

ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР ЗА ВПЛИВУ НАНОЧАСТОК МЕТАЛІВ, МІКРОДОБРИВ ТА ІМУНОМОДУЛЯТОРІВ

КАЛЕНСЬКА С.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
orcid.org/0000-0002-3393-837x

член-кореспондент Національної академії аграрних наук України

НОВИЦЬКА Н.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-7645-4151

МАКСІН В.І. – доктор хімічних наук, професор
orcid.com.org/0000-0001-8903-6744

КАРПЕНКО Л.Д. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-3506-498X

Національний університет біоресурсів і природокористування України

КАПЛУНЕНКО В.Г. – доктор технічних наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-5492-7990

ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології»

ДОКТОР Н.М.

orcid.org/0000-0002-8887-898X

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Мукачівський аграрний коледж»

Постановка проблеми. В умовах значного зростання цін та зменшення доз внесення мінеральних добрив в Україні актуальним є створення та впровадження нових екологічно безпечних і технологічних препаратів, покликаних підвищити ефективність рослинами поживних елементів мінеральних добрив і ґрунту. Це має сприяти підвищенню зернової продуктивності рослин та якості зерна і відповідно – рентабельності його виробництва [1; 2]. Одним зі шляхів досягнення цього може бути розробка інноваційних технологій вирощування рослин у посівах. Важливу роль у цьому відведено новим препаратам: колоїдним розчинам наночасток металів, мікроелементним та бактеріальним добривам, рістстимулюючим комплексам (імуномодуляторам) тощо [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Домінуючі на українському ринку мікродобрива – препарати на основі мінеральних солей та хелатів із використанням як ліганду ЕДТА або ОЕДФ. При їх застосуванні на 1 га ріллі витрачається до 227 г мікроелементів. Мікродобрива закордонного виробництва (Бельгія, Велика Британія, Нідерланди, Польща, Угорщина, Франція, та ін.) потребують значних валютних витрат. Ціни на них і сировину для їхнього виробництва щорічно зростають. Тому в Україні дуже своєчасно розроблено і у 2011 році зареєстровано нове комплексне мікродобриво Аватар-1, яке містить одержаний із колоїдних розчинів металів комплекс цитрато-хелатів таких важливих мікроелементів, як цинк, магній, мідь, манган, залізо, кобальт, молібден (ТУ У 24.1–37033728–001:2010) [5; 6]. Використання органічних кислот як лігандів поліпшує доступність мікроелементів для рослин, оскільки ці кислоти є природними метаболітами рослинних клітин [7; 8].

Як рідке комплексне мікродобриво містить мікроелементи, хелатовані природними органічними кислотами – карбоксилатами, необхідними для росту та розвитку рослин. При застосуванні карбоксилатів мікроелементів посилюється виділення кореневою системою органічних кислот, які розчиняють і роблять доступними для рослин важкороз-

чинні мінеральні ґрунтові сполуки. Таким чином, підвищується коефіцієнт засвоєння рослинами азотних і фосфорних мінеральних добрив, що сприяє поліпшенню живлення рослин та активзації у кореневій зоні процесів біологічної азотфіксації. Крім того, цей препарат посилює більш ніж 30% ацидофікуючу активність кореневої системи, тобто інтенсивність поглинання нею поживних речовин [1; 9–11].

Надзвичайно важливим та актуальним в останні роки є питання практичного застосування наноматеріалів і нанотехнологій у всіх галузях сільськогосподарства. Нанопрепарати впливають на біологічні об'єкти на клітинному рівні, вносячи свою надлишкову енергію, що сприяє підвищенню ефективності проходження обмінних процесів у рослинах, а також беруть участь у формуванні мікроелементного балансу, тобто є біоактивними [12]. Експериментальний матеріал показує, що не завжди наноматеріали проявляють токсичність. Так, одні дослідники виявили цитотоксичний ефект магнітних часток на основі оксиду заліза, а інші показали їх нешкідливість. Зокрема, нанопрепарати таких металів як залізо, цинк і мідь, на відміну від їх солей, потенційно менш токсичні [13-15]. Інші вчені встановили, що передпосівна обробка насіння нанопорошками заліза у концентрації 0,001% позитивно впливала на енергію проростання, але збільшення концентрації до 0,01% приводило до пригнічення проростання [16].

