

Економіка та управління національним господарством

УДК 338.439
JEL Q18, Q55

Г.О. Прунцева

Нанотехнології як фактор підвищення рівня виробництва сільськогосподарської продукції у контексті забезпечення продовольчої безпеки країни

Проаналізовано вплив нанотехнологій на виробництво сільськогосподарської продукції. Виокремлено позитивні та негативні аспекти використання нанотехнологій у рослинництві та тваринництві. За результатами аналізу встановлено, що застосування нанопрепаратів у виробництві продукції рослинництва підвищує рівень врожайності сільськогосподарських культур, що сприяє забезпеченню населення країни продуктами харчування в кількості, достатній для активного та здорового способу життя. Виокремлено, що застосування нанопрепаратів у виробництві продукції тваринництва підвищує рівень продуктивності тварин і біологічної цінності живої маси, що сприяє підвищенню рівня виробництва та якості продукції тваринництва і здійснює позитивний вплив на рівень продовольчої безпеки країни, а використання нанотехнологій у процесі переробки та зберігання сільськогосподарської продукції позитивно впливає на якість продукції та оптимізує процес зберігання. Встановлено, що у зв'язку з недостатнім рівнем вивчення властивостей деяких наночастинок і їх впливу на організм людини застосування наноматеріалів має бути чітко регламентовано, а виробники сільськогосподарської продукції проінформовані про можливі негативні ефекти від застосування нанодобрих, кормів з використанням наноматеріалів і харчової сировини, збагаченої біоактивними наноконпонентами.

Ключові слова: інноваційні технології, нанотехнології, продовольча безпека.

Постановка проблеми. Обсяг виробництва сільськогосподарської продукції впливає на рівень забезпечення населення продуктами харчування, а застосування інтенсивних технологій сприяє підвищенню рівня сільськогосподарського виробництва та збільшенню обсягу життєво необхідної продукції. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва шляхом впровадження нанотехнологій дозволяє підвищити стійкість рослин до несприятливих погодних умов і сприяє підвищенню опірності організму тварин до інфекційних захворювань і стресу. Необхідність виокремлення найбільш перспективних напрямів застосування нанотехнологій як інструменту підвищення рівня сільськогосподарського виробництва актуалізує проблематику дослідження.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню проблем ефективності застосування нанотехнологій у діяльності сільськогосподарських підприємств присвячували свої праці видатні вчені: В. Балабанов, Д. Буклагин, О. Бурлака, Н. Вовк, І. Голубев, М. Єрохін, С. Іщенко, В. Каплуненко, В. Коростельова, Л. Крачок, М. Лищишин, Л. Никифорова, В. Пономарьов, А. Серета, Е. Тарасова, В. Федоренко та інші. Л. Никифорова підкреслює, що великі перспективи використання наноелектротехнологій відкриваються у сфері виробництва та переробки сільськогосподарської сировини, отримання харчової продукції та кормів задля отримання та зберігання продукції заданої якості за мінімуму трудових і ресурсоенергетичних затрат [1]. О. В. Ситар, Н. В. Новицька, Н.Ю. Таран, С. М. Каленська і В. В. Ганчурін зосереджують увагу на впливі наночастинок на біологічні об'єкти на клітинному рівні, які підвищують ефективність протікання процесів у рослинах, а також беруть участь у формуванні мікроелементного балансу [2]. А. Серета зазначає, що

© Г.О. Прунцева, 2018.

застосування нанопрепаратів в овочівництві забезпечує підвищення стійкості технічних і продовольчих культур до несприятливих погодних умов і збільшення виходу готової продукції [3]. Водночас необхідно відзначити недостатню кількість досліджень на молекулярному рівні для з'ясування механізмів дії нанопродуктів [2]. Використання нанотехнологій підвищує рівень якості та обсягу виробництва сільськогосподарської продукції. Однак відсутність методологічної бази щодо ефективності та безпечності застосування нанотехнологій у виробництві продукції сільського господарства обумовлюють актуальність цієї проблематики.

