

БІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕЧНІСТЬ НАНОАГРОХІМІКАТІВ

*Н. А. Макаренко, С. М. Каленська,
доктори сільськогосподарських наук
Л.В.Рудніцька, аспірантка**

Наведено результати дослідження наноагрохімікатів за показниками впливу на урожайність і якість сільськогосподарських культур. Показано, що під час державних випробувань наноагрохімікати потребують більш глибоких екологічних досліджень для уникнення негативних впливів на біоту біогеоценозів.

Наноагрохімікати, урожайність і якість сільськогосподарських культур, екологічна безпека, біотести.

Нанотехнології у галузі рослинництва передбачають використання препаратів новітнього покоління - наноагрохімікатів і нанопестицидів із "розумним" вивільненням "нанокаталізаторів", здатних підвищувати у 1,5-2 рази продуктивність сільськогосподарських культур. Проте специфічні фізичні і хімічні властивості наночастинок, які входять до складу нанопрепаратів, можуть мати несподівані ризики для екосистем; впливати на біологічні об'єкти на молекулярному рівні, змінювати напрям протікання біохімічних процесів і, за певних умов, проявляти біоцидні властивості.

Швидке впровадження наноматеріалів у сільськогосподарську практику не тільки відкриває нові перспективи, але й становить загрозу для природних екосистем і людини. Тому нагальним питанням є розроблення системи екологічного оцінювання нанопрепаратів, що дозволить обґрунтовувати регламенти їх застосування і визначати оптимальні екологічно безпечні норми внесення під сільськогосподарські культури.

Метою досліджень було виявлення можливих екологічних ризиків застосування наноагрохімікатів.

Матеріали та методи дослідження. Досліджували нанопрепарати Nano-Gro та Аватар-1, які застосовуються у сільськогосподарському виробництві для створення оптимальних умов росту і розвитку сільськогосподарських рослин.

Nano-Gro, препарат виробництва США, це водорозчинні гранули діаметром близько 4 мм, масою 0,05 г з масовою часткою активних

*Науковий керівник - доктор сільськогосподарських наук, Н. А. Макаренко
© Н. А. Макаренко, С.М. Каленська, Л. В. Рудніцька, 2015

компонентів сульфатів заліза, кобальту, алюмінію, магнію, марганцю, нікелю та срібла $2,84 \cdot 10^{-9}\%$ гранули або $1,43 \cdot 10^{-11}$ г.

Аватар-1 - препарат вітчизняного виробництва, є колоїдним розчином особливо чистих карбоксилатів природних харчових кислот та особливо чистих біогенних металів нанорозмірів (1-100 нм) у концентрації, мг/л: Cu - 800, Zn - 70, Mg - 800, Ag - 1,3, Mn - 50, Co - 25, Cr - 0,3, Mo - 25, Fe - 80, Se - 15, Ge - 15,0 в деіонізованій воді чистотою 99,99999%.

Польові дослідження здійснювали в умовах стаціонарного польового досліду кафедри рослинництва НУБіП України (ВП НУБіП «Агрономічна дослідна станція», Правобережний Лісостеп України). Ґрунт дослідної ділянки - чорнозем типовий середньо суглинковий: вміст гумусу становить 4,4%, рН сольової витяжки – 7,5, уміст рухомих форм азоту 114,9 мг/кг ґрунту, фосфору – 62,1 мг/кг ґрунту, калію – 265,6 мг/кг ґрунту.

Вивчали концентрації, відповідні таким нормам внесення нанопрепаратів під сільськогосподарські культури:

Назва нанопрепарату	Норми внесення, мг/га	Концентрація розчину, %
Nano-Gro	100 (рекомендована)	0,05
	200	0,10
	300	0,15
	400	0,20
Аватар -1	50 (рекомендована)	0,025
	100	0,050
	150	0,075
	200	0,100

У досліді вивчали пшеницю озиму, сорту Бриліант та буряк цукровий гібрида Настя. Агротехніка вирощування – традиційна для зони Правобережного Лісостепу. Пшеницю озиму обробляли у фазу виходу в трубку та початок колосіння; буряк цукровий – у фазу шести листочків, злиття в рядку, злиття в міжрядді.

Екологічну безпечність нанопрепаратів визначали за використання біотестів: кресс – салат (*Lepidium sativum* L), горох посівний (*Pisum sativum* L), редис посівний з білим кінчиком (*Raphanus sativus* L), ячмінь ярий (*Hordeum* L), мікроорганізми ґрунту (групи, які беруть участь у перетворенні сполук азоту і визначають його нітріфікаційну здатність). Показники інгібування встановлювали за ДСТУ ISO 14238:2003 [2].

