

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

САВЧУК МАРИНА ВІКТОРІВНА

УДК 502.173:[620.3:553.673]

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА NЬ-ВМІСНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ
НА ОСНОВІ САПОНІТУ**

03.00.16 «Екологія»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор біологічних наук, професор
Стародуб Микола Федорович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
завідувач кафедри молекулярної біології,
мікробіології та біобезпеки

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Корсун Світлана Георгіївна,
Національний науковий центр
«Інститут землеробства НААН»,
завідувач відділу агроєкології
та аналітичних досліджень

доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Чабанюк Ярослав Васильович,
Інститут агроєкології і природокористування НААН,
завідувач відділу агроєкології і біобезпеки

Захист відбудеться «28» грудня 2017 року о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.15 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «27» листопада 2017 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ю. В. Коломієць

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У галузі рослинництва наноматеріали використовують як нанодобрива, які здатні підвищувати продуктивність сільськогосподарських культур. Серед різноманіття наноматеріалів значної популярності набули нанокompозити, які поєднують в своєму складі наночастинки, що розташовуються в структуро-утворюючому матеріалі – матриці. Нанокompозити на основі сапоніту є перспективними меліорантами комплексної дії, які спричиняють одержання високих врожаїв і збільшення в ґрунтах запасів доступних поживних речовин, зокрема, азоту, фосфору, калію, кальцію та магнію. Наночастинки оксидів металів підвищують ефективність функціонування фізіолого-біохімічних процесів у рослинах і беруть участь у формуванні балансу мікроелементів. Расісіу М. (2009), Каленська С. М. (2011), Таран Н. Ю. (2011), Франтійчук В. В. (2012), Єжков В. О. (2013), Панюта О. (2014) показали, що використання нанопрепаратів на основі наночастинок оксидів металів дозволяє підвищувати фотосинтетичні процеси, ростові показники та врожайність сільськогосподарських культур.

Проте, не слід забувати і щодо небезпечності композиційних наноматеріалів, які в своєму складі містять наночастинки, які завдяки невеликим розмірам і різноманітним формам можуть бути токсичнішими, ніж звичайні. Наночастинки здатні проникати через мембрани, циркулювати й накопичуватися в органах і тканинах та спричиняти гальмівну дію на системи життєдіяльності організму. Тому, важливим завданням є вивчення біологічної дії новосинтезованих наноструктур, оскільки питання екологічної безпеки є одним з пріоритетних.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводили протягом 2014–2017 рр. на кафедрі молекулярної біології, мікробіології та біобезпеки Національного університету біоресурсів і природокористування України у рамках наукових тем: «Розробка нового покоління інструментальних аналітичних засобів на основі принципів нанобіотехнології та біосенсорики для забезпечення системи біобезпеки» (номер державної реєстрації 0113U003848; 2013–2015 рр.); «Nanostructured Materials for the Catalytic Abatement of Chemical Warfare Agents «Nano Contra Chem», Science for Peace and Security Programme NATO (номер міжнародної реєстрації SfP 984481; 2012–2016 рр.); «Development of nanotechnology based biosensors for agriculture» (номер міжнародної реєстрації 318520; 2012–2016 рр.)

Мета та завдання дослідження. Метою роботи було вивчення фізико-хімічних особливостей і впливу Nb^{5+} -вмісних нанокompозитів на біологічні системи різних рівнів організації та можливості їхнього використання для підвищення біометричних показників сільськогосподарських культур.

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні завдання:

- охарактеризувати фізико-хімічні властивості новосинтезованих Nb^{5+} -вмісних нанокompозитів на основі сапоніту;
- оцінити рівень цитотоксичності Nb^{5+} -вмісних нанокompозитів за допомогою *Allium-тесту* (*Allium cepa* L.);

- встановити рівень генотоксичності Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів за допомогою біосенсорних систем;
- з'ясувати рівень фітотоксичності Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів з використанням крес-салату (*Lepidium sativum* L.);
- дослідити вплив Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів на основі сапоніту на функціональний стан окремих мікроорганізмів;
- провести оцінку впливу новосинтезованих Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів на основі сапоніту на функціональний стан безхребетних гідробіонтів (*Daphnia magna* Straus);
- вивчити характер і ступінь дії Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів на біометричні показники кукурудзи;
- запропонувати практичне використання Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів на основі сапоніту у рослинництві.

Об'єкт дослідження – фізико-хімічні властивості і біологічна активність новосинтезованих Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів на основі сапоніту для підвищення біометричних показників гібриду кукурудзи Харківський 340 МВ.

Предмет дослідження – наноконпозити, наночастинки, біологічні системи різних рівнів організації, гібрид кукурудзи Харківський 340 МВ.

Методи дослідження: лабораторний – для вивчення структури і морфології наноконпозитів; дослідження впливу наноконпозитів на тест-організми ґрунтової, водної та наземної екосистем на різних рівнях організації; вивчення ефективності впливу наноконпозитів на біометричні показники кукурудзи гібриду Харківський 340 МВ; статистичні – встановлення на основі дисперсійного аналізу достовірності отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше досліджено структуру, форму і розміри Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів на основі сапоніту й здійснено комплексне дослідження їхнього впливу відносно ряду тест-об'єктів. Встановлено, що вони не проявляють токсичної дії на живі організми, на відміну від наночастинок SiO₂, які входять до їхнього складу. Виявлено стимулювальний вплив Nb⁵⁺-вмісних наноконпозитів на процеси росту і розвитку гібриду кукурудзи Харківський 340 МВ.

Поглиблено уявлення щодо взаємозв'язку між розмірами і токсичністю наноматеріалів. Висловлено припущення, що наноконпозити не є токсичними хімічними речовинами, оскільки наночастинки SiO₂, що входять до їхнього складу під час синтезу, агрегують до більших структур шляхом зміни форми та розміру.

Набуло подальшого розвитку дослідження біологічної ефективності застосування наноконпозитів на основі сапоніту для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дисертаційної роботи дозволяють визначити наноконпозити як екологічно безпечні хімічні речовини.

Вперше запропоновано науково-методичні підходи для активації ростових процесів, що включають замочування насіння рослин гібриду

кукурудзи у водному розчині нанокompозиту Nb – Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л.

Методичні напрацювання і результати експериментальних досліджень доцільно використовувати в навчальних програмах вищих навчальних закладів при викладанні дисциплін «Біобезпека», «Екологічна безпека» з напрямку підготовки спеціалістів «Біотехнологія» та «Екологія, охорона навколишнього природного середовища».

Основні положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи впроваджено у виробничу діяльність ФГ «Кулішівське» (с. Куліші Ємільчинського району Житомирської області), ТОВ «Агрофірма Дружба» (с. Капустинці Яготинського району Київської області).

Особистий внесок здобувача полягає в опрацюванні літератури, оволодінні експериментальними методами досліджень, безпосередній участі у плануванні і проведенні експериментів, обґрунтуванні та статистичному опрацюванні отриманих результатів досліджень. Дослідження виконано здобувачем самостійно на кафедрі молекулярної біології, мікробіології та біобезпеки Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Апробація результатів дослідження. Основні результати і положення дисертаційної роботи було представлено на Міжнародній науково-практичній конференції «Досягнення та перспективи застосування гумінових речовин у сільському господарстві» (м. Дніпро, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво)» (м. Київ, 2017 р.); XI Міжнародній науковій конференції студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології» (м. Львів, 2015 р.); X Міжнародній науковій конференції студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології» (м. Львів, 2014 р.); VII Міжнародній конференції з нанотехнологій та сучасних матеріалів «Euro Nano Forum 2015» (м. Рига, Латвійська Республіка, 2015); Швейцарсько-Японському семінарі з наноматеріалів та нанотехнологій «SJS-Nano», (м. Лінчюпінг, Королівство Швеція, 2015 р.); VIII Міжнародній конференції «Розширені оптичні матеріали та пристрої» (м. Рига, Латвійська Республіка, 2014 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 20 наукових праць, з яких 6 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 2 статті у наукових виданнях іншої держави, науково-практична рекомендація, 9 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертацію представлено у вигляді рукопису та викладено на 166 сторінках комп'ютерного тексту. Дисертація складається з анотацій, вступу, огляду літератури, опису матеріалів і методів досліджень, результатів експериментальних досліджень, аналізу та узагальнення одержаних результатів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел (252 найменування, у тому числі 130 іноземною мовою) й додатків. Робота містить 37 рисунків та 10 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ (огляд літератури)

Аналіз літератури показує, що на даний час нанотехнології використовують в різних галузях промисловості та сільського господарства. Встановлено, що за допомогою нанорозмірних частинок одержують нові види матеріалів з покращеними властивостями, завдяки чому наноконпозиційні матеріали набувають все більшого поширення та використання. Застосування нових видів препаратів на основі наночастинок у рослинництві дозволяє оптимізувати біометричні, фізіологічні та біохімічні показники сільсько-господарських культур. Однак, поряд із позитивними властивостями наноматеріалів літературні дані свідчать щодо небезпечності використання наночастинок, оскільки вони здатні зумовлювати токсичний ефект на живі організми. Тому, обов'язковим завданням перед використанням таких матеріалів залишається їхня екологічна оцінка.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дисертаційне дослідження виконано на базі кафедри молекулярної біології, мікробіології та біобезпеки Національного університету біоресурсів і природокористування України впродовж 2014–2017 рр.