У 2011 році Національним університетом біоресурсів і природокористування України, ТОВ «Науково-виробнича компанія «Йодіс» і Міжнародним промисловим концерном «Ярк–Київ» розроблено ТУ України «Сировина для йодування води та кормів «Йодіс+», які затверджені та погоджені Державним комітетом ветеринарної медицини та ДНДКІ ветеринарних препаратів і кормових добавок [17]. Уведення йоду є необхідною ознакою повноцінності будь-якого продукту харчування, і, звичайно, води. У зв'язку з цим, ми вважаємо, що йодування як за природного вирощування продуктів (рослинництво, тваринництво, птахівництво та

інші галузі сільського господарства), так і на різних стадіях їх технологічної переробки у харчовій промисловості має стати невіддільною, регламентованою і узаконеною частиною цих процесів [18; 19]. Одними із перспективних імуномодельючих препаратів є Йодіс концентрат та Йодіс концентрат + Se, що мають яскраво виражені антивірусні, протигрибкові та антибактеріальні властивості й на сьогодні широко використовуються у тваринництві, зокрема птахівництві, та рослинництві [20].

Мета та методика проведення досліджень.

Метою нашої роботи було з'ясувати вплив передпосівної обробки мікродобривом карбоксилатів природних кислот Аватар-1, імуномодуляторами (стимулятором ростових процесів) Йодіс концентрат та Йодіс концентрат + Se та колоїдними розчинами наночасток металів (10^{-9}) на енергію проростання та лабораторну схожість насіння зернобобових культур: сої (сорт Султана), квасолі (сорт Мавка) та сочевиці (сорт Лінза). Мікродобриво, неіонні колоїдні розчини наночасток металів та імуномодулятори для передпосівної обробки використовували шляхом змочування насіння за 1 добу до сівби у концентрації 2 мг/л води з розрахунку 0,1 л робочого розчину на 1 тону. Контрольні варіанти насіння замочували за добу до сівби у дистильо-

ваній воді. Посівні якості насіння сої визначали згідно з методиками ДСТУ 4138–2002 [21] у лабораторії «Якості насіння та садивного матеріалу» кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України. Енергію проростання насіння підраховували на 5 добу, лабораторну схожість сої – на 8 добу, квасолі – на 9, сочевиці на 10 добу.

Результати досліджень. Кількість пророслих насінин, енергія їх проростання та лабораторна схожість є основними інтегральними показниками процесів росту та розвитку при перетворенні зародка у насінині у проросток. Результати проведених нами досліджень засвідчили, що застосування для передпосівної обробки насіння зернобобових культур імуностимуляторів Йодіс концентрат та Йодіс концентрат + Se забезпечило вищі показники енергії проростання насіння та лабораторної схожості (табл. 1). Енергія проростання насіння сої за обробки Йодіс концентратом перевищувала контрольний варіант досліджень на 2%, квасолі – на 9%, сочевиці – на 6%. Лабораторна схожість насіння підвищувалася в межах 1–5%. Оборка насіння до сівби імуностимулятором Йодіс концентрат + Se підвищувала енергію проростання на 8–13% відносно контролю, лабораторну схожість – на 4–8%.

