

УДК 633.34:632.983.3  
© 2013

*Новицька Н. В., кандидат сільськогосподарських наук,  
Пилипчук М. Ю., магістр*  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

*Ситар О. В., кандидат біологічних наук*  
Навчально-науковий центр «Інститут біології»,  
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

## ВРОЖАЙНІСТЬ ЯК ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОМЕТАЛІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

*Рецензент – кандидат сільськогосподарських наук В. М. Рожко*

*Висвітлено результати досліджень врожайності сої на чорноземах типових Лісостепу України залежно від способу застосування та концентрації багатоконпонентного комплексного розчину наночасток металів. Встановлено, що в технології вирощування сої ефективною є обробка насіння до сівби розчином нанометалів у концентрації 240 мг/л та додаткове обприскування посівів у фазу бутонізації. Використання нанометалів для передпосівної обробки насіння сої у концентрації 240 мг/л із нормою витрати 0,1 л/т насіння й додаткове обприскування посівів розчином у концентрації 240 мг/л у фазу бутонізації на фоні внесення мінеральних добрив за норми  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечує зростання врожайності культури на 1,5–2,5 %.*

**Ключові слова:** соя, наночастки металів, мінеральні добрива, урожайність.

**Постановка проблеми.** Сучасні тенденції світового сільськогосподарського виробництва спрямовані на екологізацію технологій вирощування рослинної продукції. Враховуючи нагальну необхідність переорієнтації сільського господарства нашої держави на стандарти Європейського ринку, ведеться всебічна розробка та впровадження в практику парадигми біологізації інтенсифікаційних процесів у рослинництві [2, 11, 12]. Зацікавленість до формування екологічно збалансованих агроценозів та підвищення адаптивного потенціалу агрокультур в існуючих системах сільськогосподарського виробництва за останні роки значно зростає. У рамках глобальної теорії органічного землеробства, створювані агрокосистеми повинні бути не лише високопродуктивними, але й екологічно стійкими, володіти здатністю перепрограмувати онтогенетичні процеси рослин відповідно до різких коливань погодних умов та дії антропогенних чинників для отримання екологічно чистої продукції [8]. Системне дослідження реакцій-відповідей рослин у модифікованих умовах довкілля, тобто за умов зміни кліматичних чинників, трансформа-

ції з превалюванням деградаційних процесів ґрунтових та водних систем, забруднення їх різноманітними поллютантами свідчить про доцільність використання наноелементів для оптимізації адаптивних стратегій агрокультур та забезпечення сталості їх продукційних параметрів [1].

**Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** Останні дослідження та публікації [8, 11] свідчать, що нанорозмірний стан речовини характеризується суттєвою зміною та появою нових властивостей, не притаманних матеріалу у компактному стані. Специфіка наноструктурного стану речовини відображена зокрема у термодинамічних характеристиках, коли зі зменшенням розміру значно збільшується різниця між моделлю твердої фази, що прийнята в класичній термодинаміці, та реальною наночастинкою, а розподіл на об'ємну та поверхневу складові стає умовним. У роботах російських вчених І. П. Арсентьевої та М. М. Глуценка зі співавторами відмічається, що в умовах постійної температури та тиску, збільшення вільної енергії Гіббса наночасток відбувається за рахунок значного росту площі поверхні або поверхні розподілу фаз у наноструктурованому матеріалі [1, 2].

Встановлено, що завдяки великій площі поверхні всі наноматеріали володіють значною поверхневою енергією – збільшеною принаймні на три порядки по відношенню до компактного матеріалу, тим самим знаходячись у нестабільному або метастабільному стані та схильні до утворення агломератів. Використання нанорозмірних біогенних металів сумісно з органічними сполуками, що мають водорозчинні та мембранотропні властивості, безумовно має перспективу, відкриваючи можливість доносити нанорозмірні частки біогенних металів безпосередньо до живих клітин [3, 10].