Статистичне опрацювання результатів досліджень проводили з використанням програми MS Excel 2010 і згідно з методиками, викладеними в працях Б. А. Доспехова [1].

Результати досліджень та їх обговорення. Відомо, що нанопрепарати спричиняють зміну концентрації сахаридів та хімічних елементів у рослинних тканинах і тим самим впливають на метаболічні та ростові процеси. Використання нанопрепаратів може призводити у рослин до стресу протягом близько 14 днів, коли починають виділятися природні стимулятори росту (ауксини, гібереліни та цитокініни), а після цього періоду настає дуже швидкий ріст та розвиток коренів, що, в свою чергу,

сприяє більш активному поглинанню поживних речовин та води з ґрунту і підвищенню врожайності рослин.

Результати польових досліджень показали, що нанопрепарати позитивно впливали на урожайність польових культур. Так, урожай зерна пшениці озимої сорту Бріліант у середньому за 3 роки під час застосування Аватару-1 у дозі 50 мл/га становив 3,47 т/га, Nano–Gro у дозі 100 мл/га – 3,71 т/га, на контролі – 2,96 т/га, а буряка цукрового відповідно - 65,3 т/га, 65,8 т/га та 60,7 т/га (табл. 1).

1. Вплив нанопрепаратів на урожайність сільськогосподарських культур, ґрунт - чорнозем типовий середньо суглинковий (2013-2015 рр.)

Варіант	Норма внесення, мл/га	Буряк цукровий		Пшениця озима	
		Урожайність, т/га	± до контролю	Урожайність, т/га	± до контролю
Контроль	-	60,7	-	2,96	-
Аватар - 1	50	65,3	4,6	3,47	0,51
Nano - Gro	100	65,8	5,1	3,71	0,75
HIP _{0,5}		2,22	-	1,50	-

Поряд з позитивним впливом нанопрепаратів на урожайність рослин, проявлялася їх специфічна дія на якість продукції. Так, під час вирощування буряка цукрового нанопрепарати стимулювали розвиток кореневої системи: маса коренеплоду за використання Аватару-1 становила 539,1 г, Nano-Gro – 804,3, на контрольному варіанті – 516,0 г. Водночас, на фоні збільшення маси коренеплодів вміст сухої речовини і цукрів не відрізнявся від контрольного варіанта (табл. 2).

2. Вплив нанопрепаратів на вміст цукрів та сухої речовини у коренеплодах буряків цукрових (сорт Бріліант)

Варіант	Вміст цукрів, %	Вміст сухої речовини, %	Маса коренеплоду, г
Контроль	18,3	23,9	516,0
Аватар - 1	18,6	23,5	539,1
Nano - Gro	17,6	23,2	804,3
HIP _{0,5}	1,26	0,76	39,32

Результати дослідження екологічної безпечності нанопрепаратів показали, що найчутливішим з фітотестів виявився кресс-салат (*Lepidium sativum* L.) – інгібування росту кореня спостерігалось вже за застосування доз рекомендованих виробництву. Так, навіть за низьких концентрацій Аватару-1 (0,025%) було виявлено зменшення довжини стебла в 1,2 рази, кореня – в 1,6, тоді як за максимальної концентрації (0,100%) це пригнічення збільшилося відповідно у 1,3 та 2,3 рази (табл. 3).

3. Вплив нанопрепаратів на морфометричні показники розвитку тест - культур

Нано-препарат	Норма внесення, мл/га	Довжина кореня, см			Довжина стебла, см		
		Кресс - салат	Горох	Редис	Кресс - салат	Горох	Редис
Контроль	-	2,5±0,68		2,1±0,71	1,6±0,37	1,5±0,20	1,2±0,11
	50	1,6±0,06	**	1,9±0,18	1,4±0,09	1,7±0,19	1,3±1,01
Аватар - 1	100	1,3±0,10	-	2,8 ±0,14	1,5±0,21	1,5±0,01	2,1±0,81
	150	1,1±0,32	-	1,7±1,00	1,5±0,50	1,4±0,16	1,5±0,13
	200	1,1±0,60	-	1,6±0,37	1,2±0,30	1,7±0,13	0,9±0,15
	100	1,0±0,05	-	2,6±0,31	1,5±0,04	1,6±0,31	1,4±0,12
Nano - Gro	200	1,6±0,36	-	2,2±0,04	1,3±0,10	1,8±0,40	1,5±0,13
	300	0,8±0,04	-	2,0±0,64	1,4±0,03	1,7±0,83	2,2±0,87
	400	1,4±0,35	-	2,8±0,06	1,6±0,01	1,8±0,15	1,3±0,19

