вегетації бактеризованих рослин.

При сумісному застосуванні стимулятора росту та інокуляції насіння сумарного ефекту не спостерігалось. Навпаки, відмічено зниження показників відносно варіантів з бактеризацією рослин та використанням стимулятора, застосованих окремо. Підтвердженням є наші численні попередні спостереження відносно відсутності синергічного ефекту від одночасного поєднання стимулятора та бактеризації. На нашу думку, це можна пояснити підвищеною концентрацією стимуляторів росту рослин, оскільки бактеріальний препарат містить і фітогормони бактеріального походження.

Встановлено, що застосування мікробного препарату, стимулятора росту рослин та мікродобрива визначало не тільки рівень врожаю, але і підвищення його якості (табл. 2).

Найвищий вміст білка та олії було зафіксовано у варіанті із передпосівною обробкою насіння мікробним препаратом. Але стимулятор

росту і мікродобриво та їх композиційні поєднання також сприяли підвищенню якості насіння. Найкращою комбінацією при цьому виявились варіанти з обробкою вегетуючих рослин мікродобривом і стимулятором росту рослин з попередньою бактеризацією насіння.

2. Біохімічний склад зерна сої залежно від впливу мікробного препарату, мікродобрива та стимулятора росту рослин

№ п/п	Варіанти	Вміст білка, %		Середнє	Вміст олії, %		Середнє
		2014 р.	2015 р.		2014 р.	2015 р.	
<i>Без обробки препаратами</i>							
1	Контроль	34,8	32,9	33,8	20,0	17,7	18,8
<i>Обробка протруєного насіння</i>							
2	Ризогумін	35,8	34,3	35,0	21,2	18,7	19,9
3	Мікроелементи Реаком	35,4	33,9	34,6	20,9	18,5	19,7
4	Стимулятор росту рослин (СРР) Біосил	35,0	33,7	34,4	20,9	18,5	19,7
5	Мікроелементи Реаком + СРР Біосил	35,6	34,1	34,8	20,9	18,0	19,4
6	Ризогумін + мікроелементи Реаком	36,3	34,9	35,6	21,4	19,0	20,2
7	Ризогумін + СРР Біосил	35,1	33,3	34,2	20,3	17,3	18,8
8	Ризогумін + мікроелементи Реаком + СРР Біосил	34,4	33,3	33,8	20,4	18,0	19,2
<i>Застосування СРР і мікроелементів по вегетації</i>							
9	Мікроелементи Реаком	34,4	34,0	34,2	20,3	18,1	19,2
10	Стимулятор росту рослин (СРР) Біосил	34,9	33,3	34,1	21,0	18,2	19,6
11	Мікроелементи Реаком + СРР Біосил	35,2	33,9	34,5	20,6	18,1	19,4
12	Ризогумін* + мікроелементи Реаком	36,1	35,0	35,5	21,4	18,7	20,0
13	Ризогумін* + СРР Біосил	36,8	34,8	35,8	21,6	18,6	20,1
14	Ризогумін* + мікроелементи Реаком + СРР Біосил	36,4	34,9	35,6	21,6	19,3	20,4
НІР 05		0,33	2,51		1,87	2,06	

Примітка. * застосування для передпосівної обробки насіння

Застосування комплексу препаратів Ризогуміну сумісно з мікродобривом забезпечило отримання продукції з якістю практично такого самого рівня, як і у зазначених вище варіантах. Показники вмісту білка та олії при обробці насіння стимулятором росту в поєднанні з інокуляцією насіння були на рівні контрольного варіанта, а інколи спостерігалось навіть їх зменшення.

Висновки. Отримані результати свідчать, що застосування біопрепарату на основі активного штаму бульбочкових бактерій сої (Ризогуміну) повинно бути обов'язковим агроприйомом. Ці вимоги обумовлені здатністю сої до формування активних азотфіксуючих

симбіозів за умови присутності в зоні проростаючого насіння специфічних бульбочкових бактерій.

Застосування мікродобрива і стимулятора росту для обробки насіння поступалося за ефективністю передпосівній бактеризації. Застосування інокулянта для бактеризації насіння сої сорту КиВін в поєднанні з стимулятором росту Біосил і мікродобривом Реаком для обробки вегетуючих рослин сприяло зростанню кількості бульбочок, їх біомаси, нітрогеназної активності азотфіксувальних бактерій та підвищенню врожаю і якості зерна порівняно до абсолютного та позитивного контролів.

Бібліографічний список

1. *Основи технології вирощування сої*. Михайлов В. Г., Стрихар А. Е., Щербина О. З., Черненко Є. В. / За ред. В. Г. Михайлова. – К.: ВП “Едельвейс”, 2012. – 24 с.

2. *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.

3. *Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні* / В. Ф. Петриченко // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 6. – С. 24–27.

4. *Огурцов Є. М. Урожайність сої залежно від застосування біологічних препаратів* // Є. М. Огурцов, В. Г. Міхеев // Вісник Харківського НАУ (Сер. «Рослинництво, селекція і насінництво, овочівництво»). – Харків, 2008. – № 5. – С. 59–62.

5. *Кулик М. Ф. До питання біологічно активних речовин сої* / М. Ф. Кулик, О. В. Жмудь, А. О. Бабич [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 10. – С. 28–33.

6. *Вплив регуляторів росту на насінневу продуктивність гороху і сої* / Маткевич А. П., Пернак Ю. Я., Тарасова О. І., Рудак Ю. О. // Матер. третьої Всеукр. конф. “Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі”. – Вінниця, 2000. – С. 38–39.

7. *Підвищення насінневої 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. ISSN 1997-3004 Сільськогосподарська мікробіологія, 2013, Вип. 18.

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

9. *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.

Надійшла до редколегії 04. 07. 2016 року

Рецензенти: Л. П. Музика, В. І. Оничко, кандидати сільськогосподарських наук