Таблиця 1

Позитивний ефект від застосування нанотехнологій у виробництві сільськогосподарської продукції

Галузь	Позитивний ефект від застосування нанотехнологій	Економічний ефект
рослинництво	<ul style="list-style-type: none"> - підвищення стійкості рослин до несприятливих погодних умов та інших стресових факторів; - зниження хімічного навантаження на ґрунт; - захист рослин від присутності у посівах сеgetальної рослинності тощо 	<ul style="list-style-type: none"> - норма витрат нанодобрив на гектар посіву значно нижча за норму витрат інших мікродобрив; - більш низька ціна виробництва порівняно з застосуванням традиційних мікродобрив; - збільшення рівня врожайності сільськогосподарських культур; - підвищення рівня рентабельності виробництва тощо
тваринництво	<ul style="list-style-type: none"> - підвищення опірності організму тварин до інфекційних захворювань і несприятливих впливів довкілля; - формування мікроклімату в приміщеннях для тварин і птиці; - контроль концентрації шкідливих речовин у повітрі; - дезинфекція тваринницьких приміщень; - знезараження і пастеризація яєць і яйцепродуктів; - електроконсервування силосної маси зелених кормів електроактивованим консервантом тощо 	<ul style="list-style-type: none"> - збільшення живої маси птиці; - підвищення біологічної цінності продукції; - зниження норми витрат кормів; - підвищення продуктивності тварин; - підвищення рівня рентабельності виробництва тощо
переробка сільськогосподарської продукції	<ul style="list-style-type: none"> - насичення харчової сировини біоактивними компонентами (вітаміни у вигляді наночастинок); - використання каталізаторів на основі нанорозмірного паладію та нановуглецевих матеріалів для гідрування рослинної олії; - наноелектротехнологія сушіння зерна, що використовує конвективне сушіння разом з НВЧ сушінням тощо 	<ul style="list-style-type: none"> - збільшення харчової цінності продукції; - підвищення якості обробки продукції; - підвищення рівня рентабельності виробництва тощо
зберігання сільськогосподарської продукції	<ul style="list-style-type: none"> - дезинфекція сільгосприміщень; - пакування та зберігання продукції; - оптимізація повітряного і гідрологічного режиму зберігання і проростання насіння тощо 	<ul style="list-style-type: none"> - підвищення якості зберігання продукції; - підвищення рівня рентабельності виробництва тощо

Складено автором на основі даних [1-23].

Метою статті є оцінка впливу нанотехнологій на ефективність функціонування системи продовольчої безпеки країни.

Основні результати дослідження. Під продовольчою безпекою ми розуміємо сукупність державних інструментів регулювання стану продовольчого ринку, за якого досягається фізична та економічна доступність населення до продовольства в кількості та якості, необхідних для активного здорового життя. При оцінці впливу нанотехнологій на рівень продовольчої безпеки, необхідно брати до уваги як продуктивність сільськогосподарського виробництва, так і якість і безпечність виробленої продукції. Що стосується продуктивності сільськогосподарського виробництва, то наявність численних експериментів щодо впливу нанотехнологій на рівень сільськогосподарського виробництва відображають ефективність застосовуваних технологій. Результати від застосування нанотехнологій у виробництві сільськогосподарської продукції наведені у табл. 1.

У рослинництві застосування нанопрепаратів як мікродобрів сприяє підвищенню стійкості рослин до несприятливих погодних умов та інших стресових факторів, забезпечує зниження хімічного навантаження на ґрунт і збільшення врожайності майже всіх продовольчих і технічних культур.

І. Логінова зазначає, що значною перевагою нанодобрів, порівняно з традиційними мікродобривами, є більш низька ціна виробництва, а рекомендована норма витрат нанодобрів на гектар посіву значно нижча за норму витрат інших мікродобрів, що робить нанодобрива економічно привабливими [4]. Результати впливу наноматеріалів на ефективність виробництва продукції рослинництва наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Вплив наноматеріалів на ефективність виробництва продукції рослинництва

Наноматеріал	Використання у виробництві	Ефект від застосування
Суспензія нанокристалічного порошку	Передпосівна обробка насіння пшениці, посадкового матеріалу столового буряку та картоплі	Підвищення врожайності на 20-25%
Нанопориста плівка	Оптимізація повітряного і гідрологічного режиму зберігання і проростання насіння	Підвищення врожайності на 10-12%, термін окупності застосування нанопористої плівки для обробки посівного матеріалу пшениці на 20 тис. га – один вегетаційний період
Наночастинки магнію	Стимуляція фотосинтезу рослин	Підвищення урожайності сільськогосподарських культур
Наночастинки заліза	Прискорення росту рослин	Підвищення врожайності сільськогосподарських культур

Складено автором на основі даних [2; 5-8].