Для досягнення поставленої мети та реалізації передбачених завдань досліджували наноконполіти: Saponite (H), Nb-Saponite (Cl) та Nb-Saponite (Et), які містять у своєму складі наночастинок SiO_2 . Наноматеріали було надано Науково-дослідним інститутом молекулярних технологій (м. Мілан, Італія) для роботи у рамках міжнародного проекту № NUKR.SFP 984481.

У лабораторних умовах вивчали концентрації наноконполітів Saponite (H), Nb-Saponite (Cl) та Nb-Saponite (Et) від 150 до 600 мг/л для передпосівної обробки насіння гібриду кукурудзи Харківський 340 МВ.

Структурні і морфологічні властивості наноконполітів на основі сапоніту досліджено за допомогою рентгеноструктурного аналізу (установка ARL XTRA 48), спектроскопії дифузного віддзеркалення (спектрометр Perkin Elmer Lambda 900), трансмісійної (мікроскоп JEOL 3010, напруга 300 кВ) і сканувальної (мікроскоп LEO 1550 Gemini SEM, напруга від 10–20 кВ) електронної мікроскопії в Інституті ядерної фізики та спектродотометрії Латвійського університету (м. Рига, Латвійська Республіка).

Для вивчення ступеня токсичності наноконполітів на рівні клітини використовували *Allium-тест* (рослинна тест-система для оцінки мутагенного, мітозмодифікуючого та токсичного ефектів із залученням рослин *Allium cepa* L.)

Рівень генотоксичності наноматеріалів оцінювали оптичним біосенсором SOS-типу (Стародуб М. Ф., 2016).

Фітотоксичність вивчали з використанням крес-салату (*Lepidium sativum* L.) за ISO 17126:2005.

Ефективність впливу наноматеріалів на біоломінесцентні бактерії *V. fischeri* F1 та *P. leiognathi* Sh1 визначали за методикою А. М. Кацева (2013).

Біологічний ефект Nb^{5+} -вмісних нанокompatитів на асоціативні аеробні бактеріальні культури (*Pseudomonas pseudo alcaligenes* 102, *Bacillus subtilis* 138, *Stenotrophomonas maltophilia* 5246 UKM) встановлювали за загальноприйнятою мікробіологічною методикою.

Для оцінки впливу нанокompatитів на метаболічну активність клітин дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* використовували МТТ-тест (Slater T., 1963; Alley M. C., 1988; Van de Loosderecht A. A., 1994;).

Токсичну дію нанокompatитів на організми і популяцію визначали методом біотестування на дафніях (*D. magna*) згідно ДСТУ 4173-2003.

Вивчення дії нанокompatитів на стан рослин проводили на кукурудзі гібриду Харківський 340 МВ. Передпосівну обробку насіння проводили наступним чином: насіння, яке замочене водою (контроль) та водними розчинами нанокompatитів в концентраціях 150 мг/л, 300, 450 та 600 мг/л.

Для оцінки лабораторної схожості та енергії проростання насіння кукурудзи використовували чинний метод за ДСТУ 4138-2002.

Вегетаційні дослідження проводили у фітокліматичній камері «Silver box evolution». Біометричні показники визначали вимірювально-ваговим методом, площу листової поверхні і масові частки зелених пігментів – за методикою З. М. Грицаєнко (2003).

Індукцію флуорисценції хлорофілу вимірювали портативним приладом «Флора-тест», який розроблено державним науково-інженерним центром мікроелектроніки Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України (Брайон О. В., Корнеєв Д. Ю., Снегур О. О., Китаєв О. І., 2000).

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивчення структури і морфології Nb -вмісних нанокompatитів на основі сапоніту. Метод рентгенівської дифрактометрії дозволяє досліджувати структуру речовини за розподілом у просторі та інтенсивностями розсіяного на об'єкті рентгенівського випромінювання.

Оскільки, в матрицю хімічно створеного нанокompatиту на основі сапоніту додано Nb^{5+} для зміцнення структури і покращення фізико-хімічних характеристик, потрібно було дослідити структуру модифікованого нанокompatиту.

Рентгеноструктурні дослідження новосинтезованих Nb^{5+} -вмісних нанокompatитів, порівняно зі звичайним синтетично створеним сапонітовим композитом Saponite (H), не виявляли утворення нових фаз у структурі (рис. 1). Nb^{5+} -вмісні нанокompatити мали форму, яка характерна для виду триоктаедричних мінералів, це свідчить, що введення іонів Nb^{5+} не змінює структуру сапонітового композиту.

Розміри Nb -вмісних нанокompatитів вивчали методом трансмісійної мікроскопії. Мікрофотографії показали, що Nb^{5+} -вмісні нанокompatити складаються з пластинчастих частинок в нанометровому розмірі за шириною і довжиною (рис. 2).

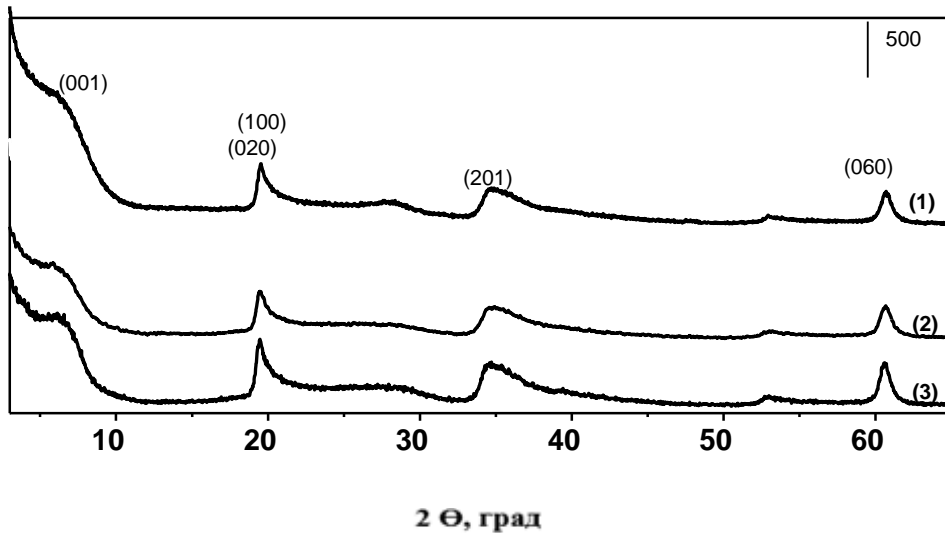


Рис. 1. Дифрактограми новосинтезованих нанокompatивів: H-Saponite (1), Nb-Saponite (Cl) (2), Nb-Saponite (Et) (3)

Зразки Nb-Saponite (Et) складаються з окремих частинок розміром до 100 нм, які менші, ніж Nb-Saponite (Cl). Відмінність в розмірі кристала може бути пов'язана з різною методикою, яка прийнята для підготовки твердих речовин. Мікрофотографії, що отримані за вищих збільшень (рис. 2 а', б') виявили решітку смуг базальних площин нанокompatивів, міжшаровий простір яких становив 1,3 нм.

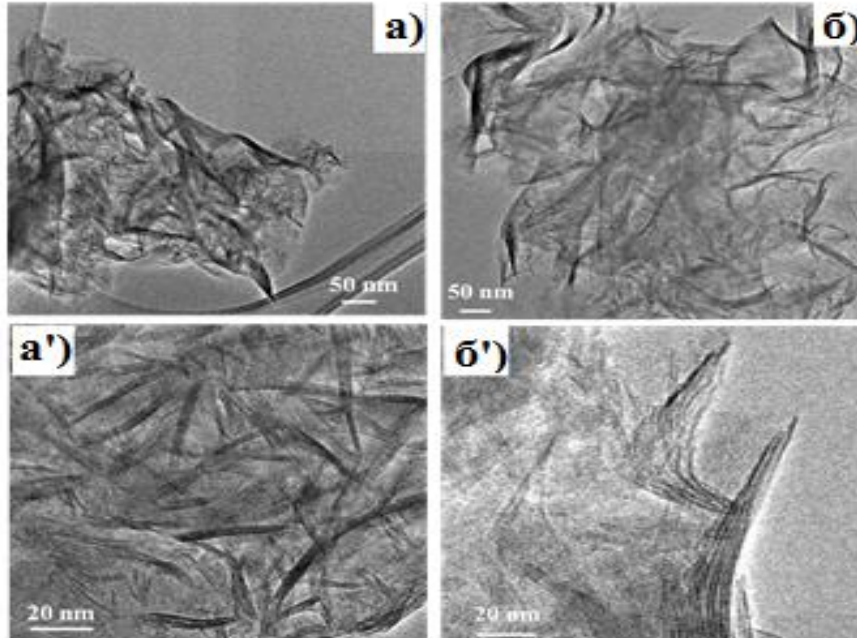


Рис. 2. HR-TEM мікрофотографії за низьких (а, б) та високих збільшень (а', б'). Нанокompatиви Nb-Saponite (Et) (а та а'), Nb-Saponite (Cl) (б та б')

Поверхневу структуру нанокompatивів вивчали методом сканувальної електронної мікроскопії. Зразки Saponite (H) є пористими і мають дещо трикутну форму (рис. 3), що відображає триоктаедричну структуру їхньої будови. Нанокompatиви за умов розчинення агломерують у більші фракції

(рис. 3 б), але залишаються пористими, з розміром пор на рівні 100 нм, що підтверджує значну площу їхньої активної поверхні.