Наночастки біогенних металів використовують у вигляді водних розчинів, які готують

перед використанням. Дози їх внесення на 1 т насіння або на 1 га посівів надзвичайно малі, тому важливо, щоб вони були рівномірно розведені у робочому розчині. Для цього маточний неіонний колоїдний розчин наночастинок металів розводять водою у співвідношенні 1:100. Науковими дослідженнями С. М. Каленської зі співавторами доведена доцільність спільного внесення пестицидів і розчину наночастинок металів, оскільки за цих умов як за передпосівної обробки, так і за обприскування посівів у період вегетації підсилюється ефективність дії протруювачів, фунгіцидів, інсектицидів і гербіцидів [3, 5].

Технологічні випробування, проведені в останні роки рядом вітчизняних вчених, свідчать, що розчин наночастинок металів сумісний з усіма видами НРК – добрив та пестицидами [4, 6, 9]. Використання наночастинок біогенних металів компенсує втрати мікроелементів, що виносяться рослинами з ґрунту, підвищує стійкість, оптимізує метаболічні процеси рослин відповідно до умов, що складаються за вегетаційний період за одночасного підвищення якості кінцевої продукції. Крім того використання наночастинок металів підвищує ефективність дії основних мікродобрив – азотних, фосфорних та калійних. Застосування препаратів дає змогу отримувати екологічно чисту продукцію.

**Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень – вивчення впливу біологічно-активних препаратів на основі нанорозмірних часток металів на рослини сої для визначення перспективи їх використання в технології вирощування культури.

**Завдання досліджень** передбачали оптимізацію способу застосування і ефективність концентрації розчину наночастинок металів на посівах сої.

**Матеріали і методи досліджень.** У досліджах вивчали запатентований (патент України на копію модель №38459) маточний колоїдний розчин комплексу (Fe, Mn, Mo, Co, Cu, Zn, Ag) наночастинок металів [7]. Польові дослідження з вивчення впливу колоїдного багатокомпонентного розчину наночастинок металів на формування врожаю сої проводили на полях кафедри рослинництва у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція». Агротехніка у досліді загальноприйнята для північного Лісостепу. Сою висівали за температури ґрунту на глибині загортання насіння 10–12 °С, овочевою сівалкою СОН-4,2. Загальна площа елементарної ділянки – 84 м<sup>2</sup>, облікової – 52,8 м<sup>2</sup>. Повторність дослідів – чотириразова. Норма висіву сої – 700 тис. насінин на 1 га. Для захисту від бур'янів проводили досходові боронування та застосовували суміш гербі-

цидів «Арамо» (1,0 л/га) і «Базагран» (2,0 л/га).

З метою визначення ефективності застосування розчину наночастинок металів були поставлені два досліді. В досліді 1 вивчали способи застосування колоїдного розчину наночастинок металів у технології вирощування сої. Під передпосівну культивуацію вносили мінеральні добрива з розрахунку N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. Висівали рекомендовані для зони Лісостепу сорти сої: ультраранній Аннушка (ПП «Наукова селекційно-насінницька фірма «Соевий вік», м. Кіровоград) і ранньостиглий Устя (ННЦ «Інститут землеробства УААН», смт. Чабани). Схема дослідів включала наступні варіанти:

- 1) контроль 1 (обробка насіння водою);
- 2) передпосівна обробка насіння комплексом наночастинок металів одинарної концентрації (далі – КНМ 1);
- 3) передпосівна обробка насіння комплексом наночастинок металів подвійної концентрації (далі – КНМ 2);
- 4) контроль 2 (обробка насіння водою + обприскування посівів у фазу бутонізації водою);
- 5) передпосівна обробка насіння комплексом наночастинок + обприскування посівів у фазу бутонізації комплексом наночастинок металів одинарної концентрації;
- 6) передпосівна обробка насіння комплексом наночастинок + обприскування посівів у фазу бутонізації комплексом наночастинок металів подвійної концентрації.

