

ПОРІВНЯННЯ ВПЛИВУ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДУ ЗАЛІЗА Fe₃O₄ НА РІСТ ТВАРИН, РОСЛИН ТА ГРИБІВ

Громнадська М. О., Горобець С. В., Фурсік А. В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, hro.maryna@gmail.com

Вступ. Наноматеріали все більше знаходять своє застосування в різних галузях промисловості, науки та технологій, зокрема, у таких, як хімічні технології, медицина, фармакологія та біотехнологія. Це спричинено, насамперед, такими їх фізико-хімічними властивостями, як легкість у здійсненні модифікації, малі розміри, підвищена реактивність та біологічна дія і велика площа реакційної поверхні [1].

Широке застосування наразі мають, зокрема, наночастинки оксидів заліза. Доведено, що у визначених концентраціях вони позитивно впливають на ефективність росту рослин і грибів [2, 3] та підвищення їх врожайності. Також було встановлено, що при введенні наночастинок оксиду заліза може посилюватись та пришвидшуватись проростання насіння, ріст коренів, пагонів та рослин в цілому, шляхом покращення продуктивності фотосинтезу та доступності феруму і фосфору [2-6]. За допомогою мікроскопії (світлового та електронного мікроскопів) було показано, що здійснюється це, в тому числі, завдяки збільшенню кількості хлоропластів, а також регуляції розвитку судинних пучків. При введенні наночастинок оксиду заліза рослини виростають вищими, збільшується кількість листків на гілці, площа листя, діаметр стебла та біомаса [5].

При застосуванні наночастинок оксиду заліза в рослинах стимулюються метаболічні процеси та антиоксидантна активність [7]. Також спостерігається збільшення вмісту у листі фотосинтетичних пігментів, феруму, фосфору та калію, відбувається стимуляція процесу дихання [6].

Відомо, що металовмісні наночастинки чинять позитивний вплив на продуктивність тварин, покращують їх стан та характеристики через підтримку гомеостазу крові, кишкової мікрофлори, запобігання окислювальному пошкодженню, посилення імунної відповіді тощо. Металовмісні наночастинки можуть застосовуватися при дефіциті поживних речовин у тварин (підвищується біодоступність і покращується засвоєваність) та можуть збагачувати продукти тваринного походження мікроелементами. Металовмісні наночастинки також пропонують в якості часткової заміни неорганічних солей та кормових добавок [8]. Варто зазначити, що при їх високих концентраціях відбувається пригнічення росту організмів та згубна дія.

Саме тому дослідження впливу наночастинок оксиду заліза на метаболізм тварин загалом та на ріст, зокрема, залишається відкритим питанням.

Метою даної роботи було дослідження впливу наночастинок оксиду заліза Fe₃O₄ на ріст тварин та проведення порівняльного аналізу впливу наночастинок заліза різної концентрації на ріст та морфологію рослин та грибів.

Матеріали та методи. Для дослідження використовували 20 молодих статевозрілих особин *Danio rerio* дикого типу у віковій групі 5-6 місяців (життєвий цикл до 5 років). Тварини були розділені порівну на дві групи:

контрольну та експериментальну. Тваринам експериментальної групи щоденно протягом 28 днів перорально вводили 100 мкл магнітної рідини із концентрацією наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 0,002 мг/г. Тваринам контрольної групи щоденно протягом 28 днів перорально 100 мкл води. Для оцінки зміни приросту маси проводили зважування риб за допомогою електронних ваг.

Всі експерименти у даному дослідженні проводились з дотриманням загальних правил та норм Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», прийнятих Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001) та Законом України «Про захист тварин від жорстокої поведінки» (2006), а також відповідно до «Правил поводження з тваринами, що використовуються в наукових експериментах, тестуванні, навчальному процесі, виробництві біологічних препаратів».

Результати та обговорення. Важливо дослідити вплив наночастинок магнетиту у визначеній концентрації на ріст тварин (табл. 1) та встановити чи не спостерігається згубного впливу в результаті взаємодії введених ззовні наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 та біогенних магнітних наночастинок, адже відомо, що біогенні магнітні наночастинок в органах та тканинах тварин локалізуються в стінках капілярів [9].