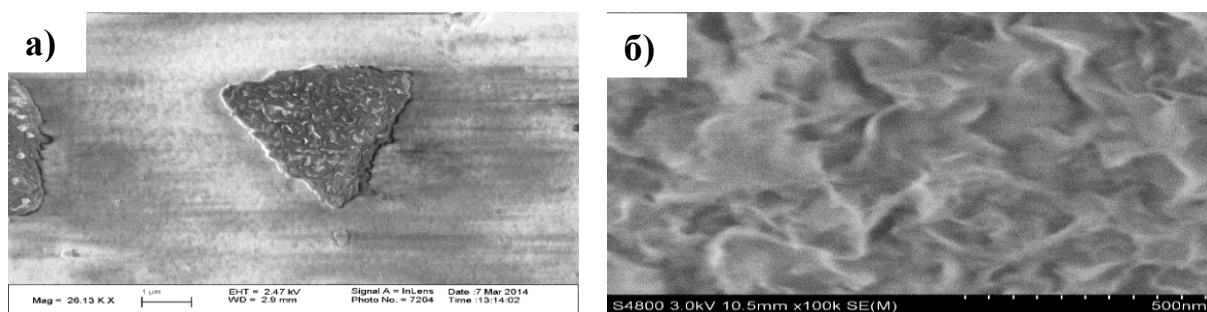


Рис. 3. Мікроструктура нанокompозиту Saponite (H) а) лінійка, 1 мкм, б) лінійка, 500 нм

Нанокompозит на основі сапоніту Nb-Saponite (Et) має вигляд лусочок (рис. 4), який за умов розчинення агрегує до більших структур, розмір яких коливається у межах 40–80 нм. Можна дійти висновку, що він має високі адсорбційні властивості, оскільки нанопорошок агрегує з утворенням більших за величиною структур і формує пористу поверхню.

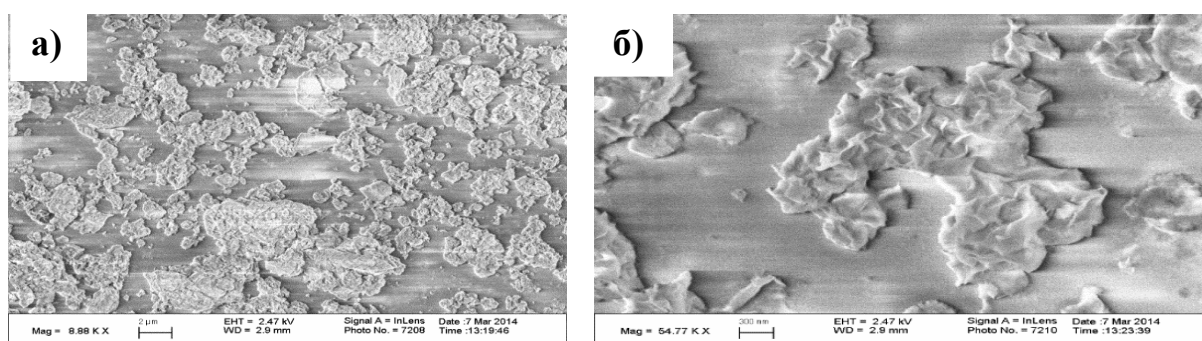


Рис. 4. Мікроструктура нанокompозиту Nb-Saponite (Et), а) лінійка, 2 мкм, б) лінійка, 300 нм

Nb-Saponite (Cl), аналогічно попереднім двом, агрегує у більші структури з окремих лусочок і наночастинок (рис. 5), який складається з компонентів, розміри яких коливаються в межах 50–100 нм. Композит, окрім значної площі активної поверхні, утворює фрактальні кристали, що може бути зумовлено наявністю іонів Cl⁻.

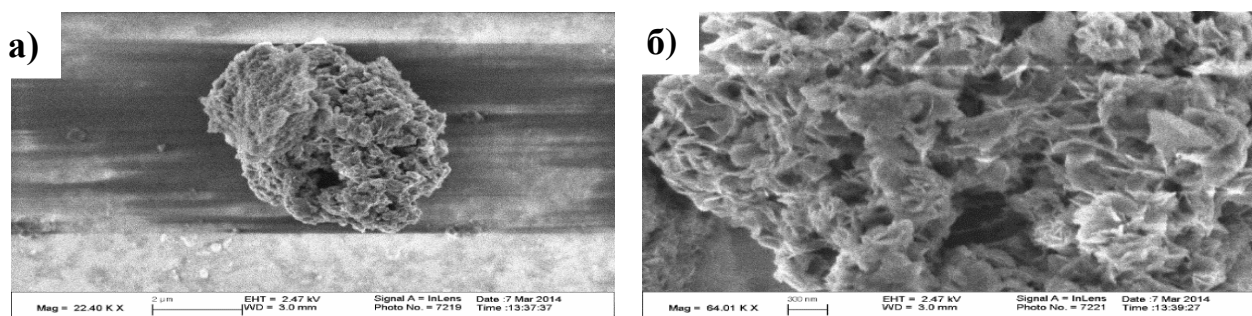


Рис. 5. Мікроструктура нанокompозиту Nb-Saponite (Cl) а) лінійка, 2 мкм, б) лінійка, 300 нм

Екологічна оцінка новосинтезованих нанокompозитів на основі сапоніту. Вивчено токсичний вплив наноматеріалів на ростові показники коренів та поділ клітин кореневої меристеми *Allium cepa* L. За дії наноматеріалів на ріст коренів *A. cepa* L. не простежувались морфологічні зміни і деформації коренів. Новосинтезовані нанокompозити не пригнічували ростові показники, а навпаки, за дії Nb-Saponite (Et) прослідковувалося збільшення довжини коренів в середньому на 20,8 %, порівняно з контролем. За умов використання наноматеріалу SiO₂ в концентраціях 150 мг/л, 300, 450 і 600 мг/л довжина коренів цибулі зменшилася на 10,9 %, 11,7, 26,8 та 27,5 % порівняно з контролем.

Цитотоксичний ефект наноматеріалів оцінювали за змінами мітотичного індексу. За дії нанокompозитів значення мітотичного індексу знаходилося в межах контролю (рис. 6). За умов застосування наноматеріалу SiO₂ в концентрації 600 мг/л даний показник зменшувався на 34,9 % порівняно із значенням контролю.

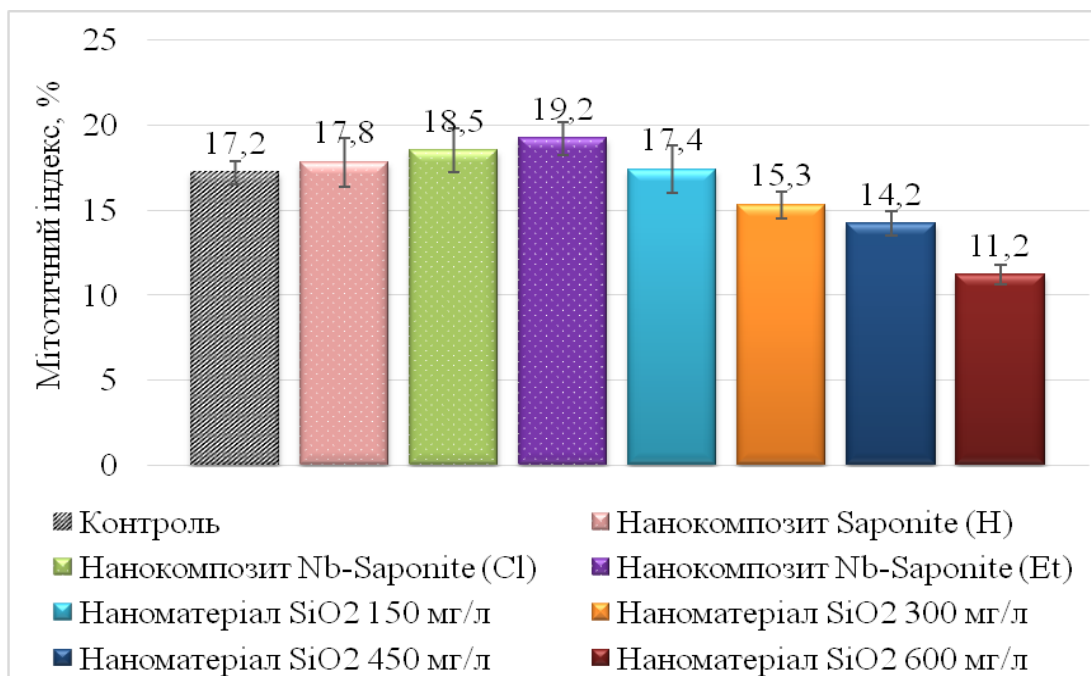


Рис. 6. Значення мітотичного індексу залежно від концентрацій наноматеріалів, %

За дії нанорозмірного матеріалу SiO₂ в діапазоні концентрацій 450–600 мг/л достовірно змінюється тривалість фаз мітозу. Так, наноматеріал SiO₂ в концентрації 600 мг/л зумовлював зростання клітин у профазі на 6,5 % порівняно з контролем, тоді як в ана- і телофазі зменшувався на 22,2 та 35,3 %. Отримані дані свідчать щодо порушення проходження мітозу в клітинах *A. cepa* L. За даними ана-телофазного аналізу, за дії наноматеріалу SiO₂ в концентрації 600 мг/л відбувається утворення значної кількості клітин з ядерними та хромосомними порушеннями (рис. 7). Цитотоксичність наноматеріалу SiO₂ можна пояснити прямим впливом наночастинок SiO₂ на клітинні структури.

