

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НІТРАГІНУ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ

**Леонова Н.О., Титова Л.В., Танцюренко О.В.,
Антипчук А.Ф., Іутинська Г.О.**

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ,
вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна

*Бактеризація сої високоефективним виробничим штамом *Bradyrhizobium japonicum* 71m (УКМ В-6035) сприяє формуванню активного нодуляційного апарату, збільшенню збору протеїну за рахунок підвищення рівня активності азотфіксації. Застосування регуляторів росту рослин сумісно з нітрагіном потребує урахування сортових особливостей макросимбіонта і специфіки дії цих препаратів.*

Ключові слова: *нітрагін, регулятори росту рослин, соя (*Glycine max* L. (Merr.)), ефективність симбіозу, збір сирого протеїну, флавоноїдні сполуки.*

Одним із важливих агротехнічних заходів для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є застосування мікробних препаратів, а також регуляторів росту рослин (РРР). Ці препарати екологічно безпечні, сприяють інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів у рослин, підвищують їхню стійкість до захворювань і позитивно впливають на стан мікробного угруповання ґрунтів [1]. За даними деяких авторів, застосування рістрегуляторів на посівах гороху, люцерни, конюшини, ячменю і злакових кормових трав сприяє значному підвищенню активності симбіотичної та асоціативної азотфіксації [2-5]. Проте, судячи з даних літератури, до нинішнього часу залишається дискусійним питання про доцільність поєднання інокуляції з обробкою РРР.

Враховуючи важливу роль сої як джерела харчового та кормового білка, а також чинника, здатного покращувати екологічний стан ґрунтів, метою роботи було дослідити особливості функціонування симбіотичного апарату у рослин сої та її продуктивність за дії нітрагіну і вітчизняних РРР.

Матеріали й методи. В дослідях використовувалась рідка форма нітрагіну на основі високоефективного виробничого штаму

бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 71т селекції відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ (депонований в Українській колекції мікроорганізмів під номером В-6035).

При проведенні польових досліджень використовували сою *Glycine max L. (Merr.)* сортів Київська 98 (ранньостиглий) і Київська 27 (середньоранній), рекомендованих для вирощування в зоні Північного Лісостепу і Полісся України; регулятори росту рослин: емістим С – комплекс рiстстимулювальних речовин, ненасичених жирних кислот, вуглеводiв, амінокислот, що синтезуються мікроміцетом *Cylindrocarpon magnusiannum* та мікроелементiв; синтетичний РРР івін – N-оксид 2,6-диметилпіридин; агростимулін – комплексний препарат, який складається з 97 % емістиму С та 3 % івіну; еней – композиційний препарат на основі емістиму С та мікроелементiв [6]. Зазначені РРР розроблені в Інституті біоорганічної хімії і нафтохімії НАН України у Міжвідомчому науково-технологічному центрі “Агробіотех” НАН і МОН України.

Польові досліді проводили впродовж 2001-2002 років на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому на лесовидному суглинковому ґрунті (Київська область). Азотні добрива не вносили, застосовували фосфорні та калійні добрива з розрахунку 60 кг діючої речовини на гектар.

Для бактеризації насіння сої використовували нітрагін на основі *B. japonicum* 71т. Бактерії вирощували протягом 72 годин на рідкому середовищі Райта [7]. Густина суспензії ризобій для інокуляції насіння становила 1 млрд кл./мл. Обробку проводили з урахуванням інокуляційного навантаження – $2,5-3,5 \cdot 10^6$ клітин на 1 насінину [8]. Концентрація всіх РРР відповідала рекомендованим нормам їх застосування у рослинництві: івін – 10 г/т насіння, агростимулін та еней – 10 мл/т насіння, емістим С – 15 мл/т насіння [9].

