

ОЦІНКА БЕЗПЕЧНОСТІ НАНОКОМПОЗИТІВ Fe_3O_4 ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Нікітчина Лілія
здобувачка вищої освіти
Свиридюк Катерина
асистент
Кафедра хімії

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Наноккомпозити на основі магнетиту (Fe_3O_4) широко застосовуються у водоочищенні, екологічній ремедіації та біомедичній інженерії. Проте, їх поведінка та потенційні ризики для природних екосистем потребують ретельної оцінки. Життєвий цикл синтезу Fe_3O_4 -наночастинок інколи виявляє значний вплив на довкілля через високу енерговитратність та використання середовищ

для культури бактерій. [1] З огляду на це, віддається перевага хімічним підходам, якщо їх екологічність доведена, попри токсичні допоміжні реагенти.

Екотоксикологічні дослідження показали зміни в поведінці та біохімічні зрушення у дорослих зебрафіш (*Danio rerio*) вже при екологічно релевантних концентраціях Fe_3O_4 , включаючи підвищення рівня окисного стресу, що вказує на ризики їхнього використання у природних водних екосистемах. [2]

Моделльний організм *Saccharomyces cerevisiae* дозволив встановити дозозалежне пригнічення росту та індукцію апоптозу навіть при концентрації ≤ 600 мг/л, із внутрішньоклітинним накопиченням Fe_3O_4 і вираженою мітохондріальною дисфункцією. [3] Це свідчить, що наночастинки можуть порушувати критичні клітинні процеси за визначених умов.

Крім того, застосування Fe_3O_4 у рослинництві дало змішані результати: деякі дослідження показали, що біосинтезовані наночастинки фериту можуть знижувати токсичність арсену у рисових сіянцях, тоді як інші — що Fe_3O_4 здатен захоплювати токсини (наприклад, 3-нітрофенол), допомагаючи рослинам залишатися здоровими, але потенційно накопичуватися у тканинах або ґрунті. [4-5]

Дослідження щодо культур пшениці показали, що Fe_3O_4 -наночастинки формують «залізні плями» біля коренів і можуть змінювати поведінку кадмію, що ставить питання щодо їхньої придатності у фиторемедіації, навіть при потенціальних додаткових ризиках для рослин. [6]

Декстеризація руху органічного матеріалу й мікроелементів у природних ґрунтах може бути підсилена присутністю Fe_3O_4 -наночастинок — особливо коли вони мають поверхневі шари (наприклад, DMSA), які руйнуються за природних умов, сприяючи міграції забруднювачів у водоносні горизонти. [7]

Загалом, ці дані вказують на необхідність комплексних та системних екотоксикологічних оцінок: внутрішньоклітинні ефекти, поведінкові зрушення, накопичення в рослинах чи тваринах, а також вплив на рух органічних і неорганічних речовин у навколишньому середовищі. [7]

Висновки: використання нанокompозитів на основі магнетиту у природньому середовищі вимагає ретельного підходу та безпекових заходів, адже наночастинки магнетиту чинять негативний вплив на живі організми. Саме тому поряд із виконанням основних функцій (адсорбція, гіпертермія, візуалізація) слід детально вивчати кінетику та утилізацію наноматеріалу.

Список використаних джерел

1. Trace element and organic matter mobility impacted by Fe_3O_4 -nanoparticle surface coating within wetland soil / M. Al-Sid-Cheikh та ін. *Environ. Sci.: Nano*. 2019. Т. 10.
2. Evaluation and Comparison of the Toxic Effects of MgO NPs, ZnO NPs, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ NPs, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ NPs, and Fe_3O_4 NPs on the Remediation for Cadmium-Related Effects

in Wheat Seedlings / Y. Cheng та ін. Water, Air, & Soil Pollution. 2020. Т. 231, вип. 470.

3. Biosynthesized Iron Oxide Nanoparticles (Fe_3O_4 NPs) Mitigate Arsenic Toxicity in Rice Seedlings / S. Khan та ін. Toxics. 2021. Т. 9, вип. 1.

4. Biocompatibility assessment of Fe_3O_4 nanoparticles using *Saccharomyces cerevisiae* as a model organism / F. Luo та ін. Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol .. 2022.

5. Ecotoxicity Assessment of Fe_3O_4 Magnetic Nanoparticle Exposure in Adult Zebrafish at an Environmental Pertinent Concentration by Behavioral and Biochemical Testing / N. Malhotra та ін. Nanomaterials. 2019. Т. 9, вип. 6.

6. Life Cycle Impact Assessment of Iron Oxide ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) Nanoparticle Synthesis Routes / A. Rahman та ін. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 2022. Т. 10, вип. 10.

7. Alleviative effects of magnetic Fe_3O_4 nanoparticles on the physiological toxicity of 3-nitrophenol to rice (*Oryza sativa* L.) seedlings / W. Sainao та ін. De Gruyter. 2022.