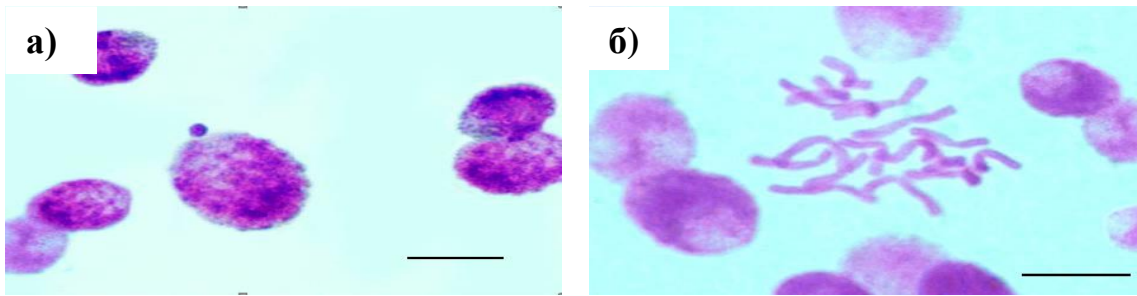


Рис. 7. Клітинні аномалії за дії нанорозмірного SiO_2 в концентрації 300 мг/л: а) утворення мікроядер; б) К-мітоз в клітинах апікальної меристеми *A. cere* L. (лінійка – 10 мкм).

Вивчення генотоксичності новостворених ніобій-вмісних наноконкомпозитів та нанорозмірного оксиду кремнію здійснено за допомогою SOS-типу біосенсора на основі волоконної оптики. Наноматеріал SiO_2 в діапазоні концентрацій 150–600 мг/л, відзначався значним рівнем генотоксичності, сигнал фотолюмінесценції, який зростав за умов збільшення концентрацій наноматеріалу більше ніж на 50 %, що пов'язано з активацією репараційних систем відносно порушених ділянок генома культур, нанесених на оптоволокна. Досліджувані зразки наноконкомпозитів не проявляли генотоксичності, рівень фотолюмінесценції яких знаходився в межах похибки приладу.

Оцінку фітотоксичності наноконкомпозитів і їхньої складової SiO_2 здійснювали за реакціями-відгуками рослин крес-салату. Аналіз впливу наноматеріалів на енергію проростання, схожість насіння і біометричні показники рослин крес-салату показав, що новосинтезовані наноконкомпозити не є токсичними відносно тест-культури. Нанорозмірний SiO_2 в концентрації 300 мг/л проявляв частковий гальмівний ефект. Водночас, в концентрації 450 мг/л він зменшував показники енергії проростання і лабораторну схожість на 8,3 та 11,5 %, порівняно з контролем. Показники кореневої системи і стебла за дії SiO_2 зменшувалися на 7,9 та 14,7 % порівняно з контролем.

Дослідження токсичного впливу наноконкомпозитів та їхньої складової нанорозмірного матеріалу SiO_2 на біоломінісцентні бактерії здійснювали на представниках роду *P. leiognathi* та *V. fischeri*. За умов вивчення гострої токсичної дії наноматеріалів на бактерії *P. leiognathi* і *V. fischeri* новосинтезовані наноконкомпозити не проявляли гальмівної дії залежно від часу та концентрацій. Вивчення гострої токсичності проб відносно *P. leiognathi* показало, що наноматеріал SiO_2 пригнічує бактеріальну біоломінісценцію. Під час 10-хвилинної інкубації бактерій в розчинах наноматеріалів 150 мг/л, 300, 450 та 600 мг/л інтенсивність світіння бактерій зменшувалась на 18,5 %, 54,5, 61,5 та 59,5 %. Упродовж 30-хвилинної інкубації за даних концентрацій світіння зменшувалося на 20,6 %, 56,2, 61,3 та 62,5 %.

Нанорозмірний матеріал SiO_2 знижував біоломінісценцію бактерій *V. fischeri* за 10-хвилинної інкубації в розчинах наноматеріалів 150 мг/л, 300, 450 та 600 мг/л на 13,3 %, 35,2, 41,4 та 42,3 % ніж в контролі. За інкубації впродовж 30 хвилин показники суттєво не змінювалися. Таким чином,

виявлено залежність зменшення біолімінесценції бактерій від концентрації наноматеріалу.

Результати вивчення хронічної токсичності наноматеріалів на біоломінісцентні бактерії *V. fischeri* F1 та *P. leiognathi* Sh1 подано на рисунку 8.

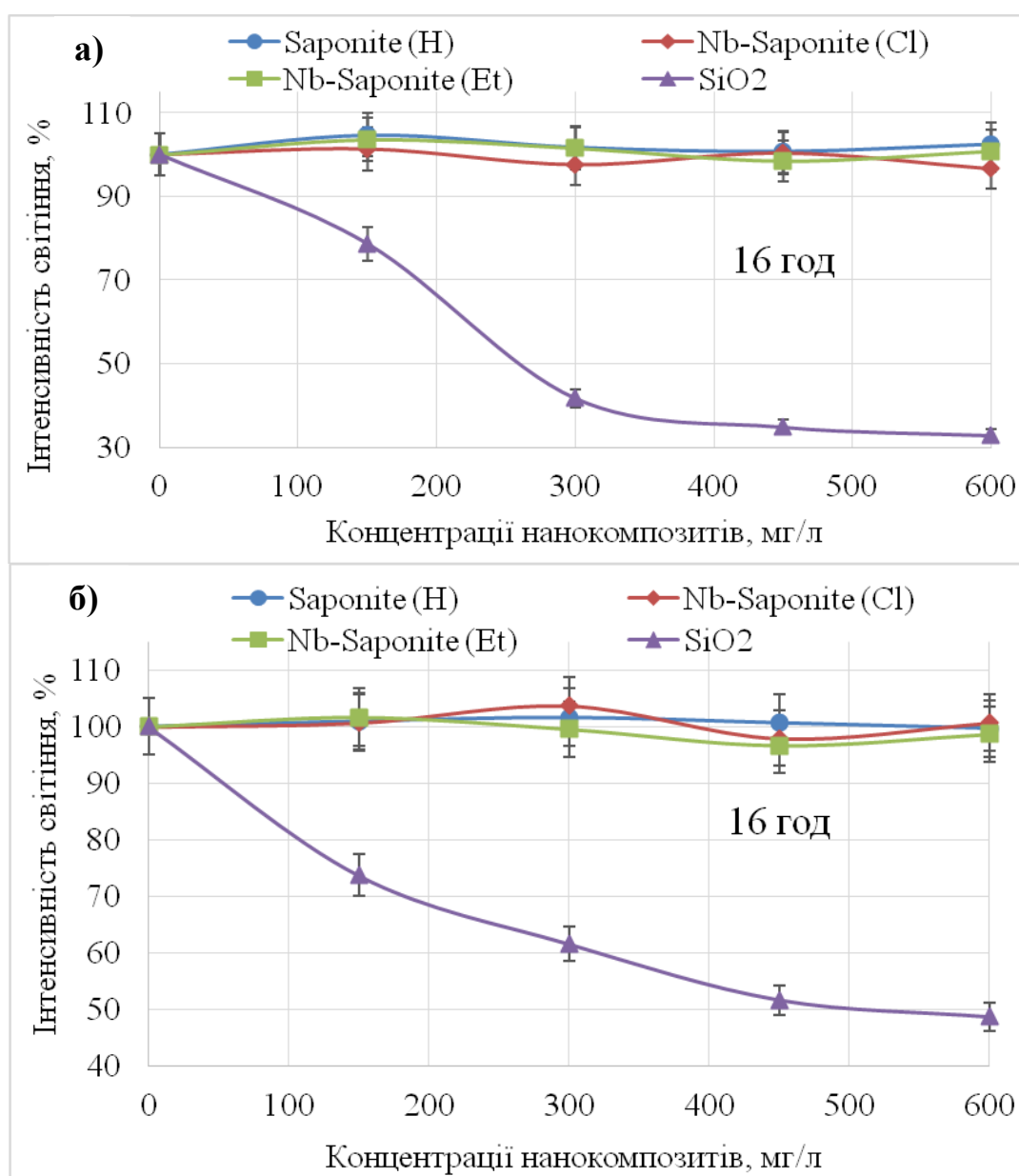


Рис. 8. Визначення біологічної дії наноматеріалів на біоломінісценцію бактерій: а) *P. leiognathi* Sh1; б) *V. fischeri* F1.