Таблиця 1 – Енергія проростання та лабораторна схожість насіння зернобобових культур залежно від наночасток металів, мікродобрива та імуностимуляторів

Варіанти обробки насіння	Соя, сорт Султана		Квасоля, сорт Мавка		Сочевиця, сорт Лінза	
	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %
Контроль (вода)	80	84	81	93	85	86
Розчин Mn (10^{-9})	86	89	92	100	92	97
Розчин Ge (10^{-9})	86	87	85	88	92	93
Розчин Se (10^{-9})	82	85	82	86	90	91
Розчин Fe (10^{-9})	85	87	92	94	93	93
Розчин Ce (10^{-9})	82	84	80	86	85	86
Розчин Mo (10^{-9})	88	89	97	100	97	98
Розчин Zn (10^{-9})	86	88	95	96	96	98
Розчин Cu (10^{-9})	81	83	79	88	85	88
Розчин Cr (10^{-9})	86	88	81	92	93	98
Йодіс концентрат	82	85	90	94	91	91
Йодіс конц.+ Se	88	88	94	100	94	94
Аватар-1	85	87	92	95	90	92
<i>HIP</i> _{0,05}	2	2	2	4	3	5

Застосування для допосівної обробки насіння зернобобових культур мікродобрива Аватар-1 теж зумовило значний стимулюючий вплив на енергію проростання. Вже на 5 добу підрахунку енергія проростання насіння сої досягала 85 при 80% на контролі; квасолі – 92 при 81%; сочевиці – 90 при 85% на контролі. Лабораторна схожість насіння підвищувалася до 87% у сої, до 95% у квасолі та до 92% у сочевиці.

У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування однокомпонентних розчинів наночасток біогенних металів по різному впливали на посівні якості насіння бобових культур. Застосування для обробки насіння неіонних колоїдних

розчинів металів на насінні сої показало різний ефект. Енергія проростання у сорту Султана підвищувалась до 82–88%, при енергії проростання на контрольному варіанті 80%. Енергія проростання насіння квасолі сорту Мавка за обробки розчинами наночасток металів зростала до 82–97% при 81% на контролі. У сорту сочевиці Лінза застосування для обробки насіння неіонних колоїдних розчинів металів підвищувало енергію проростання до 85–97% при 85% на контролі. Найвищу енергію проростання насіння бобових культур було отримано за обробки насіння неіонним колоїдним розчином Mo (10^{-9}) – 88% у сої, 97% у квасолі та сочевиці. Застосування розчинів Zn (10^{-9}) та

Mn (10^{-9}) теж істотно вплинуло на проростання насіння і на 5 добу підрахунку у сої проросло 86% насіння, у квасолі та сочевиці 92–93% насіння. При застосуванні розчинів Cu (10^{-9}) та Se (10^{-9}) позитивного ефекту на енергію проростання не було відмічено, а в окремих випадках енергія проростання насіння навіть знижувалася відносно контролю.

Визначення лабораторної схожості зернобобових культур за застосування наночасток металів показало, що вона дещо підвищилася у порівнянні з енергією проростання насіння. Показники лабораторної схожості насіння варіювали від 83% (Cu (10^{-9}) до 89% (Mn (10^{-9}) та Mo (10^{-9}) у сорту сої Султана; від 86% (Se (10^{-9}) та Ce (10^{-9}) до 100% (Mn (10^{-9}) та Mo (10^{-9}) у сорту квасолі Мавка; від 86% (Ce (10^{-9}) до 98% (Zn (10^{-9}) та Mo (10^{-9}) у сорту сочевиці Лінза. Варто звернути увагу на те, що застосування розчинів молібдену та марганцю дозволило підвищити лабораторну схожість зернобобових культур на 5–12% відносно контролю, тоді у варіантах з обробкою колоїдними неіонними розчинами церію, германію, селену та міді лабораторна схожість насіння була на рівні контролю або знижувалася на 1–7%.