Комплекс наночастинок металів для передпосівної обробки насіння застосовували з нормою витрати 0,1 л/т (100 мл препарату на 10 л води і для 10 т насіння), для позакореневого підживлення у фазу бутонізації та цвітіння рослин сої готували робочі розчини багатокомпонентного препарату наночастинок металів із нормою витрати 1 л препарату на 100–300 л води (робочий розчин) і на 1 гектар.

Дослід 2 з вивчення ефективності концентрації розчину наночастинок металів на посівах сої включав обробку насіння та обприскування посівів сої розчином комплексу наночастинок металів одинарної (120 мг/л) та подвійної (240 мг/л) концентрації. Під основний обробіток ґрунту вносили гранульований суперфосфат (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 19 %) і калійну сіль (K<sub>2</sub>O – 40 %) у нормі 60 кг/га д.р. Навесні проводили закриття вологи та вносили аміачну селітру (N – 30 %) у нормах N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

**Результати досліджень.** Критерієм оцінки ефективності процесів фотосинтезу, біологічної фіксації азоту та формування продуктивності рослин є показники індивідуальної продуктивності рослин та величина урожайності сої. До-

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

слідження способів застосування багатокомпонентного розчину нанометалів у системі удобрення сої (рис. 1) дало змогу виявити найефективніший з них. Так, обробка насіння сої до сівби багатокомпонентним розчином нанометалів у концентрації 240 мг/л і додаткове обприскування посівів у фазу бутонізації комплексом наночасток металів подвійної концентрації на фоні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  забезпечує приріст врожаю культури порівняно з контрольними варіантами на рівні 1,5–3,0 ц/га.

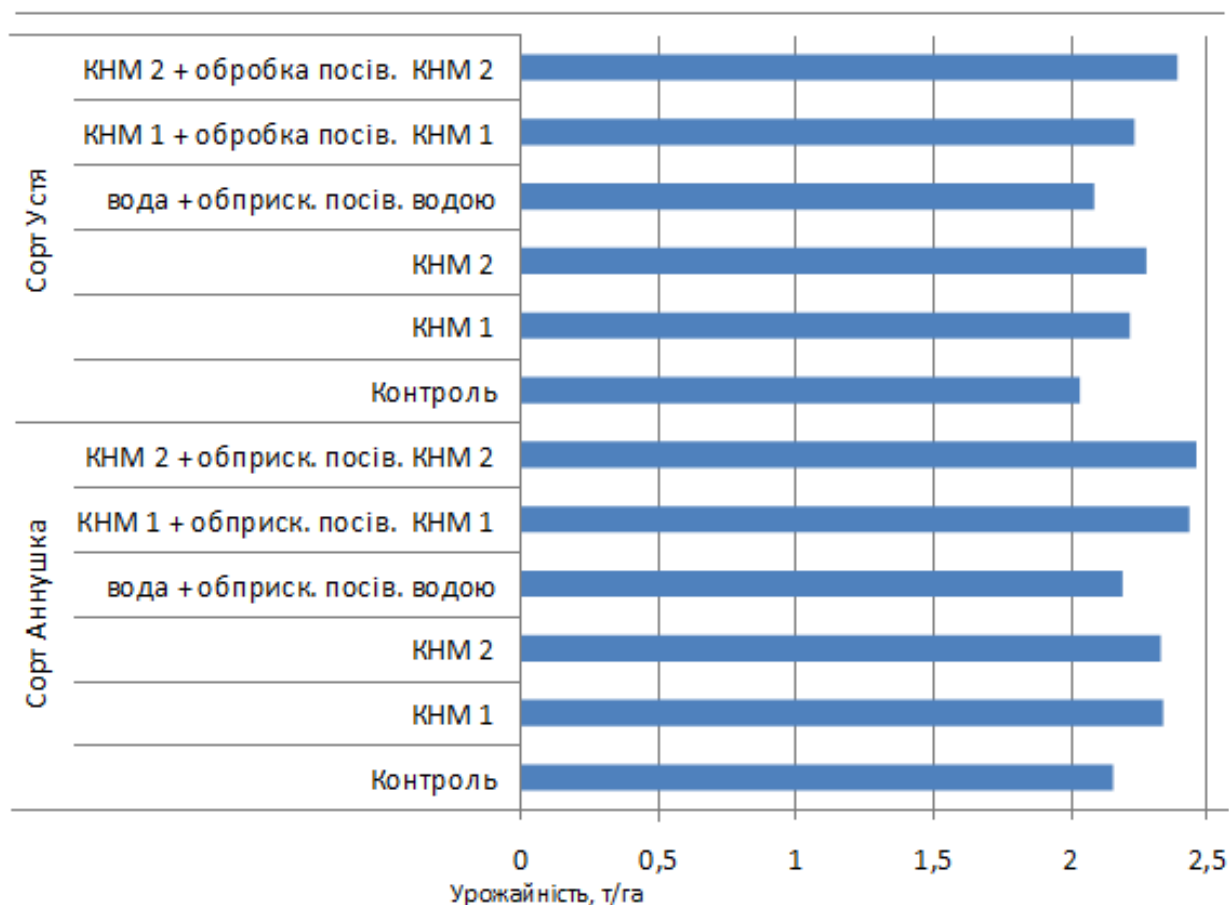
Варіант 6 досліді 1 із застосуванням розчину нанометалів у подвійній концентрації (КНМ 2) для передпосівної обробки насіння сої та позакоренового підживлення у фазу цвітіння забезпечив вищу в досліді врожайність культури (на фоні мінерального живлення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) на рівні 2,44 т/га сорту Устя та 2,49 т/га – сорту Аннушка.