Дослідження хронічної токсичності наноматеріалів на біоломінісцентні бактерії виявило наступну закономірність. Зразки оксиду (II) кремнію, що проявляли гостру токсичність, відзначалися і хронічною токсичністю й пригнічували бактеріальну люмінесценцію *V. fischeri* F1 до 48,7 % та *P. leiognathi* Sh1 – 32,8 %. Решта наноматеріалів не проявляли біоцидних властивостей відносно бактерій.

Вивчено пряму дію наноматеріалів на біоломінісцентні бактерії і показано, що навколо місцезнаходження нанокompозитів на основі сапоніту не простежувалося жодних зон гальмування росту бактерій, а навколо

наноматеріалу SiO_2 відбувалося утворення значних зон гальмування росту та зменшення біолюмінесценції.

Біоцидну дію нанокмполітів і їхньої складової нанорозмірного SiO_2 прослідковано на прикладі асоціативної культури аеробних бактерій (*Pseudomonas pseudoalcaligenes* 102, *Bacillus subtilis* 138 та *Stenotrophomonas maltophilia* 5246 UKM). Виявлено відсутність антибактеріальної дії новосинтезованих нанокмполітів відносно аеробних ґрунтових бактерій. За впливу нанорозмірного матеріалу SiO_2 в концентрації 600 мг/л навколо агарового блока простежувалося пригнічення росту колоній аеробних бактерій 8,67 мм.

Під впливом Nb-вмісних нанокмполітів кількість клітин *Saccharomyces cerevisiae* значно збільшувалась (рис. 9). За дії нанокмполіту Nb-Saponite (Et) в концентрації 450 мг/л, кількість клітин дріжджів у 1,6 раза перевищувала їхню чисельність в контрольному варіанті. Нанорозмірний матеріал SiO_2 в діапазоні концентрацій 450–600 мг/л проявляв гальмівний ефект, в результаті кількість клітин у зразках з концентраціями 450 та 600 мг/л зменшувались на 5 та 9,5 % порівняно з контролем.

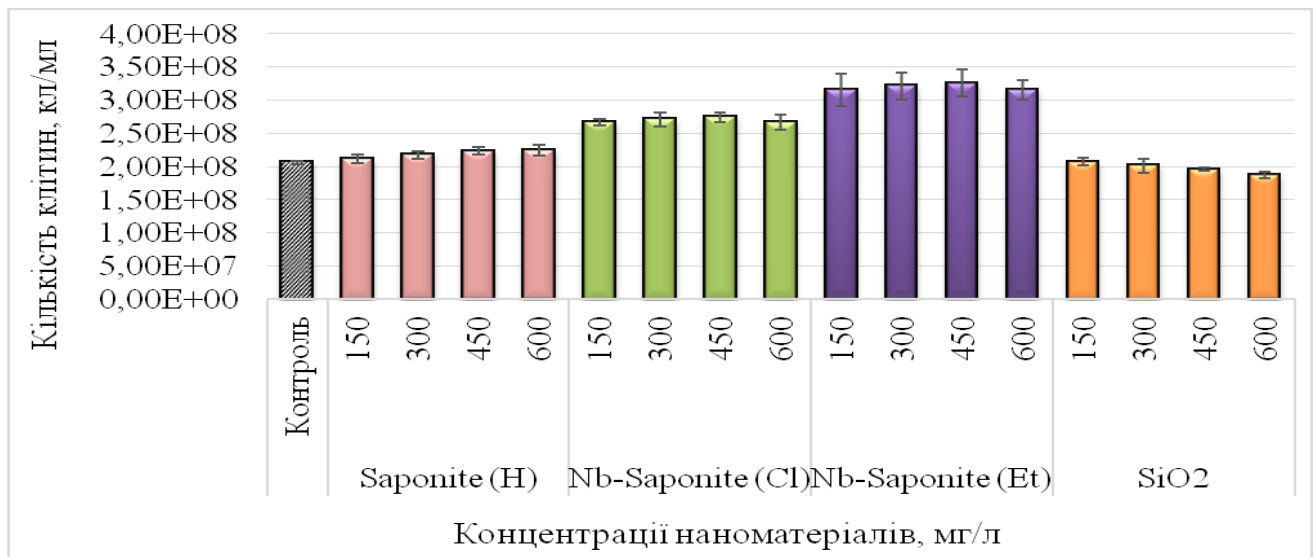


Рис. 9. Порівняльна оцінка розмноження клітин *S. cerevisiae* за дії наноматеріалів

За даними МТТ-тесту (рис. 10) найвираженіший ефект порівняно з контролем визначено для нанокмполітів Nb-Saponite (Cl) та Nb-Saponite (Et) за концентрацій 300–600 мг/л. В середньому для нанокмполітів оптична густина становила 0,55 та 0,65 ум. од., тоді як у контролі – 0,32 ум. од.

Встановлено відсутність цитотоксичності Nb-вмісних нанокмполітів. Зростання оптичної густини свідчить про підсилення метаболічної активності клітин *S. cerevisiae*.

Наноматеріал SiO_2 не проявляв цитотоксичної дії по відношенню до клітин *S. cerevisiae*. Незначне зниження показника за дії SiO_2 прослідковувалося в концентраціях 450 та 600 мг/л, яке зменшувалося на 9,4 та 12,5 % ніж у контролі.

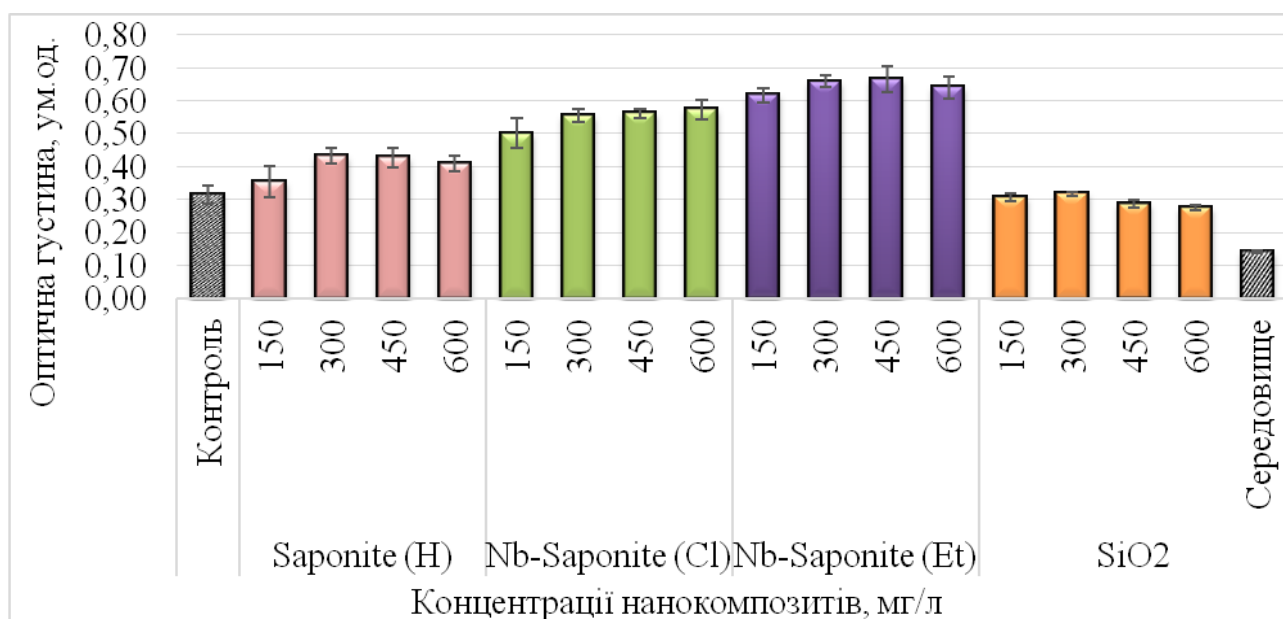


Рис. 10. Вплив наноматеріалів на метаболічну активність клітин *S. cerevisiae*

Токсичний процес, який індукований нанорозмірним SiO₂, на рівні популяції *Daphnia magna* Straus, спричинив летальний ефект (57 % материнських особин). Одночасно їхня репродуктивна функція зменшувалась пропорційно зі збільшенням концентрацій нанорозмірного SiO₂. Найменша кількість молодих особин *D. magna* утворювалась за впливу наноматеріалу в концентрації 600 мг/л (43,7 %).

Проведено оцінку нанокompозитів на виживаність і репродуктивну функцію популяції *D. magna*. У діапазоні концентрацій 150–300 мг/л летальних та морфологічних змін не виявлено (рис. 11).