Можна зробити висновок, що застосування нанопрепаратів у виробництві продукції рослинництва підвищує рівень врожайності сільськогосподарських культур, а отже сприяє забезпеченню населення країни продуктами харчування в кількості, достатній для активного та здорового способу життя.

Застосування нанотехнологій у тваринництві сприяє підвищенню продуктивності тварин, опірності організмів тварин до інфекційних захворювань і стресів, забезпечує значний ефект щодо формування мікроклімату в приміщеннях для тварин і птиці, контролю концентрації шкідливих речовин у повітрі, дезінфекції тваринницьких приміщень, електроконсервуванні силосної

маси зелених кормів електроактивованим консервантом, лікуванні маститу тварин, знезараженні і пастеризації яєць і яйцепродуктів тощо [1; 10]. Вплив наноматеріалів на ефективність виробництва продукції тваринництва наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вплив наноматеріалів на ефективність виробництва продукції тваринництва

Наноматеріал	Використання у виробництві	Ефект від застосування
Наноаквацитрати мінеральних елементів є біологічно ефективними і безпечними для здоров'я та дозволені для збагачення кормів, сировини і харчових продуктів	Використання цитратів Cr, Se та Ge для підгодівлі бджіл	Виявлено зниження вмісту важких металів (Cd, Pb) як у тканинах цілого організму, так і окремих анатомічних відділах бджіл. Забезпечує підвищення їх життєздатності, збільшення вмісту в організмі та продукції бджільництва есенціальних мікроелементів, ліпідних і вуглеводних компонентів
	Застосування цитрату Cr у живленні кролів	Стимулювання обміну мінеральних елементів, протеїнів і ліпідів в організмі та підвищення біологічної цінності кролятини
Нанотехнологічна кормова добавка, у склад якої входить наносорбент на основі монтморілонітових глини	Поглинає і виводить з організму тварин важкі і радіоактивні метали, нітрати, нітриди, залишки пестицидів, мікроорганізми, токсини. При утриманні в шлунково-кишковому тракті тварини 10 мг / л нікелю очищення відбувається на 100%, хрому, свинцю, ртуті, кадмію – на 80-95%, а радіоактивного цезію – на 95-98%. Добавка на 98-99,99% нейтралізує збудників дизентерії, золотистий стафілокок і вірус поліомієліту, сортує патогенні бактерії кишкової групи – сальмонели, стрептококи, кишкову паличку.	Введення добавки в раціон молочних корів покращує якість молока – в ньому на 5% підвищується вміст лактози, на 17% – каротину, на 27% – вітаміну А, при цьому кислотність молока знижується на 6-8%
		У свиноматок, які отримують препарат під час вагітності, знижується прояв токсикозу і на 18% підвищується кількість здорових новонароджених поросят. Збереження порослят зростає на 8-11%, а їх жива маса на 20-25% перевищує масу порослят від свиноматок, які не отримували добавку.
		Використання добавки сприяє збільшенню живої маси птиці на 15-18% і підвищує її збереження на 7-11%.

Складено автором на основі даних [9; 11].

Отже, застосування нанопрепаратів у виробництві продукції тваринництва підвищує рівень продуктивності тварин і біологічної цінності живої маси, що сприяє підвищенню рівня виробництва та якості продукції тваринництва і позитивно впливає на рівень продовольчої безпеки країни.

Під час переробки аграрної продукції нанотехнології використовуються при насиченні харчової сировини біоактивними компонентами (вітаміни у вигляді наночастинок), як каталізатори на основі нанорозмірного паладію та нановуглецевих матеріалів для гідрирування рослинної олії [1; 10]. Під час зберігання сільськогосподарської продукції нанотехнології використовуються у ролі наноелектротехнологій сушіння зерна (конвективне сушіння разом з НВЧ сушінням), знаходять широке застосування у дезинфекції сільгоспприміщень та виробничих інструментів [1; 3; 10]. Таким чином, застосування нанотехнологій під час переробки та зберігання сільськогосподарської продукції позитивно впливає на якість продукції та оптимізує процес зберігання.