Таблиця 1. Вплив введених наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 на ріст риб *Danio rerio*

Група досліджуваних організмів	Середня вага досліджуваних організмів на 28 день експерименту, г
Контрольна група	0,70±0,02
Експериментальна група	0,83±0,03

Нами було встановлено, що введення наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 в концентрації 0,002 мг/г прискорює процес росту риб *Danio rerio* дикого типу. В результаті дослідження було показано, що середня вага тварин експериментальної групи збільшується на 19 % у порівнянні з середньою вагою тварин контрольної групи, що свідчить про позитивний вплив розчину магнетиту у визначеній концентрації на ріст риб *Danio rerio*.

При дослідженні впливу наночастинок магнетиту різних концентрацій на ріст та морфологію гороху [2] показано, що маса рослин, вирощених на ґрунті з додаванням наночастинок магнетиту концентрацією 0,1 мг/мл, збільшується на 33 % у порівнянні з контролем. Водночас, середня вага базидієвих грибів, вирощених на субстраті з додаванням наночастинок магнетиту концентрацією 0,1 мг/мл, збільшується на 40-68 % у порівнянні з контролем [3].

Висновки. За результатами проведених досліджень нами було визначено підвищення приросту маси риб *Danio rerio* при пероральному введенні наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 . Отримані результати впливу штучних магнітних наночастинок на ріст тварин відповідають експериментальним результатам про подібний вплив магнітних наночастинок на метаболізм рослин і грибів, тобто індукування прискорення їх росту при помірних концентраціях

наночастинок магнетиту та пригнічення їх росту при високих концентраціях [2, 3]. Отже, введені наночастинки оксиду заліза Fe_3O_4 у визначених концентраціях, взаємодіючи з біогенними магнітними наночастинами, можуть суттєво впливати на процеси масопереносу везикул, органел, структурних елементів мембрани та інших компонентів [2], зумовлюючи прискорення росту організмів.

Список використаної літератури:

1. Siddiqi K. S., Rahman A., Tajuddin H. A. Biogenic fabrication of iron/iron oxide nanoparticles and their application. *Nanoscale Res. Lett.* 2016. Vol. 11. 498.
2. Gorobets Yu., Gorobets S., Gorobets O., Magerman A., Sharai I. Biogenic and Anthropogenic Magnetic Nanoparticles in the Phloem Sieve Tubes of Plants. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.* 2023. Vol. x, No. x. P. e5484.
3. Gorobets S., Gorobets O., Sharay I., Yevzhyk L. The influence of artificial and biogenic magnetic nanoparticles on the metabolism of fungi. *Functional Materials.* 2021. Vol. 29, No. 1. P. 315-322.
4. Rastogi A., Zivcak M., Sytar O., Kalaji H. M., He X., Mbarki S., et al. Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: a critical review. *Front Chem.* 2017. Vol. 5. 78.
5. Wang H., Kou X., Pei Z., Xiao J. Q., Shan X., Xing B. Physiological effects of magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles on perennial ryegrass (*Lolium perenne L.*) and pumpkin (*Cucurbita mixta*) plants. *Nanotoxicology.* 2011. Vol. 5, No. 1. P. 30-42.
6. Feng Y., Kreslavski V. D., Shmarev A. N., Ivanov A. A., Zharmukhamedov S. K., Kosobryukhov A., Yu Min, Allakhverdiev S. I., Shabala S. Effects of Iron Oxide Nanoparticles (Fe_3O_4) on Growth, Photosynthesis, Antioxidant Activity and Distribution of Mineral Elements in Wheat (*Triticum aestivum*). *Plants* 2022. Vol. 11, No. 14. 1894.
7. Farooqui A., Tabassum H., Ahmad A., Mabood A., Ahmad A., Ahmad I. Z. Role of nanoparticles in growth and development of plants: a review. *Int. J. Pharm.* 2016. Vol. 7. P. 22-37.
8. Michalak I., Dziergowska K., Alagawany M., Farag M. R., El-Shall N. A., Tuli H. S., Emran T. B., Dhama K. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production of livestock animals and poultry. *Vet Q.* 2022. Vol. 42, No. 1. P. 68-94.
9. Gorobets S., Gorobets O., Gorobets Y., Bulaievska M. Chain-Like Structures of Biogenic and Nonbiogenic Magnetic Nanoparticles in Vascular Tissues. *Bioelectromagnetics.* 2022. Vol. 43, No. 2. P. 119-143.