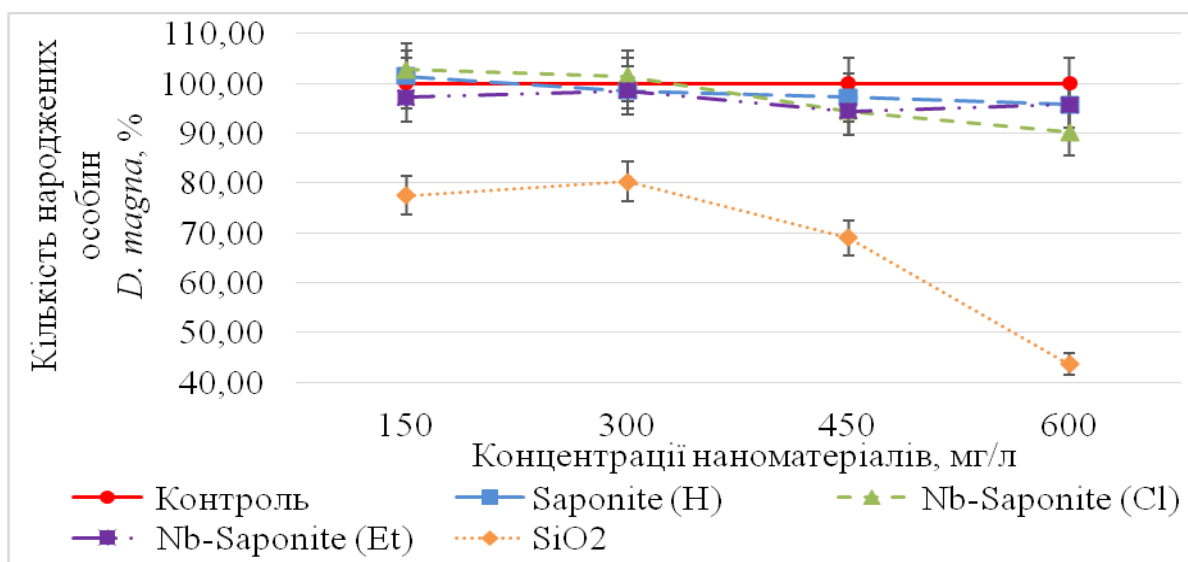


Рис. 11. Оцінка впливу наноматеріалів на репродуктивну функцію *D. magna*

Стає очевидним, що нанокompозити не відзначаються токсичністю, а їхня складова – нанорозмірний SiO₂ ініціює токсичний процес, який розвивається залежно від генетичного рівня і досягає рівня популяції. Можна припустити,

що однією з причин токсичності SiO_2 є його нанорозміри (20 нм). Нанокompозити не відзначалися токсичністю, внаслідок меншої концентрації кремнію, а наночастинки SiO_2 в їхньому складі, в процесі синтезу агломерували до більших структур.

Вивчення ефективності впливу нанокompозитів на ріст і розвиток гібриду кукурудзи. Досліджено вплив нанокompозитів на рослини кукурудзи гібриду Харківський 340 МВ. Передпосівна обробка розчинами нанокompозитів в лабораторних дослідах спричиняла збільшення схожості і енергії проростання насіння рослин кукурудзи (табл. 1).

Таблиця 1

Ефективність впливу нанокompозитів на посівні якості насіння кукурудзи гібриду Харківський 340 МВ

Варіант	Концентрація у водному середовищі, мг/л	Енергія проростання насіння, %	Лабораторна схожість насіння, %
Контроль	–	82,7±1,7	96,0±1,1
Нанокompозит Saponite (H)	150	87,3±1,7	96,7±0,6
	300	91,3±0,6	97,3±0,7
	450	90,0±1,1	96,7±0,6
	600	91,3±0,6	96,7±0,6
Нанокompозит Nb-Saponite (Cl)	150	90,7±0,6	97,3±1,7
	300	91,8±0,2	99,3±0,6
	450	91,8±0,9	98,7±0,7
	600	92,7±0,6	98,5±0,7
Нанокompозит Nb-Saponite (Et)	150	92,7±0,6	97,3±0,6
	300	93,3±1,3	100,0±0,0
	450	92,7±0,6	98,7±0,7
	600	93,3±0,6	98,7±0,6

Енергія проростання за умов використання нанокompозитів в середньому перевищувала контроль на 8,9 %. Максимальне збільшення енергії проростання відносно контролю на 10,7 % простежувалося в результаті обробки насіння нанокompозитом Nb-Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л.

Лабораторна схожість насіння кукурудзи, замоченого в водних розчинах нанокompозитів, в середньому перевищувала контроль на 2 %. Схожість насіння за використання нанокompозиту Nb-Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л дорівнювала 100 %, що підтверджує його високий стимулювальний ефект.

Згідно з результатами досліджень, з'ясовано, що новосинтезовані наноматеріали підвищують ростові показники проростків насіння гібриду кукурудзи.

За дії нанокompозиту Saponite (H) довжина кореневої і стеблової частин проростка насіння кукурудзи в середньому зростала на 2,5 та 6,0 % порівняно з

контролем. Для нанокompозиту Nb-Saponite (Cl) значення стеблової частини в середньому зростало на 29,6 %, за дії Nb-Saponite (Et) – збільшувалось у 2 рази відносно контролю. Коренева система проростків насіння кукурудзи за впливу нанокompозитів Nb-Saponite (Cl) і Nb-Saponite (Et) в середньому зростала на 4,1 та 25,4 % порівняно з контролем. Найінтенсивніші показники росту стеблової і кореневої системи проростків насіння кукурудзи відзначено за використання нанокompозиту Nb-Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л, коли довжина стеблової частини проростків насіння збільшувалась в середньому у 2 рази, а кореневої зростала на 30,3 % порівняно з контролем.

У фазу 3–5 листків рослини кукурудзи є найчутливішими до забур'янення та несприятливих погодних умов. Із даних табл. 2 витікає, що використання нанокompозитів на основі сапоніту підвищує ростові показники рослин.

Таблиця 2

Морфологічні показники рослин кукурудзи гібриду Харківський 340 МВ у фазі трьох листків за дії нанокompозитів

Варіант	Концентрація у водному середовищі, мг/л	Висота стебла, см	Довжина кореневої системи, см
Контроль	–	18,7±0,3	12,3±0,4
Нанокompозит Saponite (H)	150	18,9±0,4	14,6±1,2
	300	24,7±1,4	23,4±0,7
	450	24,1±2,3	22,3±0,9
	600	24,3±2,1	22,7±1,4
Нанокompозит Nb-Saponite (Cl)	150	20,5±0,8	19,8±0,8
	300	23,6±0,4	23,5±0,4
	450	23,0±0,6	23,1±0,5
	600	23,1±0,3	23,3±0,5
Нанокompозит Nb-Saponite (Et)	150	21,8±0,5	23,2±0,2
	300	26,7±0,6	25,9±0,5
	450	26,6±0,9	25,2±0,9
	600	26,2±1,3	25,8±0,6

Показники висоти стебла і довжини кореневої системи рослин кукурудзи в контрольному варіанті в середньому становили 18,7 та 12,3 см. За умов використання нанокompозитів Saponite (H), Nb-Saponite (Cl) і Nb-Saponite (Et) у концентрації 300 мг/л висота стебла збільшувалася на 31,7 %, 26,2 та 42,7 % порівняно з контролем, а довжина кореневої системи – у 2 рази по відношенню до контролю (див. табл. 2).

Досліджено вплив нанокompозитів на кореневу систему рослин гібриду кукурудзи. Доведено, що за дії нанокompозитів Saponite (H) і Nb-Saponite (Cl) зростала кількість і довжина головних коренів кукурудзи. Нанокompозит Nb-Saponite (Et) зумовлював збільшення довжини кореневої системи, розвиток додаткових коренів і формування кореневих волосків. Ефект стимулювання

пов'язаний з інтенсивним надходженням мінералів, води і поживних речовин до органів рослин.

Нанокompозити спричиняли нагромадження вегетативної маси. Зокрема, передпосівна обробка нанокompозитами Saponite (H), Nb-Saponite (Cl), Nb-Saponite (Et) стимулювала наростання маси рослин за концентрації 300 мг/л на 35 %, 28 та 56 % порівняно з контролем. Нанокompозит Nb-Saponite (Et) інтенсивніше зумовлював накопичення маси надземної і підземної частин рослин кукурудзи. За умов використання нанокompозиційного матеріалу у концентрації 300 мг/л маса надземної частини рослин кукурудзи збільшувалась на 57,5 % порівняно з контролем, а підземної – на 55 %.

За умов використання нанокompозитів площа листкової пластинки порівняно з контролем в середньому зростала на 20,4 %, а нанокompозиту Nb-Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л – на 44,5 %.

В проведених експериментах виявлено збільшення суми хлорофілів (a+b) у варіантах рослин кукурудзи, насіння якої було попередньо оброблене нанокompозитами Nb-Saponite (Cl) і Nb-Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л на 41,2 та 40,6 %. На підставі показників кривої Каутського дійшли висновку, що новосинтезовані нанокompозити не викликають порушень в процесах проходження індукції флуоресценції хлорофілу у листках рослин кукурудзи.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вперше наведено фізико-хімічні властивості і екологічну оцінку новостворених Nb-вмісних нанокompозитів на основі сапоніту й показано їхній стимулювальний вплив на ростові показники рослин гібриду кукурудзи Харківський 340 МВ.

1. Нанокompозити за умов модифікації їхнього складу іонами Nb⁵⁺ згідно результатів рентгеноструктурного аналізу не змінюють структури і за даними спектроскопії дифузного віддзеркалення підтверджено координацію в них іонів Nb⁵⁺. Установлено, що до складу нанокompозитів входять окремі частинки розміром від 40 до 100 нм, міжшаровий простір яких становить 1,3 нм.

