

УДК 633.34:632.983.3

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГЕННИХ МЕТАЛІВ ТА БІОАКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ

**С.М. Каленська, доктор сільськогосподарських наук,
професор, член-кор. НААН України**
К.Г. Лопатько, кандидат технічних наук
Н.В. Новицька, кандидат сільськогосподарських наук
Д.В. Андрієць, аспірант*, С.Ю. Ішлер, магістр

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Наведено результати досліджень впливу нанорозмірних біогенних металів та біологічно активних препаратів на формування структури врожаю та біологічної врожайності сої на чорноземі типовому. Встановлено, що рослини сої формують вищу урожайність за умови передпосівної обробки насіння розчинами наночастинок металів і вона становить відповідно при концентрації розчину 120 мг/л – 2,44 т/га та 2,46 т/га при концентрації розчину 240 мг/л у сорту Аннушка і 2,34 т/га та 2,39 т/га у сорту Устя.

Glycine hispida Maxim., розчин наночастинок металів, ризогумін, хетомік, структура врожаю, маса 1000 насінин, урожайність.

Постановка питання і огляд літератури. В останнє десятиріччя в Україні спостерігається підвищений інтерес до вирощування сої, а також явна тенденція до збільшення площ її посіву. Однак при цьому слід констатувати досить низький рівень її врожайності (1,4-1,5 т/га), де реалізація генетичного потенціалу продуктивності сучасних сортів у виробничих умовах становить лише 50 % і менше. Тому, серед цілої низки заходів, спрямованих на реалізацію генетичного потенціалу сучасних сортів сої інтенсивного типу, на особливу увагу заслуговує передпосівна підготовка насіння до сівби. Встановлено, що у структурі витрат на вирощування сої частка посівного матеріалу становить 10-15 %, тому для одержання дружних, здорових сходів з подальшою високою азотфіксуючою здатністю посівів

* Науковий керівник – професор С.М. Каленська

якості насіння необхідно приділяти велику увагу, а також його передпосівній підготовці [2,4].

Важливою особливістю сої є її здатність до ендосимбіозу з азотфіксуючими суббактеріями – ризобіями. Завдяки азотфіксації, яка проходить у сформованих у симбіозі з ризобіями бульбочках, соя може значно або навіть повністю задовольняти свою потребу в азоті через симбіотрофне живлення. Це дає можливість вирощувати сою взагалі без внесення або з мінімальними дозами азотних добрив, які дорогі і екологічно небезпечні [5].

Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених аналізу фізіолого-біологічних механізмів фіксації молекулярного і азоту атмосфери бобовими, співвідношення симбіотичного і автотрофного азотного живлення не може вважатись достатньо вивченим. У сої відносна ефективність використання фіксованого азоту і азоту з мінеральних добрив суттєво залежить від сорту і умов вирощування рослин, тому врожайність від інокуляції в багатьох випадках може бути вищою, ніж від застосування азотних добрив. Таким чином, одним з важливих зовнішніх факторів, які впливають на утворення і розвиток корневих бульбочок сої та їх азотфіксуючу активність, є мінеральний азот, високий вміст якого у ґрунті призводить до затримки появи бульбочок і знижує інтенсивність азотфіксації, тоді як невеликі дози азоту її стимулюють [1,10].

За оптимальних умов симбіотичної азотфіксації, рослини сої можуть засвоювати до 150–190 кг/га біологічного азоту, що дає можливість поліпшити його баланс в ґрунтах сівозміни, зменшити обсяги використання мінерального азоту, суттєво підвищити врожайність та рентабельність. Поряд з цим, завдяки діяльності мікроорганізмів у ґрунті накопичується не лише азот, а й фосфор та калій в доступній формі, які засвоюються з глибших шарів ґрунту і материнської породи. Розроблені та впроваджені сучасні технології вирощування сої в Україні передбачають передпосівну інокуляцію

активними штамми бульбочкових бактерій, які надходять на ринок у вигляді біоактивних препаратів (ризоторфіну, ризобофіту, ризоаргіну та ін.) [7,13].