Порівнюючи ефективність застосування наночасток металів із дією мінеральних добрив у системі удобрення культури, нами встановлена позитивна залежність врожайності сої від збільшення концентрації внесеного препарату нано-

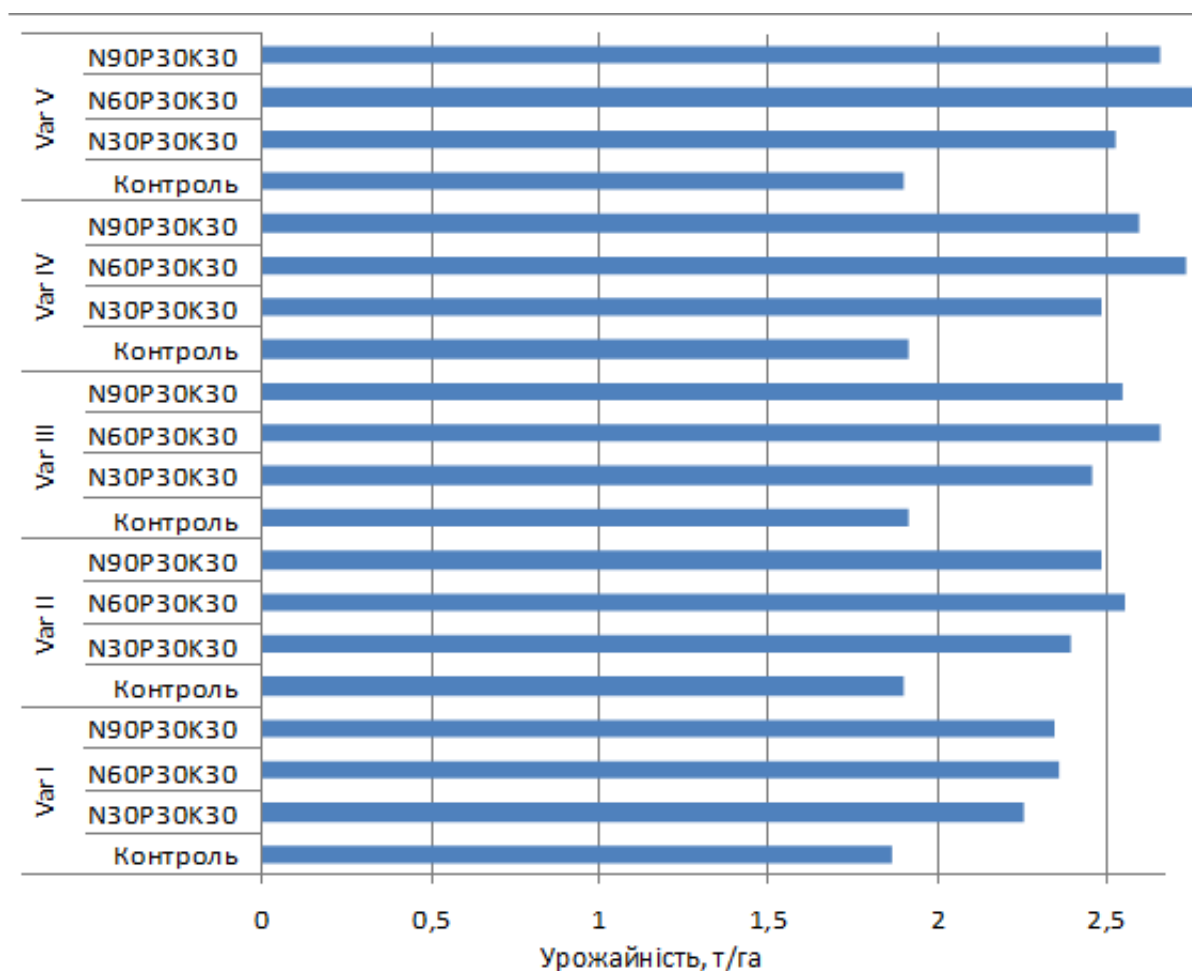
часток металів. Вищі результати врожайності було отримано за передпосівної обробки насіння сої розчинами наночасток металів – 2,34 т/га (КНМ 1) у сорту Аннушка та 2,28 т/га (КНМ 2) – у сорту Устя (рис. 2).