** Під час проростання насіння гороху розвивається тільки один головний зародковий корінець (епікотиль)

Подібні результати було отримано під час дослідження впливу нанопрепаратів на активність ґрунтових мікроорганізмів. Вивчали бактерії, які беруть участь у перетворенні сполук азоту ґрунту, мають високу чутливість до дії хімічних речовин, інтегральним показником активності яких є нітрифікаційна здатність ґрунту. Саме цей показник використовували для екотоксикологічного оцінювання нанопрепаратів. Для характеристики пригнічення активності бактерій використовували показник інгібіторної дії (ID).

У результаті дослідження було зафіксовано, що застосування нанопрепаратів призводило до істотного зниження рівня нітрифікаційної здатності ґрунту: на контрольному варіанті вона становила 60,4 мг/кг ґрунту, під час застосування Аватару-1 знижувалася до 19,6-29,5, а Nano-Gro - 2,0-5,6 мг/кг. Відповідно спостерігалось пригнічення активності бактерій, про що свідчить показник інгібіторної дії (ID) (табл. 4).

Отже, отримані результати свідчать про можливі екологічні ризики під час застосування нанопрепаратів для удобрення і захисту сільськогосподарських рослин.

4. Вплив нанопрепаратів на нітрифікаційну здатність чорнозему типового середньо суглинкового

Варіант	Концентрація, %	Нітрифікаційна здатність ґрунту, мг/кг	Інгібіторна дія на мінералізацію (ID)
Контроль	-	60,4±1,50	-
Аватар - 1	0,025	19,8±0,15	-49,0
	0,05	29,5±3,19	-37,0
	0,1	19,6±3,01	-49,0
	0,05	2,0±0,51	-70,0
Nano - Gro	0,1	5,6±1,86	-66,0
	0,2	4,8±0,57	-67,0

Висновки. Дослідження нанопрепаратів Аватар-1 та Nano-Gro в умовах Північного Лісостепу України підтвердили їх позитивний вплив на продуктивність таких сільськогосподарських культур, як пшениця озима і буряк цукровий - рівень їх урожайності зросла у 1,1-1,2 рази. Водночас, не було виявлено їх позитивного впливу на якість урожаю сільськогосподарських культур.

Встановлено негативний вплив наноагрохімікатів на біоту екосистем за реакцією біотестів, що свідчить про можливі екологічні ризики під час їх застосування. Це підтверджує необхідність більш глибоких екологічних досліджень під час державних випробувань наноагрохімікатів для уникнення негативного впливу на біоту біогеоценозів.

Список літератури

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
2. ДСТУ ISO 14238:2003 Якість ґрунту. Біологічні методи. Визначення мінералізації азоту і нітрифікації в ґрунтах та впливу хімічних речовин на ці процеси (ISO 14238:1997, IDT). – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 12 с.
3. Патон Б. Нанонаука і нанотехнології: технічний, медичний та соціальний аспекти / Б. Патон [та ін.] // Вісник НАН України. - 2009. - № 6. - С. 18-26.
4. Трахтенберг І. М. Питання безпеки виробництва та застосування наноматеріалів / І. М. Трахтенберг, Н. М. Дмиструха, О. Я. Анихтіна // Інститут медицини праці України Етика нанотехнологій та нанобезпека. Матеріали міжнародного семінару / Упор. М. О. Чащин. - К.: НАНУ. - 2011. - 57 с.
5. Хамидулина Х. Х. Международные подходы к оценке токсичности и опасности наночастиц и наноматериалов / Х. Х. Хамидулина, Ю. О. Давыдова // ФБУЗ «Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ» Роспотребнадзора [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.rpohv.ru/security/20120210/>.

Приведены результаты исследования наноагрохимикатов по показателям воздействия на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Показано, что во время

государственных испытаний наноагрохимикаты требуют более глубоких экологических исследований для избежания негативных воздействий на биоту экосистем.

Наноагрохимикаты, урожайность и качество сельскохозяйственных культур, экологическая безопасность, биотесты.

The results of the research on indicators for agrochemicals impact on yield and quality of crops. It is shown that during state testing nanoagrohimikaty require deeper environmental studies to avoid negative effects on the biota ecosystems.

Nanoagrohimikaty, yield and quality of crops, environmental safety, biotest.