Водночас необхідно відзначити, що механізм біологічної, зокрема токсичної дії наноструктур, досліджено вкрай слабо. На Європейській конференції «Нанотехнології: критична галузь в професійній безпеці та здоров'ї» (2007 р.) підкреслювалось, що досвід людства у використанні наночастинок досить малий, а можливий вплив комплексу їх властивостей на людський організм поки що мало вивчено. Тому до нанотехнологій необхідно застосовувати принцип перестороги та забезпечувати жорсткий контроль за безпечністю наночастинок на всіх етапах їх виробництва та використання [12]. У доповіді для Міжнародної ради з керування ризиком «Керування ризиком для застосування нанотехнологій в продуктах харчування і косметичних засобах» (2009 р.) відзначено, що занепокоєння у зв'язку з потенційним ризиком наноматеріалів на здоров'я людини та навколишнє середовище підвищується за недостатністю наукових досліджень щодо визначення характеристик безпечності наноматеріалів, які використовуються в продуктах харчування [13]. Негативний вплив наноматеріалів на сільськогосподарську продукцію наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Негативний вплив наноматеріалів на сільськогосподарську продукцію

Проблема	Негативний ефект
Значна кількість речовин набуває нових властивостей і може стати біологічно активними	Зумовлює можливі потенційні токсичні ефекти таких матеріалів за контакту з ними живих організмів
Дослідження, присвячені впливові наноматеріалів на здоров'я людини, тварин, рослин і екологічну стійкість довкілля, не охоплюють великої кількості використовуваних або перспективних видів наноматеріалів, різноманітності факторів їх можливого впливу на здоров'я	Через малі розміри наночастинки можуть не розпізнаватися захисними системами організму, піддаватися біотрансформації, виводитися з організму та викликати імунну відповідь. Крихітні розміри дозволяють наночастинкам вбудовуватися в мембрани, проникати в клітинні органели, змінюючи функції біоструктур
У більшості проведених досліджень вказується на те, що визначальним у токсичності наноматеріалів є розвиток окислювального стресу і пошкодження ДНК	Може призвести до апоптозу, некрозу клітини та інфекційної реакції

Складено автором на основі даних [14-16].

О. Ситар зазначає, що недостатність знань про властивість наночастинок призводить не тільки до зменшення галузей, у яких можливе їх використання, а й до некоректної оцінки ризиків, які вони несуть для рослинного, тваринного і людського організму [2]. На думку А. Яковлева, недостатня увага приділяється проблемам біоаккумуляції наночастинок і їх передачі по харчових ланцюгах [17]. Л. Крачок до основних проблем застосування нанотехнологій відносить недостатність знань про механізм дії нанотехнологій і властивості наноматеріалів, слабку підтримку розвитку нанотехнологій; ймовірність токсичної дії наночастинок; проблеми сертифікації нанопродуктів [18]. На необхідності стандартизації наноматеріалів у складі харчових продуктів наголошують М. Проданчук і В. Слободкін [6]. Автори зазначають, що стандартизовані індикатори нанотоксичності, які б урахували такі характеристики, як площа поверхні, розмір, форма, склад і хімічна реактивність складових наночастинок, на сьогодні відсутні. М. Проданчук і В. Слободкін виокремлюють проблему недостатності розробки методів виявлення, ідентифікації і кількісного визначення наночастинок у харчових продуктах.

Це означає, що передусім потрібно розробити і / або впровадити високочутливі методи визначення наноматеріалів у харчових продуктах. Чинні регуляторні акти, що визначають основні засади застосування наноматеріалів у харчовій промисловості, наведені у табл. 5.