А найвищі (на варіанті дослідження з обробкою насіння КНМ 2 + обприскування посівів КНМ 2) – 2,46 т/га у сорту Аннушка та 2,39 т/га – у сорту Устя.

Результати проведених нами досліджень дали можливість встановити, що ефективнішим серед вивчених нами способів застосування багатокомпонентного колоїдного розчину металів у технології вирощування сої є використання нанометалів для передпосівної обробки насіння в концентрації 240 мг/л із нормою витати 0,1 л/т насіння та додаткове обприскування посівів у концентрації 240 мг/л у фазу бутонізації на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Даний агрозахід, залежно від норми внесення мінеральних добрив, забезпечує зростання врожайності культури на 1,5–2,5 %.



**Рис. 1. Урожайність сої залежно від способу застосування комплексного розчину металів, середнє за 2008–2010 рр. (дослід 1)**



- Var I    Контроль (без обробки)  
 Var II    Обробка насіння КНМ 1  
 Var III    Обробка насіння КНМ 2  
 Var IV    Обробка насіння та посівів КНМ 1  
 Var V    Обробка насіння та посівів КНМ 2

*Рис. 2. Урожайність сої сорту Аннушка залежно від концентрації багатоконпонентного комплексного розчину металів, т/га (дослід 2, середнє за 2008–2010 рр.)*

**Висновок.** У технології вирощування ранньостиглих сортів сої на чорноземах типових малогумусних Лісостепу України багатоконпонентні колоїдні розчини наночасток металів рекомендовано застосовувати для допосівної обробки насіння та підживлення у фазу бутонізації й цвітіння. Для допосівної обробки насіння запатентованим (патент України на корисну модель №38459) маточним колоїдним розчином ком-

плексу (Fe, Mn, Mo, Co, Cu, Zn, Ag) наночасток металів рекомендовано концентрацію 120 мг/л і 240 мг/л із нормою витрати 0,1 л/т насіння (100 мл препарату на 10 л води і для 10 т насіння). Для позакореневого підживлення рослин сої слід готувати робочі розчини багатоконпонентного препарату наночасток металів із нормою витрати 1 л препарату на 100–300 л води (робочий розчин) і на 1 гектар.