Рослини для аналізу відбирали у фази бутонізації-початку цвітіння та стиглості бобів. Оцінювали такі показники: кількість та масу бульбочок на коренях рослин, площу листової поверхні, масу сухих рослин – за загально прийнятими методиками. Вміст хлорофілів ($a+b$) у листі рослин визначали спектрофотометричним методом [10], азотфіксувальну активність бульбочок – ацетилен-редуктазним методом [11]. Для визначення загального вмісту

азоту в зеленій масі використовували метод К'ельдаля [12]. При перерахунку вмісту азоту на “сирий” протеїн використовували коефіцієнт 6,25. У фазу стиглості бобів проводили облік урожайності та визначали якість зерна. Визначення вмісту протеїну та жиру в зерні сої проводили методом інфрачервоної спектроскопії на інфрачервоному аналізаторі NIR Systems 4500 (Швеція) в ННЦ “Інститут землеробства УААН”. За показниками урожайності та вмісту протеїну у насінні сої для кожного варіанту розраховували збір сирого протеїну з 1 га. Вміст флавоноїдів у листі і насінні сої визначали спектрофотометрично (Beckman DU-8, США) [13]. Для розрахунку найменшої істотної різниці (НІР) використовували статистичні методи [14]. Повторність експериментів була 3-5-кратною.

Результати та їх обговорення. Результати польових досліджень засвідчили наявність сортової чутливості рослин сої до дії досліджуваних РРР (табл. 1). Інокуляція високоефективним виробничим штамом бульбочкових бактерій сприяла збільшенню, порівняно з показниками контролю, нодуляційної та азотфіксувальної активності у рослин обох сортів. Так, кількість бульбочок на коренях сої сорту Київська 98 зростала у 27 разів, а у рослин сорту Київська 27 – у 1,4 раза, маса бульбочок збільшувалась у 19 та 2,5 раза, нітрогеназна активність – відповідно у 20 та 4,5 раза. Використання РРР на фоні нітрагінізації *B. japonicum* 71т показало, що порівняно з інокуляцією у дослідях з соєю Київська 98 органогенез бульбочок підсилювали тільки емістим С (на 16 %) та агростимулін (на 14 %), при цьому азотфіксувальна активність не збільшувалась. У дослідях із соєю сорту Київська 27 ефект інокуляції виробничим штамом ризобій підсилювали еней та агростимулін. Еней сприяв збільшенню чисельності та маси бульбочок відповідно у 2,2 та 2,7 раза, нітрогеназної активності – в 1,5 раза порівняно з варіантом, де застосовувалась лише бактеризація. При обробці агростимуліном збільшувалась чисельність та маса бульбочок у 2,5 та 2,0 рази, відповідно, тоді як нітрогеназна активність при цьому знижувалась.

Отже, формування та функціонування нодуляційного апарату досліджуваних сортів сої визначались генотипом макросимбіонта, ступенем комплементарності сортів до гомологічних ризобій та природою РРР.

Оскільки застосовані нами препарати мають фітогормональну

активність, було важливо з'ясувати їх вплив на формування фотосинтетичного апарату та ріст рослин сої. Встановлено, що разом з нітрагінізацією використані нами РРР не сприяють збільшенню листкової поверхні бактеризованих рослин сої сорту Київська 98 (табл. 2). Тенденція до підвищення цього показника під впливом регуляторів росту спостерігалася лише у рослин сої сорту Київська 27 при обробці насіння енеєм на фоні бактеризації. Вміст хлорофілів, який є важливим показником функціональної активності рослин, за інокуляції *V. jarrowicum* 71т зростав на 14 % лише у рослин сорту Київська 98. У листках сої сорту Київська 27 він був більшим у варіанті з обробкою нітрагіном та енеєм, що на 51,0 % більше, ніж у варіанті застосування однієї бактеризації.

Таблиця 1. Вплив інокуляції *V. jarrowicum* 71т та обробки насіння регуляторами росту на формування та функціонування симбіотичного апарату у рослин сої

Варіанти обробки насіння	Середня кількість бульбочок на 10 рослинах, од.		Середня маса бульбочок на 1 рослину, мг		Азотфіксувальна активність, мкмоль C ₂ H ₄ на 1 рослину за годину	
	1	2	1	2	1	2
Контроль (без інокуляції і обробки РРР)	4	40	19,5	30,7	0	3,4±0,1
<i>V. jarrowicum</i> 71т	110	60	380,0	78,3	19,8±0,8	15,4±0,5
Івін + <i>V. jarrowicum</i> 71т	63	40	240,0	53,3	13,8±0,6	5,6±0,1
Емістим С + <i>V. jarrowicum</i> 71т	128	90	456,0	74,3	17,2±0,6	12,6±0,1
Еней + <i>V. jarrowicum</i> 71т	56	130	160,0	211,7	10,9±0,4	23,7±0,5
Агростимулін+ <i>V. jarrowicum</i> 71т	126	150	355,0	158,3	17,3±0,5	9,1±0,1

Примітка: для показників середньої кількості та маси бульбочок середньоквадратична похибка становить 5-7 %;
1 – сорт Київська 98, 2 – сорт Київська 27

На стадії бутонізації-початку цвітіння в усіх варіантах дослідів рослини обох сортів накопичували 12,4-18,8 ц/га фітомаси.

