

12 ПЕРЕНЕСЕННЯ МАСИ: ВОДЯНА ПАРА ТА ГАЗИ

5. Наночастинки та ремедіація навколишнього середовища.

Протягом останніх років у науковій та популярній літературі, а також в Інтернеті можна знайти відомості щодо **нанотехнологій** – міждисциплінарної галузі фундаментальної та прикладної науки і техніки, яка має справу з сукупністю теоретичного обґрунтування, практичних методів дослідження, аналізу та синтезу, а також методів виробництва та застосування продуктів із заданою атомною структурою шляхом маніпулювання окремими атомами та молекулами. Префікс «нано» походить від грецького слова **нанос** (карлик), що означає 10^{-9} чого-небудь.

Річарду Фейнману, американському фізику-теоретику, належить перше згадування щодо методів, які пізніше назвуть нанотехнологією (1959). Він припустив, що можливо окремо, механічно переміщувати атоми за допомогою маніпулятора відповідних розмірів.

Японський вчений Норіо Танігуті вперше використав у 1974 році термін «нанотехнологія», яким назвав виробництво виробів розмірами порядку нанометрів.

Об'єктами нанотехнології є **наночастинки** – дрібні тіла, що поводять себе як окремі одиниці з точки зору їх властивостей і транспортування, та розміри яких становлять 1 – 100 нм, а також **наноматеріали**, розроблені на основі наночастинок з унікальними характеристиками, обумовлених мікроскопічними розмірами їх складових.

Ремедіація навколишнього середовища – це процес виведення забруднювачів з навколишнього середовища, зокрема з ґрунту, підземних та поверхневих вод, та атмосфери з метою захисту здоров'я людини та довкілля.

Особливою рисою наночастинок є суттєво більше порівняно з макрочастинками відношення площі частинок S до їх об'єму V . Так, якщо для частинок S/V становить близько 10^3 , то для наночастинок S/V досягає порядку 10^9 . Це характеризує високу реактивну здатність наночастинок та їх більш високий контакт з забруднювачами.

Типовими представниками наночастинок, що застосовуються у ремедіаційних технологіях, варто відзначити наночастинки заліза нульової валентності (у тому числі емульсифіковані частинки), їх комбінації з благородними металами Pd, Ag, Cu, Co, Ni.

Елементарне залізо діє як електронний донор, тоді як забруднювачі виконують функції акцепторів електронів. Процес відновлення забруднювачів супроводжується їх перетворенням у менш токсичну і навіть у безпечну форми. Застосування наночастинок дає можливість очистити ґрунт, ґрунтові води та седиментів (осаду) від важких металів (ртуть, свинець, кадмій) та органічних сполук (бензол, хлоровані розчинники, креозот, толуол).

Так, наприклад, застосування 1,7 кг наночастинок заліза нульової валентності до зони забруднення ґрунтових вод трихлоретиленом об'ємом 14 м^3 дало можливість зменшити концентрацію забруднювача на 96% протягом 4 тижнів.

Цікавою є здатність певних мікроорганізмів здійснювати внутрішньоклітинний синтез наночастинок металів та їх сполук, таких як золото (бактерії *Bacillus subtilis* 168

та *Shewanella algae*, гриби *Verticillium* та *Fusarium*, актиноміцети *Rhodococcus*), срібло (бактерії *Pseudomonas stutzeri* AG259), магнітних наночастинок Fe_2O_4 (магнетобактерії *Magnetospirillum magnetotacticum*), кристалів сульфід кадмію (CdS) – дріжджі *Schizosaccharomyces pombe*.

Наноматеріали знаходять все більше застосування як ефективні фільтри для очищування питної води.

Втім, наночастинки слід розглядати також як забруднювачі навколишнього середовища, які через свої малі розміри характеризуються високою проникністю у людський організм.

Магнітні наночастинки позитивно впливають на сільськогосподарські рослини і призводять до:

- 1) прискорення проростання насіння;
- 2) збільшення довжини пагонів і коренів;
- 3) збільшення урожайності;
- 4) збільшення вмісту метаболітів;
- 5) збільшення вегетативної біомаси проростків і рослин.
- 6) забезпечення стійкості рослин до різних хвороб і абіотичних стресів.