Висновки. Встановлено позитивний вплив на посівні якості насіння зернобобових культур (сої, квасолі, сочевиці) передпосівної обробки мікродобрином карбоксилатів природних кислот Аватар-1, імуномодуляторами (стимулятором ростових процесів) Йодіс концентрат та Йодіс концентрат + Se та колоїдними розчинами наночасток металів (10^{-9}). Суттєво, на 4–8%, підвищує лабораторну схожість насіння застосування імуностимулятора Йодіс концентрат + Se. Підвищенню посівних якостей насіння сприяє застосування наночасток молібдену та марганцю, при цьому лабораторна схожість насіння сої підвищується на 5%, квасолі – на 7%, сочевиці – на 12%. Передпосівна обробка насіння бобових культур розчинами наночасток металів церію, германію, селену та міді приводить до пригнічення проростання. Подальші дослідження впливу імуностимуляторів та наночасток металів на посівні якості насіння слід проводити з урахуванням визначення наявності на насінні патогенної мікрофлори та взаємодії даних факторів між собою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Капітанська О. С., Давидова О. Є. Мікроеlementний комплекс «Аватар-2». Інноваційна наукова розробка для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. *Агроном*, № 2. Травень 2015. С. 330.
- Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Вплив погодних умов та застосування біогенних металів для поліпшення посівних якостей насіння нуту. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. К., 2012. Вип. 176. С. 12–17.
- Власюк П. А., Жидков В. А., Івченко В. І. і др. Участие микроэлементов в обмене веществ растений: Биологическая роль микроэлементов. М.: Наука, 1983. 38 с.
- Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. К.: Логос, 2009. 182 с.
- Патент UA 38391, МПК С06С 51/41. Спосіб отримання карбоксилатів металів / М. В. Косінов, В. Г. Каплуненко. Опубл. 12.01.09, Бюл. № 1.
- Копілевич В. А., Максін В. І., Каплуненко В. Г. та ін. До створення мікроелементних композицій на основі функціональних нанобіоматеріалів. *Біоресурси і природокористування*. 2010. Т. 2, № 1–2. С. 1–6.
- Безрукова М. Сахабудинова А., Фатхудинова Д. Салициловая кислота – регулятор роста, обладающий антистрессовой активностью в растениях пшеницы. *Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях*. Тез. докл. конф. (26–28 июня 2001 г.). М.: Изд-во МСХА, 2001. С. 11.
- Маменко Т. П., Роїк Л. В. Вплив саліцилової кислоти на активність антиоксидантних процесів в озимій пшениці за умов різного водозабезпечення. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2008. Т. 40, № 1. С. 68–77.
- Соколовська-Сергієнко О. Г., Прядкіна Г. О., Капітанська О. С. Активність фотосинтетичного апарату та продуктивність озимої пшениці за обробки хелатованим мікродобрином і стимулятором росту. *Фізіологія рослин і генетика*. 2015. Т. 47, № 4. С. 321–329.
- Булыгин С. Ю., Демишев Л. Ф., Дорогин В. А. и др. Микроэлементы в сельском хозяйстве. 2007. 100 с.
- Ібатуллін І. І., Вешицький В. А., Отченашко В. В. Використання селену в рослинництві та тваринництві. К.: Фенікс. 2004. 208 с.
- Таланчук П., Малишев В. Становлення й розвиток нанотехнологій у світі і в Україні: використання інтелектуального капіталу, тенденції розвитку. *Газета «Університет «Україна»*. 2009, № 10–11. URL: <http://www.vnurol.com.ua>.
- Бовсуновский А. М. Вялый С. О., Каплуненко В. Г., Косинов Н. В. Нанотехнологии как движущая сила аграрной революции. *Зерно*. 2010, № 04. С. 24–28.
- Каплуненко В. Г., Косинов Н. В., Бовсуновский А. Н., Черный С. А. Нанотехнологии в сельском хозяйстве. *Зерно*. 2008, № 4 (25). С. 47–54.
- Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. М.: Nanotechnology News Network, 2005. 444 с. URL: www.nanonewsnet.ru.
- Глуценко Н. Н., Богословская О. А., Ольховская И. П. Физико-химические закономерности биологического действия высокодисперсных порошков металлов. *Химическая физика*. 2002. Т. 21, № 4. С. 79–85.
- ТУ У 14326060.003*98. Сировина для виробництва йодованих продуктів «Йодіс концентрат».
- Максін В. І., Аретинська Т. Б., Трокоз В. О. Використання препарату «Йодіс-концентрат» у лісовому шовківництві (стан питання). *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6, № 3–4. С. 16–22.
- Максін В. І., Мельниченко В. М., Ярошук А. П. До питання альтернативної йодної недостатності. *Біоресурси і природокористування*. 2010, № 3–4. С. 45–49.
- Мельниченко В. Н., Ярошук А. П., Максін В. І. К вопросу решения проблемы йододефицита в рамках программы «Йодис». *Екологія довкілля*

та безпека життєдіяльності. 2004, № 5. С. 30–35.