У рослинах сої сорту Київська 98 урожайність зеленої маси зростає порівняно з варіантом застосування однієї інокуляції лише у варіанті з агростимуліном, проте вона була меншою за контрольну величину. Зелена маса рослин сої сорту Київська 27 при інокуляції *V. jaronicum* 71т була на 18,4 % більшою, ніж у контролі. Незначне підвищення впливу інокуляції за цим показником спостерігали у варіанті з обробкою енеєм.

Таблиця 2. Вплив нітрагіну та регуляторів росту рослин на розвиток рослин сої

Варіанти обробки насіння	Площа листової поверхні, см ²		Вміст хлорофілів <i>a+b</i> , мг/л		Урожайність зеленої маси, ц/га	
	1	2	1	2	1	2
Контроль (без інокуляції і обробки РРР)	810,7	677,4	10,9	7,0	18,8	14,1
<i>V. jaronicum</i> 71т	639,5	934,6	12,4	5,5	15,9	16,7
Івін + <i>V. jaronicum</i> 71т	592,7	835,2	7,4	3,8	13,7	12,4
Емістим С + <i>V. jaronicum</i> 71т	440,9	878,5	12,2	6,5	15,2	15,4
Еней + <i>V. jaronicum</i> 71т	602,0	952,2	5,5	8,3	15,8	18,0
Агростимулін + <i>V. jaronicum</i> 71т	586,6	677,6	12,5	5,9	17,4	13,3
НІР ₀₅					0,24	0,37

1 – сорт Київська 98, 2 – сорт Київська 27

Вміст протеїну в зеленій масі обох сортів сої за бактеризації збільшувався на 1,8-3,1 % порівняно з контролем (рис. 1).

При застосуванні нітрагіну з івіном або емістимом С вміст протеїну в зеленій масі рослин сої сорту Київська 98 порівняно з інокульованими рослинами підвищувався на 2,2-3 %. В той же час у дослідях із сортом Київська 27 спостерігалось зменшення цього показника за сумісної дії досліджуваних факторів.

Встановлено (рис. 2), що івін сприяв найбільшому підвищенню збору зерна сої сорту Київська 98 за умови бактеризації (був на 2,6 ц/га більшим, ніж у варіанті із застосуванням інокуляції,

НІР05=0,28); достовірні прибавки урожайності зерна (1,4-1,5 ц/га) було одержано і у варіантах з обробкою емістимом С та агростимуліном. При застосуванні РРР зберігалася тенденція до підвищення урожайності зерна сої сорту Київська 27 у варіантах із сумісним застосуванням бактеризації та івіну або емістиму С.

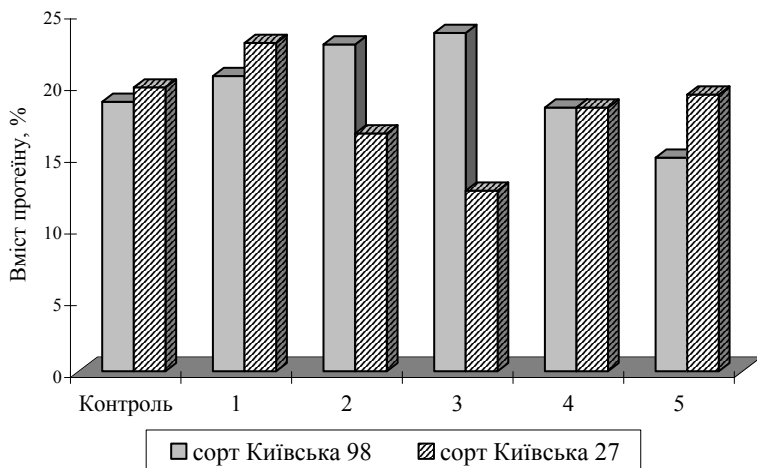


Рис. 1. Вміст протеїну у зеленій масі рослин сої за дії нітрагіну та регуляторів росту

- 1 – *V. jaronicum* 71т; 2 – івін + *V. jaronicum* 71т;
 3 – емістим С + *V. jaronicum* 71т;
 4 – еней + *V. jaronicum* 71т;
 5 – агростимулін + *V. jaronicum* 71т.