Таблиця 5

Регуляторні акти Європейської комісії, що регулюють застосування наноматеріалів

РЕГУЛЯТОРНИЙ АКТ	ХАРАКТЕРИСТИКА
Положення Європейської комісії № 178/2002	Представлена загальна схема продовольчої безпеки, заснована на принципі обережності (відсутність конкретної згадки про наноматеріали)
Положення Європейської комісії № 1333/2008 про харчові добавки	Введення позитивного списку для дозволених речовин: Ст. 12: коли харчова добавка вже включена в спільний список і відбувається суттєва зміна методів її виробництва або використовуваних вихідних матеріалів, або відбувається зміна розміру частинок, наприклад за допомогою нанотехнологій, то харчова добавка, підготовлена за новими методами або матеріалами, має розглядатися як інша добавка і новий запис у спільних списках або вимагатиметься зміна специфікацій, перш ніж вона може бути представлена на ринку
Положення Європейської комісії № 1169/2011: Інформація про продукти харчування для споживачів (FIC), що охоплює всі продукти харчування	Представлено визначення для розроблених наноматеріалів («intentionally produced»); визначено маркування наноконпонентів, незалежно від ризику
Рекомендація Європейської комісії щодо визначення наноматеріалу (2011/696/ЄС)	«Наноматеріал» означає природний, супутній (побічний) або виготовлений матеріал, що містить частки у незакріпленому (вільному) стані у вигляді сукупності або агломерату, і щонайменше 50% яких (у числовому розподілі за розміром) мають один або більше зовнішніх габаритів у діапазоні від 1 до 100 нм

Складено автором на основі даних [19-21].

Отже, у зв'язку з недостатнім рівнем вивчення властивостей деяких наночастинок та їх впливу на організм людини, застосування наноматеріалів має бути чітко регламентовано, а виробники сільськогосподарської продукції проінформовані про можливі негативні ефекти від застосування нанодобрих, кормів з використанням наноматеріалів і харчової сировини, збагаченої біоактивними наноконпонентами.

Висновки. Таким чином, використання нанотехнологій у сільськогосподарському виробництві здійснює позитивний ефект на виробництво продукції рослинництва та тваринництва, знаходить широке застосування у процесі переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, що позитивно впливає на загальний рівень виробництва сільськогосподарської продукції та продовольчу безпеку в країні. Однак наявність невизначеного ефекту дії деяких наночастинок зумовлює невизначеність впливу наноматеріалів на якість продукції сільськогосподарського виробництва, що обумовлює необхідність проведення подальших глибоких досліджень щодо вивчення властивостей наноматеріалів і забезпечення регламентування, стандартизації та сертифікації нанорозмірних матеріалів, що застосовуються у процесах виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції.