Особливо ефективна інокуляція на ґрунтах, не заражених активними соєвими расами мікроорганізмів роду *Rhizobium japonicum*. Утворення бульбочок у сої можливе і без передпосівної бактеризації. На полях тривалого вирощування сої формується аборигенна популяція бульбочкових бактерій, здатних спонтанно інфікувати корені молодих рослин, проте вони малоактивні і малоефективні, часто знижують активність виробничих штамів, унаслідок чого застосування бактеріальних препаратів може виявитись неефективним. Тому для кожного виду бобових культур виготовляють свій особливий препарат на основі специфічних бульбочкових бактерій. В разі використання невідповідного штаму, його дія не проявляється, оскільки він не може утворити бульбочки на нечутливій бобовій рослині. Тобто в інтенсивній технології вирощування сої необхідно використовувати тільки високоефективні та конкурентоспроможні штамми бульбочкових бактерій, специфічні для цієї культури [10,15].

Надзвичайно актуальним в останні роки є питання практичного застосування наноматеріалів і нанотехнологій у всіх галузях сільського господарства. Ефект від застосування в рослинництві нанопрепаратів досягається завдяки активнішому проникненню мікроелементів у рослину за рахунок малого розміру частинок і їх нейтрального (у електрохімічному сенсі) статусу [16]. Вони впливають на біологічні об'єкти на клітинному рівні, вносячи свою надлишкову енергію, що сприяє підвищенню ефективності проходження обмінних процесів у рослинах, а також, беручи участь у формуванні мікроелементного балансу, тобто є біоактивними [14]. Нанопрепарати таких металів як залізо, цинк і мідь, на відміну від їх солей, потенційно менш токсичні. Вони витрачаються поступово, за необхідності генерують іони та електрони, швидко включаються в біохімічні реакції в момент утворення. Таким чином, досягається пролонгуючий ефект живлення рослин з величезної питомої поверхні (сотні квадратних метрів на 1 грам

речовини), що містить безліч джерел, оточених оболонкою іонів. Препарати вносяться в мікродозах і не забруднюють навколишнє середовище [3,11].

Мета досліджень – визначити особливості формування продуктивності сої залежно від передпосівної обробки насіння біологічно активними препаратами та препаратами нанорозмірних біогенних металів.

Матеріал і методика досліджень. Польові дослідження з вирощування сої проводили на полях кафедри рослинництва у ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний. Агрохімічні показники шару ґрунту 0-30 см такі: гумус за Тюрнімом – 4,38-4,53 %; рН (сольове) – 6,8-7,3; ємність поглинання 30,7–32,5 мг-екв. на 100 г ґрунту. У шарі ґрунту 0-20 см загального азоту містилося 0,27–0,31%, фосфору – 0,15-0,25 %, калію – 2,3–2,5 % [8].

Агротехніка вирощування сої загальноприйнята для північного Лісостепу. Насіння висівали при температурі ґрунту на глибині загортання насіння 10–12 °С овочевою сівалкою СОН-4,2. Загальна площа елементарної ділянки – 84 м², облікової – 52,8 м². Повторність досліду чотириразова. Під передпосівну культивуацію вносили мінеральні добрива з розрахунку N₃₀P₃₀K₃₀. Норма висіву сої – 700 тис. насінин на 1 га. Для боротьби з бур’янами проводили досходові боронування та застосовували суміш гербіцидів арамо (1,0 л/га) і базагран (2,0 л/га).

Дослід був двофакторним: фактор А – рекомендовані для зони Лісостепу сорти сої: ультраранній Аннушка (ПП «Наукова селекційно-насінницька фірма «Соевий вік», м. Кіровоград) та ранньостиглий Устя (ННЦ Інститут землеробства НААН, смт. Чабани); фактор Б – інокуляція насіння біоактивними препаратами Інституту сільськогосподарської мікробіології НААН з розрахунку 200 г препарату на 1,2 л води і на одну гектарну норму насіння за 2 дні до сівби [15]: 1) ризогумін, 2) хетомік, 3) ризогумін+хетомік та обробка насіння запатентованим (патент України на корисну модель №38459) маточним колоїдним розчином комплексу (Fe, Mn, Mo, Co, Cu, Zn, Ag) наночастинок металів одинарної (120 мг/л) та подвійної (240 мг/л)

концентрації [12]. Обробку насіння сої розчином біогенних металів проводили з розрахунку 1 л робочого розчину на 1 тону насіння попереднім замочуванням його за добу до сівби.