Результати вивчення впливу інокуляції та регуляторів росту рослин на якість зерна сої показали, що при бактеризації ефективним штамом ризобій вміст протеїну у зерні сорту Київська 98 був вищим, ніж у контролі на 2,6 % (табл. 3). Обробка РРР на фоні інокуляції *V. jaronicum* 71т не приводила до достовірного підвищення вмісту протеїну у насінні. Інокуляція ефективним штамом не сприяла підвищенню вмісту протеїну в зерні сої сорту Київська 27, проте при сумісній обробці *V. jaronicum* 71т з івіном, емістимом С або агростимуліном спостерігалася збільшення вмісту протеїну у зерні на 3,0-3,6 % порівняно з однією лише інокуляцією.

Вміст жиру – важливий показник якості насіння сої, що є зерно кормовою культурою. Інокуляція сприяла збільшенню цього

показника у сорту Київська 98 майже на 3 % порівняно з контролем, а обробка насіння PPP сумісно з нітрагіном достовірно збільшувала його у всіх варіантах досліду. Бактеризація насіння сорту Київська 27 високоефективним штамом теж приводила до підвищення вмісту жиру (на 1,7 %), проте після сумісної обробки з PPP тільки у варіанті з івіном він був на 0,8 % вищим, ніж у варіанті з бактеризацією. Однак слід підкреслити, що у всіх варіантах дослідів уміст жиру у насінні сої обох сортів був вищим за контрольні величини.

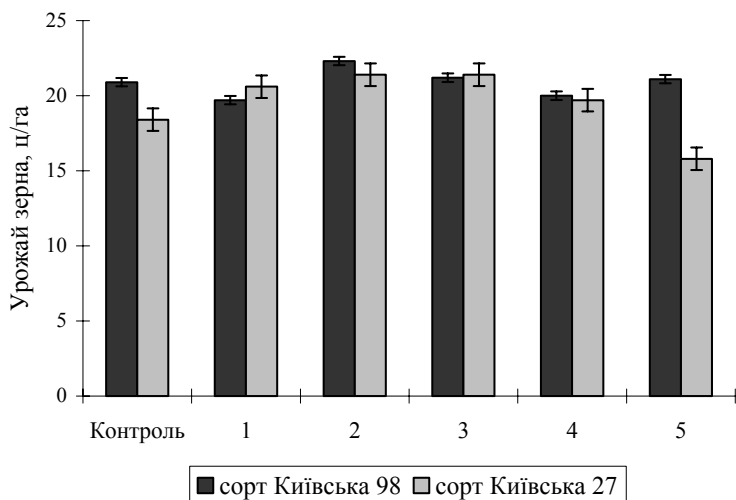


Рис. 2. Урожайність зерна сої за дії нітрагіну та регуляторів росту рослин

1 – *B. japonicum* 71т; 2 – івін + *B. japonicum* 71т;

3 – емістим С + *B. japonicum* 71т;

4 – еней + *B. japonicum* 71т;

5 – агростимулін + *B. japonicum* 71т.

Оцінюючи якість отриманого урожаю, цікаво було визначити, як впливають PPP на накопичення флавоноїдних сполук у листі та насінні рослин сої, оскільки відомо, що флавоноїди відіграють значну роль у формуванні імунітету рослин, є сигнальними молекулами в діалозі між партнерами симбіозу [15] і все ширше використовуються як антиоксиданти у фармацевтичній та косметичній промисловості [16].

Таблиця 3. Вплив нітрагіну та регуляторів росту рослин на якість зерна сої

Варіанти обробки насіння	Вміст протеїну в зерні, у % на повітряно суху речовину		Вміст жиру в зерні, у % на повітряно суху речовину	
	Київська 98	Київська 27	Київська 98	Київська 27
Контроль (без інокуляції і обробки РРР)	37,05±0,03	39,48±0,03	18,20±0,04	19,42±0,05
<i>V. japonicum</i> 71т	39,64±0,03	37,91±0,02	21,15±0,06	21,07±0,05
Івін + <i>V. japonicum</i> 71т	38,93±0,02	41,00±0,03	21,74±0,06	21,89±0,05
Емістим С + <i>V. japonicum</i> 71т	39,85±0,03	41,12±0,01	21,39±0,04	21,04±0,06
Еней + <i>V. japonicum</i> 71т	39,14±0,05	37,74±0,03	21,47±0,04	20,63±0,06
Агростимулін + <i>V. japonicum</i> 71т	39,66±0,03	41,50±0,01	21,30±0,07	20,86±0,07