Список використаних джерел

1. Никифорова Л. Е. Нанотехнології у сільському господарстві. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (технічні науки)*. 2010. Вип. 10(4). С. 29-33.
2. Ситар О. В., Новицька Н. В., Таран Н. Ю., Каленська С. М., Ганчурін В. В. Нанотехнології в сучасному сільському господарстві. *Фізика живого*. 2010. № 18(3). С. 113-116.
3. Середа А. Нанотехнологии в сельском хозяйстве. *Социальная сеть работников образования «Наша сеть»*: сайт. 16.03.2016. URL: <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2016/03/16/nanotehnologii-v-selskom-hozyaystve>
4. Логинова И. Среди украинских производителей удобрений растет популярность приставки «НАНО». *Информационное агентство Инфоиндустрия*: сайт. 2015. URL: <http://infoindustria.com.ua/sredi-ukrainskih-proizvoditeley-udobreniy-rastet-populyarnost-pristavki-nano>
5. Гончар Л. М. Використання наноматеріалів у технології вирощування пшениці озимої сорту Національна. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 4. С. 185-188.
6. Проданчук М. Г., Слободкін В. І. Перспективи впровадження нанотехнологій і наноматеріалів у харчовій промисловості, їх гігієнічна оцінка та актуальні завдання наногігієни харчування. *Проблеми харчування*. 2010. № 3-4. С. 5-15.
7. Ульберг З., Грузина Т., Карпов О. Нанотехнології в медицині: роль колоїднихімічних процесів. *Вісник Національної академії наук України*. 2008. № 8. С. 28-41.
8. Федоренко В. Ф., Ерохин М. Н., Балабанов В. И., Буклагин Д. С., Голубев И. Г., Ищенко С. А. *Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе*. Москва: Росинформагротех, 2011. 312 с.
9. Влізло В. В., Іскра Р. Я., Федорук Р. С. Нанобіотехнології. Сучасність та перспективи розвитку. *Біологія тварин*. 2015. № 17(4). С. 18-29.
10. Тарасова Е. Ю., Коростелева В. П., Пономарев В. Я. Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве. *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. № 15(21). С. 121-122.
11. Нанотехнологии в животноводстве. *Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан*: сайт. 12.01.2018. URL: http://www.agro.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_48888.doc
12. *Nanotechnologies: A Critical Area in Occupational Safety and Health*: European Nan OSH Conference (2007, Dec 03-05, Helsinki, Finland). URL: <http://www.nanowerk.com>
13. Сердюк А. М., Гулич М. П., Каплуненко В. Г. и др. Управление риском для применений нанотехнологий в продуктах питания и косметических средствах. *Проблеми окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация*: сб. науч. тр. 2009. № 5. С. 3-79.
14. Занина К. А., Цуркин А. П. Влияние нанотехнологий и наноматериалов на человека и остальной живой мир. *Технические науки: традиции и инновации*: Материалы II международной научной конференции (октябрь 2013 г., г. Челябинск). 2013. С. 21-24. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/87/4167>
15. Таран М. В., Шаванова К. Є., Стародуб М. Ф. Біологічний ефект нанокompatитів на рослини. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. Вип. 6. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_6_3
16. Batsmanova L. M., Gonchar L. M., Taran N. Yu., Okanenکو A. A. Using a colloidal solution of metal nanoparticles as micronutrient fertiliser for cereals. *Nanomaterials: Applications and Properties*. Proceedings of the International Conference. 2013. Vol. 2(4). С. 04NABM14-1-04NABM14-2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/princon_2013_2_4_38
17. Яковлев А. Р. Развитие нанотехнологий: благо или опасность? *Современные исследования социальных проблем*: электрон. науч. журнал. 2012. № 9(17).
18. Крачок Л. І. Новітні технології у сільському господарстві: проблеми і перспективи впровадження. *Сталий розвиток економіки*. 2013. № 3. С. 224-231.
19. Саліхова О. Б. Державна політика у сфері нанонауки та нанотехнологій в Україні з урахуванням орієнтирів ЄС. *Економіка і прогнозування*. 2014. № 3. С. 121-136.
20. Monahan Couch L., Wien M., Brown J. L., Davidson P. Food nanotechnology: Proposed uses, safety concerns and regulations. *Agro Food Industry Hi Tech*. 2016. 27(1). Pp. 36-39.
21. Prinz M.-J. *Current legislative framework for nanomaterials & Introduction to the impact assessment on transparency measures*. European Commission. 2014. 34 p.
22. Нанотехнологии в сельском хозяйстве. 12.01.2018. *Агентство инноваций и развития экономических и социальных проектов*: сайт. URL: <https://www.innoros.ru/news/biologiya/15/09/nanotehnologii-v-selskom-khozyaystve>
23. Commission recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial. 2011/696/EU. *Official Journal of the European Union*. 18.10.2011. L. 275. Pp. 38-40.

References

1. Nikiforova, L. Ye. (2010). Nanotekhnolohiyi u sil'skomu hospodarstvi [Nanotechnology in agriculture]. In *Zbirnyk naukovykh prats' Tavriys'koho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu (tehnichni nauky)*

