

2. ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти.
3. ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель».
4. ГОСТ 12.1. 005-88 «Повітря робочої зони».
5. BS EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. 2008. – 76 p.

НАНОКОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Короткова І.В., Малюга А.Ю.

Полтавська державна аграрна академія

Нанотехнологія відокремилась в самостійну науку на початку 1990-х років, однак унікальні властивості наносистем вже давно отримали практичне застосування. Як відомо, нанотехнологія означає маніпулювання з окремими атомами, молекулами або нанорозмірними об'єктами з метою створення матеріалів з новими властивостями. Перехід від макро- і мікророзмірів до нанорозмірів призводить до якісних змін фізико-хімічних властивостей (електропровідності, магнетизму, поглинання і випромінювання світла, оптичного заломлення і т.ін) матеріалів, що створюються на їх основі, і які не спостерігаються у макро- і мікроскопічних речовин тієї ж хімічної природи. Всі створені в даний час наноматеріали можна умовно віднести до таких груп:

- наночастинки, нанокластери, нанокристали і квантові точки;
- нанотрубки, нанострижні, нанодропи.

Всі види нанорозмірних частинок можуть бути впроваджені в різні органічні або неорганічні матриці [1].

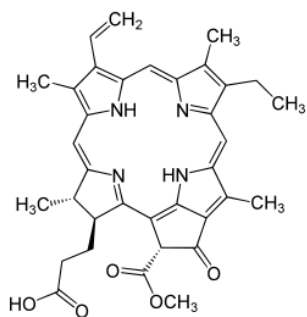
В останні десятиліття широко досліджуються інтенсивно флуоресціюючі наночастинки неорганічних напівпровідників і металів, що мають ряд унікальних властивостей, обумовлених, зокрема, квантово-розмірними ефектами. Такі наноб'єкти використовуються як активні елементи фотоелектричних перетворювачів і світловипромінюючих пристроїв, оптичні датчики та ін. Вивчено спектрально-люмінесцентні властивості агрегатів та наночастинок ряду органічних сполук з ефектом агрегаційно-індукованої емісії (AIE). Показана можливість практичного використання таких світловипромінюючих структур в люмінесцентних сонячних концентраторах, оптоелектронних пристроях, для моніторингу навколишнього середовища, для біологічних і біомедичних застосувань [2].

Використання наноматеріалів в медицині включає флуоресцентні біологічні мітки, доставку лікарських препаратів, біологічне виявлення патогенів, виявлення білка, зондування структури ДНК, інженерію тканин, виявлення пухлин, відділення та очищення біологічних молекул та клітин.

Одним з найбільш значних напрямів використання наночастинок є фотодинамічна терапія (ФТД). В даний час ФТД є визнаним методом лікування локалізованих ракових захворювань, репрезентативною перевагою якого є його здатність знищувати ракові утворення без руйнування нормальних тканинних структур, що оточують пухлину. ФТД є результатом комбінованої дії трьох компонентів - фотосенсибілізатора (ФС), світла і кисню. Здатність ФС флуоресціювати під дією світла певної довжини хвилі створило основу для флуоресцентної діагностики, перетворюючи ФС в маркер злоякісної клітини, який допомагає візуалізувати пухлинне ложе і визначати поширеність процесу. Важливим етапом в ФТД є цілеспрямована доставка ФС до пухлинних клітин-мішеней, що призводить до підвищення накопичення ФС в пухлині. В даний час активно досліджується можливість використання наночастинок на основі органічних і неорганічних матеріалів в якості систем адресної доставки ФС, а також для візуалізації та терапії. Наночастинки, що містять ФС, дозволяють збільшити концентрацію ФС в тканинах-мішенях, що підвищує їх фотодинамічну активність. Однак, використання наночастинок ФС нашкоджується на перешкоду з боку ретикулоендотеліальної системи, яка

швидко видаляє такі частинки з кровотоку. Для вирішення цієї проблеми наночастинки ФС покривають різними полімерами (перш за все поліетиленгліколем) [3].

Різновидом адресної транспортної системи є кон'югація ФС з олігонуклеотидами, білками і іншими біоструктурами або їх фрагментами. Приклад подібної транспортної системи описаний в [4]. У 2018 році Son et al. використовували наночастинки модифікованого фолатом кополімеру молочно-гліколевої кислоти (PLGA) для доставки феофорбіда (Pba) до пухлини.



Отримані наночастинки folate-PLGA-Pba підвищили ефект загибелі ракових клітин шлунка людини MKN28. Яскраво виражена флуоресценція Pba показала високе накопичення наночастинок на ділянці пухлини в моделі пухлинних м'язів MKN28.