Механізм такого впливу ще точно не встановлений і наразі досліджується. Це може бути пов'язано з впливом МНЧ на кілька біохімічних параметрів, пов'язаних з ростом і розвитком рослин, наприклад:

- 1) посилення експресії генів, що реагують на стрес, і посилення експресії генів мРНК, що призводить до синтезу білків;
- 2) посилення експресії генів, що регулюють антиоксидантну систему;
- 3) підвищення швидкості фотосинтезу;
- 4) покращення поглинання поживних речовин;
- 5) підвищення ефективності використання азоту.

У гарбуза (*Cucurbita maxima*), обробленого наночастинами Fe_3O_4 діаметром 20 нм, спостерігалася транслокація магнітних наночастинок у різних частинах рослини. Контрольні рослини не виявляли магнітного сигналу, тоді як більшість досліджуваних тканин демонстрували різні ступені намагніченості, що вказують на різну кількість магнітних наночастинок. Це проілюстровано на рис. 6, де на схемі рослини гарбуза показані різні рівні намагніченості в різних місцях відбору проб, виміряні в одиницях $10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^2$. Можна помітити сильні магнітні сигнали в стеблі безпосередньо біля коренів та у всіх аналізованих листках незалежно від їх відстані від коренів. Слабший магнітний сигнал зафіксовано у тканинах стебла вище від кореня. Ці результати є доказом того, що магнітні наночастинки можуть поглинатися рослинами гарбуза та транслокуватися в різних тканинах.

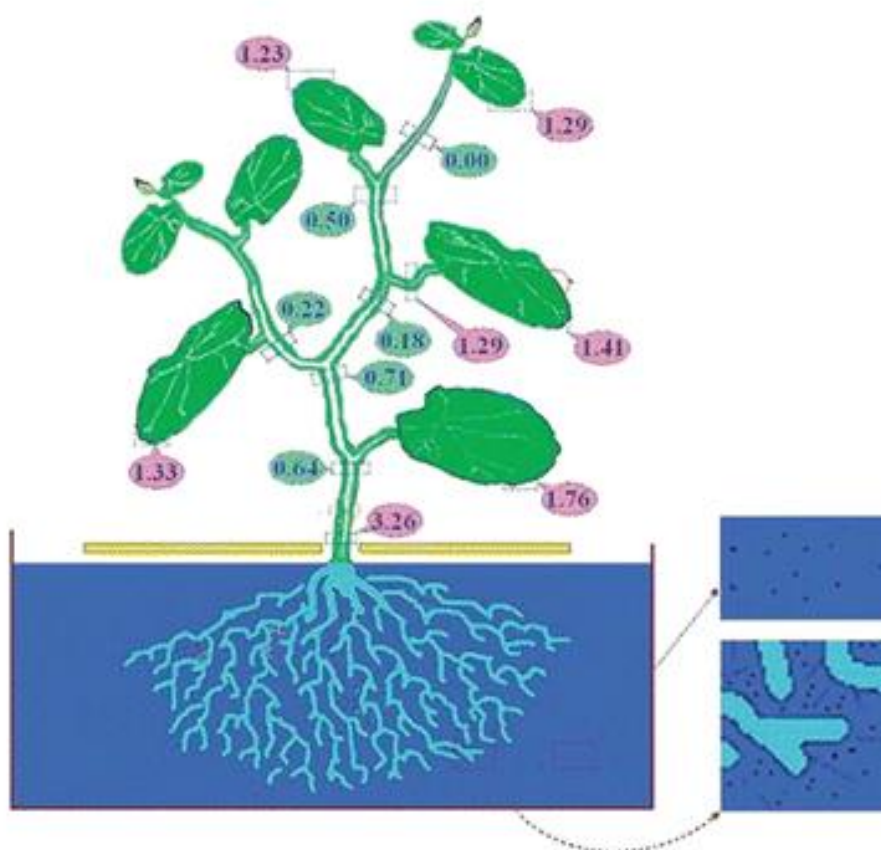


Рис. 6 – Схематичне зображення поглинання та розподілу наночастинок Fe_3O_4 у різних тканинах гарбуза.