- [Proceedings of the Tauride Agrotechnological State University (Technological sciences)]: Vol. 10(4) (pp. 29-33). [in Ukrainian].
2. Sytar, O. V., Novytska, N. V., Taran, N. Yu., Kalenska, S. M., & Hanchurin, V. V. (2010). Nanotekhnolohiyi v suchasnomu sil'skomu hospodarstvi [Nanotechnology in modern agriculture]. *Fizyka zhyvoho – Physics of the Alive*, 18(3), 113-116. [in Ukrainian].
 3. Sereda, A. (2016, Mar 16). Nanotekhnologii v sel'skom khozyaystve [Nanotechnology in agriculture]. *Social network of educators «Our Network»*: Website. Retrieved from <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2016/03/16/nanotekhnologii-v-selskom-hozyaystve> [in Russian].
 4. Loginova, I. (2015). Sredi ukrainskikh proizvoditeley udobreniy rastet populyarnost' pristavki «NANO» [The popularity of the «NANO» prefix grows among Ukrainian fertilizer producers]. *Information Agency InfoIndustry*: website. Retrieved from <http://infoindustria.com.ua/sredi-ukrainskikh-proizvoditeley-udobreniy-rastet-populyarnost-pristavki-nano> [in Ukrainian].
 5. Honchar, L. M. (2009). Vykorystannya nanomaterialiv u tekhnolohiyi vyroshchuvannya pshenytsi ozymoyi sortu Natsional'na [Using nanomaterials in the growing technology of winter wheat «National»]. *Visnyk Poltav's'koyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 185-188. [in Ukrainian].
 6. Prodanchuk, M. H., & Slobodkin, V. I. (2010). Perspektyvy vprovadzhennya nanotekhnolohiyi i nanomaterialiv u kharchoviy promyslovosti, ikh hihiyenichna otsinka ta aktual'ni zavdannya nanohiiyeny kharchuvannya [Prospects for the introduction of nanotechnologies and nanomaterials in the food industry, their hygienic assessment and urgent tasks of nutrition nano-hygiene]. *Problemy kharchuvannya – Problems of nutrition*, 3-4, 5-15. [in Ukrainian].
 7. Ulberh, Z., Hruzyna, T., & Karpov, O. (2008). Nanotekhnolohiyi v medytsyni: rol' koloidnohimichnykh protsesiv [Nanotechnology in medicine: the role of colloid-chemical processes]. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrainy – Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 8, 28-41. [in Ukrainian].
 8. Fedorenko, V. F., Yerokhin, M. N., Balabanov, V. I., Buklagin, D. S., Golubev, I. G., & Ishchenko, S. A. (2011). Nanotekhnologii i nanomaterialy v agropromyshlennom komplekse [Nanotechnologies and nanomaterials in the agro-industrial complex]. Moscow: Rosinformagrotech. [in Russian].
 9. Vlizlo, V. V., Iskra, R. Ya., & Fedoruk, R. S. (2015). Nanobiotekhnolohiyi. Suchasnist' ta perspektyvy rozvytku [Nanobiotechnology. Current state and development prospects]. *Biolohiya tvaryn – Animal Biology*, 17(4), 18-29. [in Ukrainian].
 10. Tarasova, Ye. Yu., Korosteleva, V. P., & Ponomarev, V. Ya. (2012). Primeneniye nanotekhnologiy v sel'skom khozyaystve [Application of nanotechnology in agriculture]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Bulletin of Kazan Technological University*, 15(21), 121-122. [in Russian].
 11. Nanotekhnologii v zhivotnovodstvye [Nanotechnology in animal production] (2018, Jan 12). *Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tatarstan*: website. Retrieved from http://agro.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_48888.doc [in Russian].
 12. *Nanotechnologies: A Critical Area in Occupational Safety and Health* (2007). European Nan OSH Conference (2007, Dec 03-05, Helsinki, Finland). Retrieved from <http://www.nanowerk.com>.
 13. Serdyuk, A. M., Gulich, M. P., & Kaplunenko, V. G., et al. (2009). Upravleniye riskom dlya primeneniya nanotekhnologiy v produktakh pitaniya i kosmeticheskikh sredstvakh [Risk management for nanotechnology applications in food and cosmetics]. In *Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnnykh resursov. Obzornaya informatsiya [Problems of the environment and natural resources. Overview Information]*: Vol. 5: (pp. 3-79). [in Russian].
 14. Zanina, K. A., & Tsurkin, A. P. (2013). Vliyanie nanotekhnologiy i nanomaterialov na chelovyeka i ostal'noy zhivoy mir [Influence of nanotechnologies and nanomaterials on man and the rest of the living world]. In *Tekhnicheskkiye nauki: traditsii i innovatsii [Technical sciences: traditions and innovations]*. Proceedings of the II International Scientific Conference (Chelyabinsk, 2013 October) (pp. 21-24). Retrieved from <https://moluch.ru/conf/tech/archive/87/4167> [in Russian].
 15. Taran, M. V., Shavanova, K. Ye., & Starodub, M. F. (2014). Biologichnyy efekt nanokompozitiv na roslyny [Biological effect of nanocomposites on plants]. In *Naukovi dopovidi Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy [Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]*: Vol. 6. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_6_3 [in Ukrainian].
 16. Batsmanova, L. M., Gonchar, L. M., Taran, N. Yu., & Okanenko, A. A. (2013). Using a colloidal solution of metal nanoparticles as micronutrient fertiliser for cereals. In *Nanomaterials: Applications and Properties*. Proceedings of the International Conference: Vol. 2(4) (pp. 04NABM14-1-04NABM14-2). Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/princon_2013_2_4_38
 17. Yakovlev, A. R. (2012). Razvitiye nanotekhnologiy: blago ili opasnost'? [Development of nanotechnology: boon or danger?]. *Sovremennyye issledovaniya sotsial'nykh problem – Modern research of social problems*, 9(17). [in Russian].
 18. Krachok, L. I. (2013). Novitni tekhnolohiyi u sil'skomu hospodarstvi: problemy i perspektyvy vprovadzhennya [Newest technologies in agriculture: implementation problems and perspectives]. *Stalyy rozvytok ekonomiky – Sustainable Development of Economy*, 3, 224-231. [in Ukrainian].