Аналогічна інкапсуляція наночастинок ФС в амфіфільний полімер представлена Yoon et al. в роботі [5]. Для доставки гідрофобного ФС хлорину еб (Ce6) використовували наночастинки гіалуринової кислоти (HA).

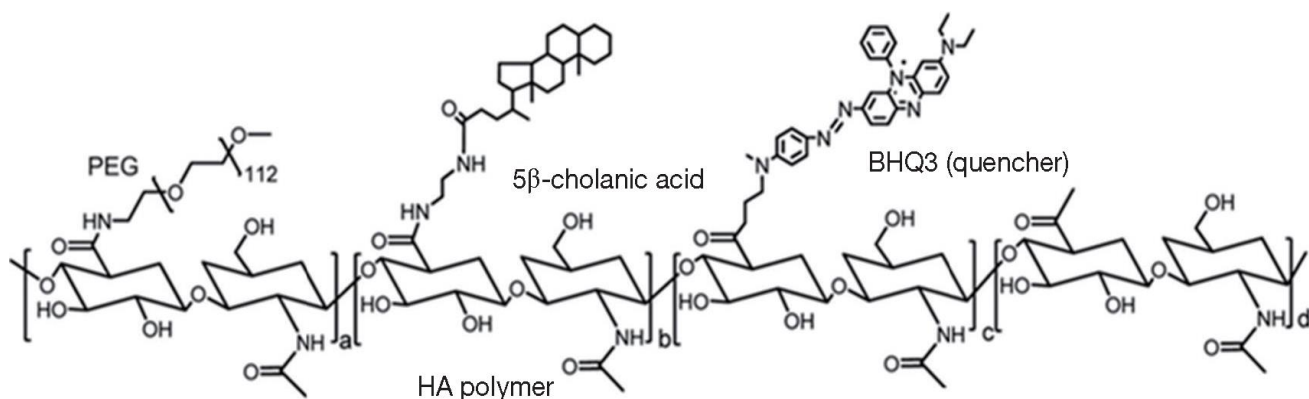


Рис. 1. Наночастинки гіалуринової кислоти з хлорином еб.

Подальший розвиток цієї галузі медицини може бути пов'язаний зі створенням наночастинок ФС на основі АІЕ-флуорофорів, випромінюючих в ближній ІЧ-області, що забезпечить більш глибоке проникнення в тканини. Розробка ФС з ефектом АІЕ дозволить здійснювати візуалізацію в природних біологічних структурах (органелах, клітинах, тканинах і т. ін.) і проводити дослідження клітинних процесів (апоптоз, метастази та ін.).

Зовсім недавно ідея об'єднати наноматеріали з живими рослинами для посилення їх нативних функцій і надання їм унікальних властивостей була сфокусована під назвою «нанобіоніка рослин», що дозволило створювати швидкорослі рослини і стати ключовим фактором для проектування і розробки штучних фотосинтетичних систем, потенційного джерела чистої енергії. Вперше такий експеримент був виконаний шляхом подачі суспензії одностінних вуглецевих нанотрубок до листя рослин і ізольованих хлоропластів. Така обробка збільшувала швидкість перенесення електронів і термін придатності ізольованих хлоропластів. Встановлено, що наночастинки хлоропластів значно посилюють фотосинтетичну активність за рахунок збільшення поглинання енергії світла в УФ та ближньому-ІЧ діапазонах спектра [6].

Важливе значення мають нанотехнології для сільського господарства. Вони знаходять своє застосування практично у всіх сферах: рослинництві, тваринництві, птахівництві, рибництві, ветеринарії, переробній промисловості, і т. ін. Вони застосовуються у якості мікродобрив, речовин для післязбиральної обробки кормів, засобів дезінфекції і т. ін.

Фундаментальною вимогою для продовольчої безпеки і отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур є оптимальне живлення рослин, а це означає, що добриво відіграє важливу роль в сучасному сільському господарстві. Урожайність сільськогосподарських культур сильно залежить від кількості поживних макро- (N, P, K, S, Ca,

Mg) і мікроелементів (B, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo і Cl). Найбільш поширеним способом внесення мікроелементів в сільськогосподарські культури є внесення в ґрунт або обприскування листової пластинки. Нанотехнології можуть зіграти важливу роль в процесі живлення рослин шляхом створення різного роду наноструктур, які будуть переносити поживні речовини і контролювати їх вивільнення. З використанням нанотехнологій внесення добрив і поживних елементів може здійснюватися у вигляді частинок або емульсій нанорозмірних розмірів. В даний час встановлюється, чи можуть наночастинки (наприклад, фулерени, вуглецеві нанотрубки, $nTiO_2$ і $nSiO_2$) на різних стадіях росту сільськогосподарських культур замінювати частково або повністю традиційну практику внесення добрив.