Програмою досліджень передбачені фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин сої, оцінка структури врожаю та біологічної врожайності. Фенологічні спостереження проводились за описом етапів органогенезу та фенологічних фаз росту і розвитку рослин. Початок фази росту рослин фіксували при настанні фази не менше як у 10 % рослин, повну фазу при наявності її у 75 % рослин кожного варіанту. Густання рослин визначали два рази за вегетацію на фіксованих площадках: при повній появі сходів і у фазу повної стиглості. Висоту рослин вимірювали при настанні кожної фази росту. Для цього використовували мірну лінійку, об'єм вибірки складав 50 рослин, що відбиралися в різних місцях по діагоналі облікової площі. Відбір та аналіз рослин за елементами структури урожаю – за Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Облік урожаю проводили – методом прямого збирання комбайном “Сампо 130” і зважуванням з кожної ділянки і вручну – методом “пробного снопа”. Математичну обробку результатів проводили методом дисперсійного та кореляційного аналізу та статистичної оцінки середніх відповідно до методики Б.А.Доспехова. Отримані дані аналізувалися за методами математичної статистики на персональному комп'ютері з використанням програмного пакету «Statistica-6» [6,9].

Результати досліджень. Критерієм оцінки ефективності процесів фотосинтезу, біологічної фіксації азоту та формування продуктивності рослин сої є показники індивідуальної продуктивності рослин та величина врожайності зерна. Біометричні дослідження показали, що складові структури врожаю залежать як від генетичного потенціалу сортів, так і від гідротермічних умов, в яких вони його реалізували, а також факторів, які вивчалися. Порівнюючи результати впливу нанорозмірних біогенних металів і біологічно активних препаратів на формування структури врожаю та

біологічної врожайності сої на чорноземі типовому, встановлено вищий вплив наночастинок металів на реалізацію потенціалу продуктивності досліджуваних сортів сої.

Так, серед досліджуваних варіантів обробки насіння сої досить суттєво впливала на зростання висоти рослин обробка насіння розчином наночастинок металів у концентрації 120 та 240 мг/л води (таблиця). Зокрема, висота рослин сої сорту Аннушка при обробці насіння розчином наночастинок металів у концентрації 120 мг/л у фазу повної стиглості становила 106,1 см, у концентрації 240 мг/л – 108,9 см, а при інокуляції біопрепаратами вона змінювалась від 96,7 до 98,8 см.

У сорту Устя відповідні показники досягали 76,9 і 79,1 см, а на варіантах з інокуляцією при 73,9 і 74,5 см. При цьому зростала і висота кріплення нижніх бобів, що має суттєве значення при механізованому збиранні культури. На варіантах з обробкою насіння розчинами наночастинок металів висота кріплення бобів від кореневої шийки була на рівні 13,7–13,8 см у сорту Аннушка і 12,1–12,2 см у сорту Устя. На варіантах з інокуляцією насіння нижні боби на рослинах сої закладалися на 0,2–0,6 см нижче у залежності від сорту.

При аналізі показників структури врожаю сої за різних варіантів передпосівної обробки насіння відзначили збільшення кількості бобів на рослинах. При цьому найкращі результати отримали за передпосівної обробки насіння розчинами наночастинок металів. За концентрації металів 120 мг/л у сорту Устя на рослині утворювалося 19,0 бобів, а за концентрації 240 мг/л у сорту Аннушка – 23,9 шт. Передпосівна обробка насіння розчинами наночастинок металів, як за концентрації робочого розчину 120 мг/л, так і за концентрації 240 мг/л, дозволила поліпшити порівняно з інокуляцією та контрольним варіантом також кількість плодоносних вузлів на рослинах сої та довжину бобів.

Обробка насіння розчинами наноелементів зумовлювала збільшення кількості насінин у стручку сорту сої Аннушка від 2,41 шт. на контролі до

2,48 шт. за обробки насіння розчином біогенних металів у концентрації 240 мг/л, а у сорту Устя відповідно 1,82 і 2,21 шт. насінин.