19. Salikhova, O. B. (2014). Derzhavna polityka u sferi nanonauky ta nanotekhnolohiyi v Ukraini z urakhuvannyam oriyentyriv YeS [State policy in the field of nanoscience and nanotechnology in Ukraine taking into account the EU guidelines]. *Ekonomika i prohozuvannya – Economy and Forecasting*, 3, 121-136. [in Ukrainian].
20. Monahan Couch, L., Wien, M., Brown, J. L., Davidson, P. (2016). Food nanotechnology: Proposed uses, safety concerns and regulations. *Agro Food Industry Hi Tech*, 27(1), 36-39.
21. Prinz, M.-J. (2014). Current legislative framework for nanomaterials & Introduction to the impact assessment on transparency measures. European Commission.
22. Nanotekhnologii v syel'skom khozyaystve [Nanotechnology in agriculture]. (2018, Jan 12). *Agency for Innovation and Development of Economic and Social Projects*: Website. Retrieved from <https://www.innoros.ru/news/biologiya> (15/09/nanotekhnologii-v-selskom-khozyaistve [in Russian]).
23. Commision recommendation on the definition of nanomaterial (2011, Oct 18). 2011/696/EU. *Official Journal of the European Union*, L. 275, 38-40.

Pruntseva G. O. Nanotechnology as a factor in increasing the level of agricultural production in the context of ensuring food security of the country.

The volume of agricultural production has an impact on the level of providing vital products to the population, and the use of intensive technologies helps to increase the level of agricultural production and increase the volume of vital products. Intensification of agricultural production through the introduction of nanotechnologies can increase the resistance of plants to adverse weather conditions and increase the resistance of animals to infectious diseases and stress. We note the necessity to conduct wider studies to identify the most promising areas of application of nanotechnology as a tool for raising the level of agricultural production. In assessing the impact of nanotechnologies on the level of food security, it is necessary to assess both the productivity of agricultural production and the quality and safety of the products produced. Regarding the productivity of agricultural production, the existence of numerical experiments in the impact of nanotechnologies on the level of agricultural production reflects the efficiency of the applied technology. The application of nanoparticles as microfertilizer in plant growing contributes to increasing plant resistance to adverse weather conditions and other stress factors, reduces the chemical load on the soil and increases the yield of almost all food and industrial crops. The application of nanotechnologies in livestock breeding contributes to raising the productivity of animals, resistance of animal organisms to infectious diseases and stresses, provides a significant effect on the formation of microclimate in premises for animals and poultry, control of the concentration of harmful substances in the air, disinfection of livestock buildings, electrocontaining of silage mass of green feeds with an electroactivated preservative, treatment of mastitis of animals, decontamination and pasteurization of eggs and egg products, etc. Nanotechnologies are used as catalysts based on nanosized palladium and nanocarbon materials for the hydrating of vegetable oils, as nanoelectronics of grain drying (convective drying together with microwave drying) in the processing of agrarian products. Nanotechnology is widely used in the disinfection of agricultural inputs and production tools in the process of storage of agricultural products. Thus, the use of nanotechnologies in agricultural production has a positive effect on the production of crop and livestock production, processing and storage of agricultural products, which positively affects the overall level of agricultural production and food security in the country. However, the presence of an uncertain effect of some nanoparticles leads to uncertainty about the impact of nanomaterials on the quality of agricultural production, which necessitates further in-depth research into the properties of nanomaterials and to ensure the regulation, standardization and certification of nanoscale materials used in the processes of production, processing and storage of agricultural products.

Keywords: innovation technologies, nanotechnologies, food security.

Прунцева Гелена Олександрівна – кандидат економічних наук, керівник ГО «Інституціональні реформи» (e-mail: gelena2020@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5703-201X>).

Pruntseva Gelena Oleksandrivna – Ph.D. (Econ.), Head of PO «Institutional Reforms».

Надійшло 18.03.2018 р.