2. Нанокompозити в діапазоні концентрацій 150–600 мг/л не відзначаються цито-, гено- і фітотоксичністю, проте нанорозмірний SiO₂, який входить до їхнього складу, зумовлює зменшення рівня мітотичного індексу клітин, зміну тривалості фаз мітозу й утворення клітин з ядерними та хромосомними порушеннями у рослин *A. cerea* L. Крім того, нанорозмірний SiO₂ відзначається високим рівнем гено- та частковим проявом фітотоксичності.

3. Нанорозмірний матеріал SiO₂ в діапазоні концентрацій 150–600 мг/л проявляє чітку біоцидну активність відносно біоломінесцентних бактерій *P. leiognathi* і *V. fischeri* й за концентрації 600 мг/л зумовлює гальмування росту колоній асоціативної культури аеробних бактерій. В концентраціях 450–600 мг/л він незначною мірою інгібує метаболічну активність та ростові показники *S. cerevisiae*. Нанокompозити не виявляють біоцидну і

антибактеріальну дію, а також зниження метаболічної активності та ростових показників у модельних об'єктах.

4. У діапазоні концентрацій нанокompatитів 150–300 мг/л летальних і морфологічних змін щодо виживання дафній не відбувається, а їх репродуктивна функція залишається на рівні контролю. В діапазоні 150–600 мг/л наноматеріал SiO_2 зумовлює зростання смертності ракоподібних до 57 %, а їхня репродуктивна функція зменшується пропорційно зі збільшенням його концентрації.

5. Передпосівне замочування насіння в розчинах нанокompatитів підвищує енергію проростання, схожість і довжину проростків гібриду кукурудзи. За дії нанокompatиту Nb-Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л відбувається збільшення енергії проростання на 10,6 %, довжини стеблової частини – у 2 рази, кореневої системи – на 30,3 % та лабораторна схожість насіння становить 100 %.

6. Висота стебла рослин кукурудзи у фазі трьох листків за передпосівної обробки насіння нанокompatитами Saponite (H), Nb-Saponite (Cl) і Nb-Saponite (Et) у концентрації 300 мг/л перевищує контроль на 31,7 %, 26,2 та 42,7 %, водночас довжина кореневої системи зростає у 2 рази. За дії Saponite (H) і Nb-Saponite (Cl) збільшується кількість і довжина головних коренів кукурудзи, а Nb-Saponite (Et) стимулює розвиток додаткових коренів та формування кореневих волосків.

7. Передпосівна обробка насіння кукурудзи розчинами нанокompatитів Saponite (H), Nb-Saponite (Cl), Nb-Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л спричиняє збільшення вегетативної маси на 35 %, 27,9 та 56,4 % ніж у контролі. Площа листової пластинки рослин за впливу нанокompatитів збільшується в середньому на 20,4 %.

8. Виявлено зростання суми хлорофілів (a+b) у рослин, насіння яких попередньо оброблене нанокompatитами Nb-Saponite (Cl) та Nb-Saponite (Et) в концентрації 300 мг/л на 41,2 та 40,6 % відповідно до контролю. Нанокompatити не порушують процес проходження індукції флуоресценції хлорофілу в листках гібриду кукурудзи.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для активації ростових процесів гібриду кукурудзи Харківський 340 МВ доцільно застосовувати передпосівне замочування насіння протягом 5 год у водних розчинах нанокompatиту Nb-Saponite (Et) (300 мг/л) з розрахунку 3 л/т.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Таран М. В., Кацев А. М., Шаванова К. Є., Стародуб М. Ф. Дослідження біологічної дії новосинтезованих нанопрепаратів на основі сапонітів на розвиток біолюмінесцентних бактерій. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія:

Агрономія. 2015. Вип. 210. Ч. 1. С. 102–109. *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження та підготовлено статтю до друку).*

2. Shavanova K., Starodub N., **Taran M.** Biological Effect of Some Metal Oxides Nanocomposites on *Saccharomyces cerevisiae*. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2016. № 3. С. 41–45. *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження та підготовлено статтю до друку).*

3. **Савчук М. В.**, Стародуб М. Ф. Оцінка фітотоксичності Nb-вмісних нанокompatитів на основі сапонітів з використанням крес-салату (*Lepidium sativum* L.). Вісник аграрної науки. 2017. № 6. С. 74–76. *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження та підготовлено статтю до друку).*

4. **Савчук М. В.**, Стародуб М. Ф. Вплив Nb-вмісних нанокompatитів на основі сапонітів на посівні якості насіння кукурудзи. Карантин і захист рослин. 2017. № 4 (6). С. 5–7. *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження та підготовлено статтю до друку).*

5. **Савчук М. В.**, Стародуб М. Ф. Визначення цитотоксичності новосинтезованих нанокompatитів на основі сапонітів. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2017. Вип. 27 (4). С. 137–139. *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження та підготовлено статтю до друку).*

6. **Савчук М. В.**, Кацев А. М., Стародуб М. Ф. Оцінка впливу Nb-вмісних нанокompatитів на мікроорганізми. Біоресурси і природокористування. 2017. Т. 9. № 1–2. С. 37–44. *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження та підготовлено статтю до друку).*

Статті у наукових фахових виданнях України,

включених до міжнародних наукометричних баз даних:

7. **Taran M. V.**, Шаванова К. Є., Стародуб М. Ф. Біологічний ефект нанокompatитів на рослини: [електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2014. № 6. Режим доступу до статті: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2014_6_3.pdf. *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження та підготовлено статтю до друку).*

8. **Савчук М. В.**, Стародуб М. Ф. Вплив Nb-вмісних нанокompatитів на основі сапоніту на індукцію флуоресценції хлорофілу у листках кукурудзи: [електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 3 (67). Режим доступу до статті: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/viewFile/8724/8062> *(Здобувачем проведено лабораторні дослідження та підготовлено статтю до друку).*

Статті у наукових виданнях інших держав:

9. Starodub N. F., **Taran M. V.**, Shpirka N. F., Shavanova K. E. Fiber optic sos-type biosensor for the control of the genotoxicity of some environmental objects. World Journal of Engineering Research and Technology. 2016. Vol. 2. Issue 4.

P. 123–130. *(Здобувачем здійснено аналіз літературних джерел, отримано експериментальні дані).*

10. Costenaro D., Bisio C., Carniato F., Safronyuk S. L., Kramar T. V., **Taran M. V.**, Starodub M. F., Katsev A. M., Guidotti M. Physico-chemical Properties, Biological and Environmental Impact of Nb-saponites Catalysts for the Oxidative Degradation of Chemical Warfare Agents. *Chemistry Select.* 2017. Vol. 2 (5). P. 1812–1819. *(Здобувачем здійснено аналіз літературних джерел, отримано частину експериментальних даних, підготовлено матеріали до друку).*

Науково-практичні рекомендації

11. **Савчук М. В.**, Стародуб М. Ф. Вивчення впливу нанокompозиту на основі сапоніту на ріст і розвиток кукурудзи: [науково-практичні рекомендації]. К., 2017. 11 с. *(Здобувачем узагальнено матеріал, підготовлено рекомендації до друку).*

Тези наукових доповідей:

12. **Taran M.**, Кривоблоцький Я., Пономаренко М., Шаванова К., Стародуб М. Вплив наноматеріалів на основі сапонітів ($\text{Si}_{7.34}(\text{Al}_{0.66}\text{Mg}_6\text{O}_{20}(\text{OH})_4)$) на ріст біолюмінісцентних бактерій. Молодь і поступ біології: Х Міжнародна наукова конференція студентів та аспірантів, м. Львів, 8–11 квітня 2014 року: тези доповіді. Львів, 2014. С. 97–98. *(Здобувачем узагальнено матеріали, підготовлено тези до друку).*

13. Starodub N. F., Shavanova K. E., **Taran M. V.**, Katsev A. M., Bisio C., Guidotti M., Melnychuk M. D. Nanomaterials: biological effects and some aspects of applications in ecology, agriculture and as transducers of optical biosensors. *Advanced optical materials and devices: 8th international conference, Riga, 25–27 August, 2014: book of abstracts.* Riga, 2014. P. 16. *(Здобувачем узагальнено матеріали, підготовлено тези до друку).*

14. Nickolaj F. Starodub, Kateryna E. Shavanova, **Marina V. Taran**, Andrey M. Katsev, Sergey L. Safronyuk, Roman V. Son'ko, Chiara Bisio, Matteo Guidotti. Nanomaterials: biological effects and some aspects of applications in ecology and agriculture. *Proceedings SPIE 9421, 8th International Conference on Advanced Optical Materials and Devices, October 22, 2014.* P. 942106. *(Здобувачем здійснено аналіз літературних джерел, отримано частину експериментальних даних, підготовлено матеріали до друку).*

15. **Taran M.**, Ruban Y., Shavanova K., Voychuk S., Boretska M., Starodub N., Bisio Ch., Guidotti M., Khranovsky V. Biological influence of metal oxides nanocomposites. *Sweden-Japan seminar on nanomaterials and nanotechnology (SJS-Nano), 10–11 March, 2015: book of abstracts.* Linkoping University, Sweden, 2015. P. 34. *(Здобувачем узагальнено матеріали, підготовлено тези до друку).*