**Структура врожаю сортів сої залежно від передпосівної обробки
насіння, 2008-2010 рр.**

Варіант обробки насіння	Висота рослини, см	Висота кріплення нижніх бобів, см	Кількість плодоносних вузлів, шт.	Кількість бобів на рослині, шт.	Довжина бобів, см	Кількість насінин в бобі, шт.	Маса насіння з однієї рослини	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
Сорт Аннушка									
Контроль	98,2	13,0	10,7	20,6	4,1	2,41	5,8	121,0	2,26
Ризогумін	98,8	13,3	10,5	21,6	4,2	2,42	5,8	121,5	2,34
Хетомік	96,7	13,2	10,5	21,2	4,1	2,45	5,9	119,1	2,33
Ризогумін + хетомік	98,5	13,2	10,6	23,2	4,2	2,46	6,2	122,5	2,45
Розчин наночастинок металів з концентрацією 120 мг/л	106,1	13,8	10,9	23,8	4,4	2,45	6,1	123,0	2,44
Розчин наночастинок металів з концентрацією 240 мг/л	108,9	13,7	11,0	23,9	4,3	2,48	6,3	123,7	2,46
<i>HIP_{0,5}</i>	1,08	0,31	0,44	0,23	0,12	0,06	0,36	0,56	0,19
Сорт Устя									
Контроль	73,4	10,6	7,9	18,0	3,5	1,82	4,1	145,7	1,94
Ризогумін	74,5	10,9	8,1	18,2	3,3	1,84	4,3	147,9	2,22
Хетомік	73,9	11,9	8,2	18,8	3,4	1,96	4,8	146,4	2,28
Ризогумін + хетомік	74,1	11,6	8,2	19,0	3,2	2,12	4,9	149,5	2,31
Розчин наночастинок металів з концентрацією 120 мг/л	76,9	12,1	8,1	19,0	3,5	2,18	5,2	149,4	2,34
Розчин наночастинок металів з концентрацією 240 мг/л	79,1	12,2	8,2	19,5	3,5	2,21	5,4	149,6	2,39
<i>HIP_{0,5}</i>	1,40	0,15	0,16	0,73	0,08	0,08	0,24	0,85	0,22

Маса 1000 насінин сої сорту Аннушка в досліді варіювала від 121 до 123,7 г, у сорту Устя – від 145,7 до 149,6 г. Разом з цим, за інокуляції та застосуванні розчинів нанометалів маса 1000 насінин була вищою; при

обробці насіння сої сорту Аннушка комплексом ризогумін+хетомік вона становила 122,5 г у і у сорту Устя – 149,5 г, а розчином наночастинок металів у концентрації 120 мг/л – 123,0 і 149,4 г, розчином наночастинок металів у концентрації 240 мг/л відповідно 123,7 і 149,6 г.

Застосування передпосівної обробки насіння сої позитивно впливало також на формування врожайності зерна. Так, на варіантах з інокуляцією насіння сої ризогуміном і хетоміком врожайність культури порівняно з контролем була вищою на 1,2–2,5 ц/га. Разом із тим, урожайнішим при вирощуванні на чорноземах типових виявився ультраранній сорт сої Аннушка. Обробка насіння комплексом ризогумін+хетомік сприяла формуванню врожайності сої 2,45 т/га у сорту Аннушка і 2,31 т/га у сорту Устя. Вищі результати урожайності отримали за передпосівної обробки насіння сої розчинами наночастинок металів 120 мг/л – 2,44 т/га, а при 240 мг/л – 2,46 т/га у сорту Аннушка, у сорту Устя – 2,34 т/га і 2,39 т/га.

Висновки. Маточний колоїдний розчин комплексу (Fe, Mn, Mo, Co, Cu, Zn, Ag) наночастинок металів одинарної (120 мг/л) та подвійної (240 мг/л) концентрації сприяє найкращій реалізації генетичного потенціалу продуктивності сої. Врожайність сорту Аннушка за обробки насіння нанометалами становить 2,44–2,46 т/га при 2,26 т/га на контролі, а у сорту Устя відповідно 2,34–2,39 т/га і 1,94 т/га.

Список літератури

1. Адамень Ф.Ф. Эффективность инокуляции сои / Ф.Ф. Адамень. – Симферополь: Таврида, 1995. – 42 с.
2. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине / [Ф.Ф. Адамень, В.А. Вергунов, П.Н. Лазер, И.Н. Вергунова] – К.: Аграрна наука, 2006. – 456 с.
3. Аттестация и применение наночастиц металлов в качестве биологически активных препаратов / И.П. Арсентьева, Е.С. Зотова, Г.Э. Фолманис [и др.] // Нанотехника. Спец. выпуск «Нанотехнологии –