Аналіз вмісту флавоноїдних сполук у листі сої ранньостиглого сорту Київська 98 в фазі бутонізації – початку цвітіння показав, що вміст цих сполук збільшувався лише при застосуванні івіну та енею на фоні інокуляції виробничим штамом (табл. 4). Різниця з показниками контролю становила відповідно 13 та 17 %. У листі сої середньораннього сорту Київська 27 цей показник збільшувався при використанні всіх досліджених РРР на фоні інокуляції виробничим штамом. Сумісне застосування нітрагіну та івіну або агростимуліну сприяло збільшенню загального вмісту флавоноїдних сполук у насінні сої сорту Київська 98 відповідно на 31 та 20 %. Той факт, що досліджувані препарати здатні підвищувати вміст флавоноїдів у рослинах сої, може становити інтерес для фармацевтичної промисловості.

Таблиця 4. Вплив інокуляції *V. жарописит* 71т та регуляторів росту рослин на вміст флавоноїдних сполук у листі та насінні сої

Варіант досліду	Вміст флавоноїдних сполук, у % до контролю			
	у листі		у насінні	
	Київська 98	Київська 27	Київська 98	Київська 27
Івін + <i>V. жарописит</i> 71т	113,4	110,0	130,7	85,0
Емістим С + <i>V. жарописит</i> 71т	53,4	117,4	102,8	91,5
Еней + <i>V. жарописит</i> 71т	116,6	132,9	108,7	91,0
Агростимулін + <i>V. жарописит</i> 71т	57,4	126,0	120,2	108,0

Примітка: середньоквадратична похибка не перевищувала 5,0 %.

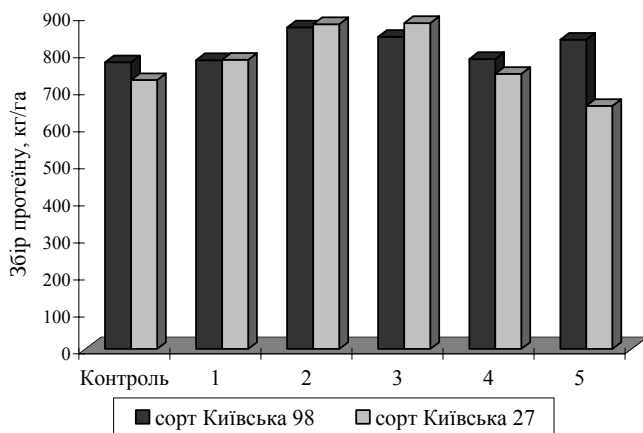


Рис. 3. Збір протеїну з 1 га за дії нітрагіну та регуляторів росту рослин

- 1 – *V. жарописит* 71т; 2 – івін + *V. жарописит* 71т;
 3 – емістим С + *V. жарописит* 71т;
 4 – еней + *V. жарописит* 71т;
 5 – агростимулін + *V. жарописит* 71т.

Відомо, що інтегральним показником ефективності вирощування бобових культур є збір протеїну з 1 га. Як видно з наведених на рис. 3 даних, інокуляція насіння обох сортів сої

сприяла збільшенню збору протеїну зерна. При застосуванні всіх досліджених РРР інокуляція зумовлювала збільшення цього параметра стосовно сорту сої Київська 98, причому за дії івіну, емістиму С або агростимуліну збір протеїну зростав на 55-88 кг/га.

Сумісне застосування штама-інокулянта та івіну або емістиму С при вирощуванні сої сорту Київська 27 сприяло збільшенню збору протеїна порівняно з контролем на 96-100 кг/га. При цьому було зареєстровано посилення ефекту інокуляції більше, ніж на 10 %.

Таким чином, у польових дослідах, проведених на сортах сої Київська 98 та Київська 27, показано, що інокуляція насіння високоефективним штамом *B. japonicum* 71т (УКМ В-6035) сприяє формуванню активного симбіотичного апарату, підвищенню вмісту протеїну в зеленій масі та збільшенню збору протеїну з гектара. Доцільність поєднання обробки насіння нітрагіном та РРР при вирощуванні сої визначається сортовими особливостями макросимбіонта та специфікою дії препаратів.