21. Насіння сільськогосподарських культур: Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002. Чинний від 2004-01-01. К.: Держстандарт України, 2003. 173 с. (Національні стандарти України).

REFERENCES:

1. Kapitansjka O. S., & Davydova O. Je. (2015). Mikroelementnyj kompleks «Avatar–2». Innovacijna naukova rozrobka dlja pidvyshhennja produktyvnosti sil'sjko-gospodarsjkykh kul'tur [The microelement complex «Avatar–2». Innovative scientific development for increasing productivity of agricultural crops]. *Aghronom–Agronomist*, 2 (Travenj), 330 [in Ukrainian].
2. Kalensjka S. M., Novycjka, N. V. & Barzo I. T. (2012). Vplyvpogodnykh umovta zastosuvannja bioghennykh metaliv dlja polipshennja posivnykh jakostej nasinnja nutu [Influence of weather conditions and the use of biogenic metals to improve the seed quality of nut seeds]. *Naukovyj visnyk NUBiP Ukrainy. Serija «Aghronomija» – Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Series «Agronomy»*, 176, 12–17 [in Ukrainian].
3. Vlasyuk P. A., Zhidkov V. A., Ivchenko V. I. et al. (1983). *Uchastie mikroelementov v obmene veshchestv rastenij: Biologicheskaya rol mikroelementov [Participation of trace elements in plant metabolism: Biological role of microelements]*. Moscow: Nauka [in Russian].
4. Kocj S. Ja., & Peterson N. V. (2009). *Mineraljni elementy dobryva v zhyvlenni Roslyn [Mineral elements and fertilizers in plant nutrition]*. Kyiv: Loghos [in Ukrainian].
5. Kosinov M. V., & Kaplunenko V. Gh. Sposib otrymannja karboksylativ metaliv [Method of obtaining metal carboxylates] Patent UA38391, MPK SO6S 51/41. Publ. 12.01.09, Bjul., 1 [in Ukrainian].
6. Kopilevyh V. A., Maksin V. I., Kaplunenko V. Gh. et al. (2010). Do stvorennja mikroelementnykh kompozycji na osnovi funkcionalnykh nanobiomaterialiv [To the creation of microelement compositions based on functional nanobio materials]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannja – Bioresources and nature management*, 1–2 (2), 1–6 [in Ukrainian].
7. Bezrukova M. Sakhabutdinova A., & Fatkhutdinova, D. (2001). Salitsilovaya kislota – regulator rosta, obladayushchiy antistressovoy aktivnostyu v rastenyakh pshenitsy [Salicylic acid – a growth regulator with anti-stress activity in wheat plants]. *Regulatory rosta i razvitiya rastenij v biotekhnologiyakh – Regulators of plant growth and development in biotechnology. Tez. dokl. konf. (26–28 iyunya 2001)*. Moscow: MSKhA [in Russian].
8. Mamenko T. P., & Rojik L. V. (2008). Vplyv salicylovoji kysloty na aktyvnistj antyoksydantrykh procesiv v ozymozi pshenyzi za umov riznogho vodozabezpechennja [Influence of salicylic acid on the activity of antioxidant processes in winter wheat under different water supply conditions]. *Fyzyloghyja y byokhymyja kul'turnykh rastenij – Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 1 (4), 68–77 [in Ukrainian].
9. Sokolovs'jka-Serghijenko O. Gh., Prjadkina Gh. O., & Kapitansjka, O. S. (2015). Aktyvnistj fotosyntetichnogho aparatu ta produktyvnistj ozymozi pshenyzi za obrobky khelatovanym mikrodozynom i stymuljatorom rostu [The activity of the photosynthetic apparatus and the productivity of winter wheat for treatment with chelated micronutrient fertilizer and growth stimulator] *Fyzyloghyja rastenij y ghenetyka – Plant physiology and genetics*, 4 (47), 321–329 [in Ukrainian].