- медицине». – 2007. – № 2 (10). – С. 72–77.
4. Бабич А.О. Проблеми білка: Сучасний стан, перспективи виробництва і використання сої / А.О. Бабич // Корми і кормовиробництво. – 1992. – № 33. – С. 3-13.
 5. Бобро М.А. Оптимізація технології вирощування зернових і бобових культур / Бобро М.А., Б.Х. Головченко // Современные технологии, экономика и экология в промышленности, на транспорте и в сельском хозяйстве: Сборник научных статей по материалам 5-й международной научно-методической конференции. – К.: ИСМО, Алциста, 1997. – 317 с.
 6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
 7. 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.
 8. Дубровіна Н.Я. Ґрунти агрономічної дослідної станції “Митниця” Васильківського району Київської області / Н.Я. Дубровіна, О.М. Аксьом // Наукові праці Укр. с.-г. академії, / Біологія і агротехніка польових культур в Поліссі і Лісостепу УРСР. – 1974. – Вип. 123. – С. 3-17.
 9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1985. – Вып. 3. – 184 с.
 10. Надкерничная Е.В. Влияние свободноживущих азотфиксирующих бактерий на формирование и функционирование бобово-ризобиального симбиоза у некоторых сельскохозяйственных культур / Е.В. Надкерничная, Т.М. Ковалевская // Физиология и биохимия культурных растений. – 2001. – Т. 33, № 4. – С. 355-362 с.
 11. Нанотехнологии в сельском хозяйстве / [В.Г. Каплуненко, Н.В. Косинов, А.Н. Бовсуновский, С.А. Черный] // Зерно. – 2008. – № 4 (25). – С. 47–54.

12. Пат. 38459 України на корисну модель. Маточний колоїдний розчин металів / Лопатько К.Г., Афтандіянц Є.Г., Тонха О.Л., Каленська С.М.; заявник і власник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Зареєстр. в Держ. реєстрі патентів України 12.01.2009.
13. Передпосівна обробка насіння сої / [В.Ф. Петриченко, А.О. Бабич, С.І. Колісник та ін.]. Посібник українського хлібороба. – 2009. – С. 244–246.
14. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. - М.: Nanotechnology News Network, 2005. – 444 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.nanonewsnet.ru.
15. Рекомендації з ефективного застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / [С.І. Мельник, В.А. Жилкін, М.М. Гаврилюк та ін.]. – Міністерство аграрної політики України, Українська академія аграрних наук – К., 2007. – 55 с.
16. Таланчук П., Малишев В. Становлення й розвиток нанотехнологій у світі і в Україні: використання інтелектуального капіталу, тенденції розвитку [Електронний ресурс] : Газета «Університет «Україна». – 2009. - № 10-11. – Режим доступу: <http://www.vmurol.com.ua>.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГЕННЫХ МЕТАЛЛОВ И
БИОАКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ**

**С.М. Каленская, доктор с.-х. наук, профессор, член-корр. НААН
Украины**

К.Г. Лопатько, кандидат техн. наук, доцент

Н.В. Новицкая, кандидат с.-х. наук, доцент,

Д.В. Андриец, аспирант, С.Ю. Ишлер, магистр

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Представлены результаты исследований влияния наноразмерных биогенных металлов и биологически активных препаратов на формирование структуры урожая и биологической урожайности сои на черноземе типичном. Установлено, что более высокую урожайность растения сои формируют при условии предпосевной обработки семян растворами наночастичек металлов и она составляет соответственно при концентрации раствора 120 мг/л – 2,44 т/га и 2,46 т/га при концентрации раствора 240 мг/л у сорта Аннушка и 2,34 т/га и 2,39 т/га у сорта Устья.

Ключевые слова: *Glycine hispida Maxim., раствор наночастичек металлов, ризогумин, хетомик, структура урожая, масса 1000 семян, урожайность.*

EFFICIENCY OF BIOGENIC METALS AND BIO-ACTIVE DRUGS IN SOYBEAN

S. Kalenska, doctor of agricultural sciences, professor
K. Lopatko, N. Novitska, PhD, senior lecturer
D. Andriec, post-graduate student, S. Ishler, master since
 National university of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Results on the effect of nanoscale biogenic metals and biologically active preparations on the structure of crops and biological productivity of soybean in typical chernozem. Found that a higher yield of soybean plants form the subject pre-treatment of seeds with solutions of metal nanoparticles, and it amounts to, respectively, when the solution concentration of 120 mg / l 2,44 t / ha and 2.46 t / ha at a solution concentration of 240 mg / l a variety Annushka and 2,34 t / ha and 2.39 t / ha in grades mouth.

Key words: *Glycine hispida Maxim., Solution of nanosize particles of metals, rizogumin, hetomik, the structure of the harvest, weight of 1000 seed yield.*