1. Андреюк К.І., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф. та ін. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. – К.: Обереги, 2001. – 237 с.

2. Fei H., Vessey J.K. Involvement of cytokinin in the stimulation of nodulation by low concentrations of ammonium in *Pisum sativum* // *Physiol. Plant.* – 2003. – Vol. 118, № 3. – P. 447-455.

3. Волкогон В.В. Влияние стимуляторов роста растений на активность процесса ассоциативной азотфиксации // *Мікробіол. журн.* – 1997. – Т. 59, № 4. – С. 70-78.

4. Дульнев П.Г., Донченко П.А. Поиск перспективных физиологически активных соединений, повышающих азотфиксирующую активность микроорганизмов и продуктивность сельскохозяйственных культур // *Елементи регуляції в рослинництві.* – К.: Компас, 1998. – С. 25-31.

5. Біологічний азот / Патики В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. – К.: Світ, 2003. – 424 с.

6. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений. – К., 2003. – 319с.

7. Пат. 3324 УА, МКИ С1 С05 F 11/08, С 12 N 1/20. Штам бактерій *Bradyrhizobium japonicum* для одержання добрив під сою / Н.М. Скочинська, А.Ф. Антипчук, В.М. Рангелова, Р.М. Канцелярук, О.В. Танцюренко. – 1994. – Бюл. № 6.

8. Спайнк Г., Кондорози А., Хукас П. *Rhizobiaceae*. Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями / Под ред.

И.А. Тихоновича, Н.А. Проворова. – С.-Пб, 2002. – 568 с.

9. Анишин Л.А., Жилкин В.О., Пономаренко С.П. Рекомендации по применению регуляторов роста растений в сельскохозяйственном производстве Украины: Методическое пособие. – К.: МНТЦ “Агробиотех”, 2001. – 19 с.

10. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154-170.

11. Hardy R., Holsten R., Jackson E. The acetilene-etylene assay for N fixation: laboratory and field evaluation // Plant Physiol. – 1968. – Vol. 43, № 6. – P. 1185-1207.

12. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. – М.: Колос, 1968. – 496 с.

13. Фитохимический анализ лекарственного сырья. – С-Пб: Изд-во С-Пб. хим.-фарм. академии, 1988. – С. 33-34.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

15. Ковалев В.Н., Ковалева А.М. Общая характеристика флавоноидов. Лекарственные растения и сырье, содержащие флавоноидные соединения. – Харьков, 1994. – 65 с.

16. Георгиевский В.П., Комисаренко Н.Ф. Биологически активные вещества лекарственных растений. – Новосибирск, 1990. – 327 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НИТРАГИНА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ

Леонова Н.О., Титова Л.В., Танцюренко Е.В., Антипчук А.Ф., Иутинская Г.А.

Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАНУ, г. Киев

*Бактеризация сои высокоэффективным производственным штаммом *Bradyrhizobium japonicum* 71m (УКМ В-6035) способствует формированию активного нодуляционного аппарата, увеличению сбора протеина за счет повышения уровня азотфиксации. Применение регуляторов роста растений совместно с нитрагином требует учета сортовых особенностей макросимбионта и специфики действия этих препаратов.*

Ключевые слова: нитрагин, регуляторы роста растений, соя, эффективность симбиоза, сбор сырого протеина, флавоноидные соединения.

THE EFFICIENCY OF NITRAGIN AND PLANT GROWTH REGULATORS USE IN SOYBEAN GROWING

Leonova N.O., Titova L.V., Tantsyurenko E.V., Antipchuk A.F., Iutinskaya G.O.

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine, Kyiv

The inoculation and plant growth regulators have been studied for their effect on the symbiotic nitrogen fixation and productivity of soybean in the field experiments.

*It was shown that nitriginisation with the high efficient strain *B. japonicum* 71m (UCM B-6035) promotes active rhizobium-soybean nodulation system, and crude protein yield increasing as the result of the symbiosis efficiency. The combined use of Nitragin and plant growth regulators requires attention to both cultivar peculiarities of macrosymbionts and specific action of these preparations.*

Key words: nitragin, plant growth regulators, soybean, symbiosis efficiency, crude protein yield, flavonoids.