#### БІБЛЮГРАФІЯ

1. Аттестация и применение наночастиц металлов в качестве биологически активных препаратов / [Арсентьева И. П., Зотова Е. С., Фолманис Г. Э., Глущенко Н. Н., Байтукалов Т. А., Ольховская И. П., Богословская О. А., Балдохин Ю. В.,

Дзидзигури Э. Л., Сидорова Е. Н.] // Нанотехника. Спец. выпуск «Нанотехнологии – медицине», 2007. – № 2 (10). – С. 72–77.

2. Глущенко Н. Н. Физико-химические закономерности биологического действия высокоди-

- сперсних порошок металлов / Н. Н. Глушенко, О. А. Богословская, И. П. Ольховская // Химическая физика. – 2002. – Т.21, № 4. – С. 79–85.
3. *Каленська С. М.* Використання біологічно-активних препаратів на основі нанорозмірних часток металів в технології вирощування сої / [С. М. Каленська, Н. В. Новицька, Д. В. Андрієць, Р. М. Холодченко] // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Біологія». – Ч. 2. – 2010. – С. 24–32.
4. *Каленська С. М.* Вплив нанометалів на вміст пігментів у рослинах сої / С. М. Каленська, Н. В. Новицька // Тези доповідей Міжнародної конференції «Актуальні проблеми наук про життя та природокористування», 26–29 жовтня 2011 р., НУБіП України. – С. 8–9.
5. Наукове обґрунтування застосування нанорозмірних біогенних металів у системі удобрення польових культур. Науково-практичні рекомендації / С. М. Каленська, Н. В. Новицька, Л. М. Гончар [та ін.]. – К. : НУБіП України. – 2012. – 65 с.
6. *Новицька Н. В.* Використання колоїдного розчину наночасток металів в технології вирощування сої / Н. В. Новицька, Д. В. Андрієць // Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і докторантів «Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті», 12–13 травня 2010, Білоцерківський Державний аграрний університет. – Електронний ресурс: [www.btsau.kiev.ua/ua/text.php?id=115](http://www.btsau.kiev.ua/ua/text.php?id=115)
7. Пат. 38459 України на корисну модель. Маточний колоїдний розчин металів / К. Г. Лопатько, Є. Г. Афтандіянц, О. Л. Тонха, С. М. Каленська; заявник і власник – Національний університет біоресурсів і природокористування України: зареєстр. в Держ. реєстрі патентів України 12.01.2009.
8. *Розенфельд Л. Г.* Нанотехнології в медицині, фармації та фармакології [Л. Г. Розенфельд, І. С. Чекман, А. І. Тертишна, М. І. Загородний] // Фармакологія та лікарська токсикологія, 2008. – №1–3. – С. 65–71.
9. *Ситар О. В.* Морфофізіологічні характеристики та урожайність рослин сої за дії неіонних колоїдних розчинів металів / [О. В. Ситар, Н. В. Новицька, Н. Ю.Таран, С. М. Каленська] // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. – Біологія. – № 58. – 2011. – С. 44–47.
10. *Таран Н. Ю.* Вплив азотного живлення та наночасток металів на вміст пігментів у рослинах сої / [Таран Н. Ю., Ситар О. В, Каленська С. М., Новицька Н. В., Гарбар Л. А.] // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Вип. 71. – Частина 2. – Херсон : Айлант, 2010. – С. 286–294.
11. Функціональні наноматеріали для потреб сільського господарства / [В. А. Копілевич, В. І. Максін, В. Г. Каплуненко, М. В. Косінов] // Вісник НАУ. – 2008. – № 130. – С. 349–354.
12. *Якименко Ю.* Місце України в світі нанотехнологій / Ю. Якименко, Т. Наритнюк, В. Цендровський // Дзеркало тижня. – 2008. – № 29. – С. 9–15.