10. Bulygin S. Yu., Demishev L. F., Doronin, V. A. et al. (2007). *Mikroelementy v selskom khozyaystve [Microelements in agriculture]* [in Russian].
11. Ibatullin I. I., Veshycjkyj V. A., & OTCHENASHKO, V. V. (2004). *Vykorystannja selenu v roslynnyctvi ta tvarynyctvi [Use of selenium in crop and livestock production]*. Kyiv: Feniks [in Ukrainian].
12. Talanchuk P., & Malyshev V. (2009). Stanovlennja rozvytok nanotekhnologij u sviti i v Ukraini: vykorystannja intelektualnogho kapitalu, tendenciji rozvytku [The formation and development of nanotechnology in the world and in Ukraine: the use of intellectual capital, trends of development]. *Ghazeta «Universytet «Ukraina»*, 10–11. Retrieved from <http://www.vmurol.com.ua> [in Ukrainian].
13. Bovsunovskiy A. M., Vyalyy S. O., Kaplunenko, V. G., & Kosinov, N. V. (2010). Nanotekhnologii kak dvizhushchaya sila agrarnoy revolyucii [Nanotechnology as the driving force of the agrarian revolution]. *Zerno – Grain*, 4, 24–28 [in Russian].
14. Kaplunenko V. G., Kosinov N. V., Bovsunovskiy, A. N., & Chernyy, S. A. (2008). Nanotekhnologii v selskom khozyaystve [Nanotechnology in agriculture]. *Zerno – Grain*, 4 (25), 47–54 [in Russian].
15. Rybalkina M. (2005). *Nanotekhnologii dlya vseh [Nanotechnology for all]*. Moscow: Nanotechnology News Network, Retrieved from www.nanonewsnet.ru [in Russian].
16. Glushchenko N. N., Bogoslovskaya O. A., & Olkhovskaya, I. P. (2002). Fiziko-khimicheskie zakonomernosti biologicheskogo deystviya vysokodispersnykh poroshkov metallov [Physicochemical regularities of the biological effect of highly disperse metal powders]. *Khimicheskaya fizika – Chemical Physics*, 4 (21), 79–85 [in Russian].
17. Syrovyna dlja vyrobnyctva jodovanykh produktiv «Jodis koncentrat» [Raw material for the production of iodinated products «Jodis concentrate»] TU U 14326060.003*98 [in Ukrainian].
18. Maksin V. I., Aretyns'jka T. B., & Trokoz V. O. (2014). Vykorystannja preparatu «Jodis-koncentrat» u lisovomu shovkivnyctvi (stan pytannja) [Use of the preparation «Jodis-concentrate» in forest silk worm (state of the issue)]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannja – Bioresources and nature management*, 3-4 (6), 16–22 [in Ukrainian].
19. Maksin V. I., Meljnychenko, V. M., & Jaroshhuk A. P. (2010). Do pytannja aljternatyvnoji jodnoji nedostatnosti [To the issue of alternative iodine deficiency]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannja – Bioresources and nature management*, 3–4, 45–49 [in Ukrainian].
20. Melnichenko V. N., Yaroshchuk A. P., & Maksin, V. I. (2004). K voprosu resheniya problemy yododefycita v ramkakh programy «Yodis» [To the issue of solving the problem of iodine deficiency in the framework of the «Iodis» program]. *Yekologiya dovkillya ta bezpeka zhyttiedialnosti – Ecology of the environment and life safety*, 5, 30–35 [in Russian].
21. Nasinnja sil'sjko-gospodarsjkykh kul'tur: Metody vyznachennja jakosti [Seeds of agricultural crops: Methods for determining quality] (2003) *DSTU 4138-2002 from 1d January 2004*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].