16. **Taran M.**, Рубан Ю., Шаванова К., Стародуб М. Вивчення впливу наноматеріалів на основі сапонітів ($\text{Si}_{7.34}(\text{Al}_{0.66}\text{Mg}_6\text{O}_{20}(\text{OH})_4)$) на життєздатність дріжджів низового бродіння *Saccaromyces cerevisiae*. Молодь і поступ біології:

XI Міжнародна наукова конференція студентів та аспірантів, м. Львів, 20–23 квітня 2015 року: тези доповіді. Львів, 2015. С. 380–381. *(Здобувачем узагальнено матеріали, підготовлено тези до друку).*

17. Стрикаль Г., **Таран М.**, Стародуб М. Вплив нанокompозитів на фізіологічний стан рослин на прикладі квасолі звичайної. Біотехнологія: звершення та надії: IV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, м. Київ, 21–22 травня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 104. *(Здобувачем узагальнено матеріали, підготовлено тези до друку).*

18. **Таран М.**, Рубан Ю., Шаванова К., Стародуб М. Вивчення біологічної дії наночастинок оксидів металів на життєздатність дріжджів низового бродіння *Saccaromyces cerevisiae*. Біотехнологія: звершення та надії: IV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, м. Київ, 21–22 травня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 105–106. *(Здобувачем узагальнено матеріали, підготовлено тези до друку).*

19. **Савчук М. В.**, Оменюк В. Я., Антоненко О. Ф., Стародуб М. Ф. Вплив Nb-вмісних нанокompозитів на основі сапоніту на посівні якості насіння кукурудзи. Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво): Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 22–24 травня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 132–133. *(Здобувачем узагальнено матеріали, підготовлено тези до друку).*

20. **Савчук М. В.**, Савчук Ю. М., Пономаренко М. С., Стародуб М. Ф. Оцінка впливу Nb-вмісних нанокompозитів на основі сапоніту на фізіологічні показники кукурудзи. Досягнення та перспективи застосування гумінових речовин у сільському господарстві: Міжнародна науково-практична конференція, м. Дніпро, 2017. С. 115–116. *(Здобувачем узагальнено матеріали, підготовлено тези до друку).*

АНОТАЦІЯ

Савчук М. В. Екологічна оцінка Nb-вмісних нанокompозитів на основі сапоніту. – На правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук зі спеціальності 03.00.16 «Екологія». Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2017.

Дисертаційну роботу присвячено актуальній науковій проблемі, зокрема вивченню фізико-хімічних характеристик і особливостей впливу новосинтезованих Nb⁵⁺-вмісних нанокompозитів на основі сапоніту на біологічні системи різних рівнів організації та оцінці можливості їхнього використання для підвищення біометричних показників рослин гібриду кукурудзи Харківський 340 МВ.

Визначено особливості структури, морфологію та розміри нанокompозитів на основі сапоніту. Обґрунтовано доцільність вивчення фізико-хімічних характеристик нанокompозитів, зокрема їх розмірів, що визначає біологічну активність наноматеріалів. Здійснено аналіз ефектів впливу

нанокомпозитів на основі сапоніту на біологічні системи різних рівнів організації із врахуванням фізико-хімічних властивостей нанокомпозитів і наночастинки, що входить до їхнього складу.

Установлено, що нанокомпозити на основі сапоніту не відзначаються токсичними властивостями, тоді як їхня складова – нанорозмірний SiO_2 проявляв цито-, гено-, фітотоксичність й токсичність по відношенню до мікроорганізмів і дафній, що залежить від концентрацій та розмірів наноматеріалів.

Проведено комплексне дослідження впливу нанокомпозитів на біометричні показники і вперше експериментально підтверджено, що нанокомпозити активізують ростові процеси у рослин гібриду кукурудзи Харківський 340 МВ.

Запропоновано методичні підходи для підвищення ростових процесів кукурудзи, шляхом попереднього замочування насіння у водному розчині нанокомпозиту Nb-Saponite (Et).

Ключові слова: екологічна оцінка, нанокомпозити, наночастинки, цитотоксичність, генотоксичність, фітотоксичність, токсичність, гібрид кукурудзи, насіння, ростові процеси.

АННОТАЦІЯ

Савчук М. В. Экологическая оценка Nb-содержащих нанокомпозитов на основе сапонита. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.16 «Экология». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2017.

Диссертационная работа посвящена актуальной научной проблеме, в частности, изучению физико-химических характеристик и особенностей влияния новосинтезированных Nb^{5+} -содержащих нанокомпозитов на основе сапонита на биологические системы разных уровней организации и оценке их возможности использования для повышения биометрических показателей сельскохозяйственных культур.

Изучено и систематизировано данные отечественных и зарубежных ученых о свойствах наноматериалов и их применении в сельском хозяйстве. Установлено, что использование новых видов препаратов на основе наночастиц в растениеводстве позволяет улучшить биометрические, физиологические и биохимические показатели различных сельскохозяйственных культур. Рассмотрено использование наночастиц, которые способны вызывать токсические эффекты по отношению к живым организмам. Обосновано необходимость разработки новых видов нанопрепаратов, которые экологически безопасные и эффективные при использовании в растениеводстве.

Исследованы особенности структуры, морфологии и размеры нанокомпозитов на основе сапонита. Обосновано целесообразность изучения физико-химических характеристик нанокомпозитов, в частности их размеров, для определения биологической активности. Изучено влияние нанокомпозитов

на основе сапонита на биологические системы разных уровней организации с учетом физико-химических свойств наночастиц, которые входят в их состав.

Установлено, что нанокompозиты на основе сапонита не обладают токсичными свойствами к различным уровням организации, тогда как их составляющая – наноразмерный SiO_2 проявляет цито-, гено-, фитотоксичность и токсичность по отношению к микроорганизмам и дафниям, в зависимости от размера.

Проведено комплексное исследование влияния нанокompозитов на биометрические показатели кукурузы. Впервые экспериментально подтверждено, что они повышают ростовые показатели растений гибрида кукурузы. За результатами исследований показано, что предпосевная обработка семян водным раствором нанокompозита Nb-Saponite (Et) в концентрации 300 мг/л способствует активизации ростовых процессов у растений. Лабораторными исследованиями доказано, что при использовании нанокompозита Nb-Saponite (Et) в концентрации 300 мг/л улучшается энергия прорастания и всхожесть семян гибрида кукурузы, длина надземной части проростка семян по сравнению с контролем возрастает в среднем в 2 раза, а подземная часть проростка увеличилась на 30,3 % по сравнению с контролем.

Анализ массы контрольных и опытных растений показал, что нанокompозиты способствуют увеличению вегетативной массы гибрида кукурузы, Nb-Saponite (Et) увеличивал массу в концентрации 300 мг/л на 56,4 % по сравнению с контролем. Использование нанокompозитов на основе сапонита увеличивало площадь листовой пластинки в среднем на 20,4 %, нанокompозит Nb-Saponite (Et) (в концентрации 300 мг/л) – на 44,5 %.

С показателей спектофотометричного анализа определено увеличение суммы хлорофиллов (a+b) в вариантах растений, семена которых были предварительно обработанные нанокompозитами Nb-Saponite (Cl) и Nb-Saponite (Et) в концентрации 300 мг/л, в результате данный показатель превышал контроль на 41,2 и 40,6 % соответственно. Детальный анализ кривой Каутского в контрольных и опытных листьях растений свидетельствует, что новосинтезированные нанокompозиты не вызывают нарушений в процессах индукции флуоресценции хлорофилла. Предложены методические подходы для повышения ростовых процессов гибрида кукурузы, путем предварительного замачивания семян в водном растворе нанокompозита Nb-Saponite (Et).

Ключевые слова: экологическая оценка, нанокompозиты, наночастицы, цитотоксичность, генотоксичность, фитотоксичность, токсичность, гибрид кукурузы, семена, ростовые процессы.

ANNOTATION

Savchuk M. V. Environmental assessment of the Nb-containing nanocomposites based on saponite. – The Manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Agricultural Studies. Specialty 03.00.16 Ecology. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2017.

The thesis is devoted to the actual scientific problem concerning the study of the physico-chemical characteristics and peculiarities of newly synthesized Nb⁵⁺-containing saponite-based nanocomposites influence on biological systems of different levels of organization and the possibility of using nanocomposites for increasing the biometric indices of agricultural crops evaluation.

In the thesis, the structural features, morphology and dimensions of nanocomposites based on saponite were studied. The expediency of studying the physicochemical characteristics of nanocomposites, in particular their size, which determines toxicity, was substantiated. The influence of saponite-based nanocomposites on biological systems of different levels of the organization with the consideration of nanocomposites and nanoparticles physical and chemical properties included in their composition was carried out.

It has been established that nanocomposites do not possess toxic properties to different levels of organization, while their component – nanosized SiO₂ possessed cytotoxicity, genotoxicity, phytotoxicity and toxicity towards microorganisms and daphnia, which depended on concentration and size of nanomaterials.

A complex study of the nanocomposites influence on the corn growth processes has been carried out. It has been experimentally proved that nanocomposites increase the biometric indices of corn plants.

The methodical approaches for increasing corn growth processes, which include preliminary soaking of seeds in aqueous solution of nanocomposite Nb-Saponite (Et), were offered.

Key words: ecological assessment, nanocomposites, nanoparticles, cytotoxicity, genotoxicity, phytotoxicity, toxicity, corn, seeds, growth processes.