Не менш ефективним способом внесення мікроелементів є інкапсулювання поживних елементів в нанокапсули, зовнішня оболонка яких спроектована і запрограмована на відкриття при впливі факторів навколишнього середовища або антропогенних імпульсів (Рис. 2).



Рис. 2. (А) Модель нанокапсули, що містить макро/мікроелементи; (Б) Приклад відкриття нанокапсули - вивільнення поживних речовин як функція часу, щоб уникнути або обмежити втрати поживних речовин.

Нарешті, поставка мікроелементів може здійснюватися в комплексі, утвореному нанокапсулами, включеними в матрицю органічних полімерів біологічного або хімічного походження, які діють як носій.

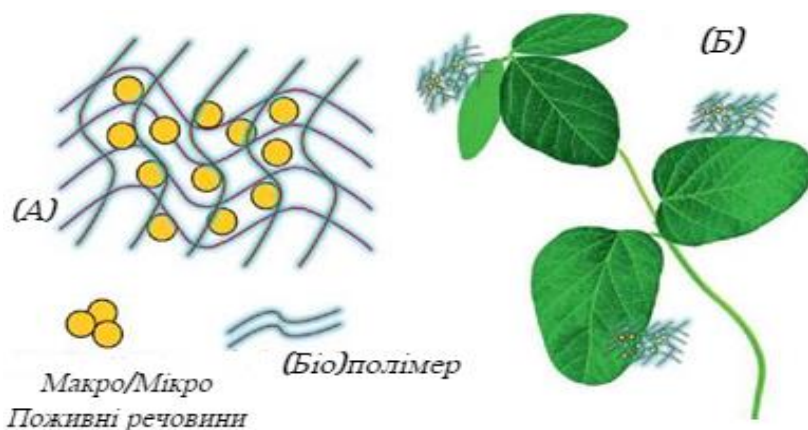


Рис. 3. (А) Модель біополімерної структури, що містить макро/ мікроелементи. (Б) Адсорбція біополімерної структури на листі рослини після обробки обприскуванням.

Властивості таких наноструктур дозволяють контролювати вивільнення поживних речовин в залежності від часу або після взаємодії з навколишнім середовищем. В даний час проводяться дослідження для перевірки потенціалу різних матеріалів для створення нанокапсул (цеоліти, поліакрилова кислота, хітозан) [7].

Передпосівна обробка насіння також стала неможливою без використання різного роду препаратів, розмір частинок яких мають префікс нано-. Суспензіями нанокристалічних порошоків металів проводять передпосівну обробку насіння та саджанців буряків, картоплі, пшениці. Збільшення врожаю в результаті застосування такого прийому становить 20 - 35%.

Питання захисту рослин доцільно розглядати в контексті сумісного застосування наночастинок біогенних елементів і зменшення доз отрутохімікатів. Розширюючи асортимент хімічних елементів, з яких формуються наночастинки, можна уповільнювати процеси адаптації шкідників до отрутохімікатів, а також вибірково впливати на популяції, стійкі до традиційних схем захисту рослин. Нанопестициди можуть зіграти ключову роль в боротьбі з комахами-шкідниками та господарями патогенів. Створення наноінкапсульованих пестицидних композицій буде сприяти захисту інкапсульованих активних інгредієнтів від передчасної дегградації і збільшення їх ефективності в боротьбі з шкідниками протягом більш тривалого періоду. Використання наноінкапсульованих пестицидів призведе до зниження дозування пестицидів і, тим самим, зменшення негативного впливу на людину [8]. Таким чином, правильно підібрані композиції наноматеріалів дозволять оптимізувати врожайність і забезпечити найбільш ефективне агрономічне управління такими факторами як добрива, вода, гербіциди та пестициди.

Отже, нанотехнології можна розглядати як один з найбільш перспективних напрямків науково-технічного розвитку на майбутні десятиліття. Одна з головних переваг цієї галузі – її мультидисциплінарність, що надає продуктам нанотехнологій широкий простір для їх застосування. Значний теоретичний і практичний інтерес викличуть наукові розробки щодо встановлення біофізичних механізмів дії наночастинок на функцію рослин і систем організму, різних клітин, їх мембран, мітохондрій, рибосом, ферментів, ДНК, РНК.

Список використаної літератури

1. Штыков С. Н. Наноматериалы и нанотехнологии в химических и биохимических сенсорах: возможности и области применения/С.Н. Штыков, Т. Ю. Русанова //Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. - Т. LII. - № 2. – С.92-100.
2. Granchak V. M. Aggregation-Induced Emission In Organic Nanoparticles: Properties And Applications: A Review/ V. M. Granchak, T. V. Sakhno, I. V. Korotkova, Yu. E. Sakhno, S. Ya. Kuchmy// Theoretical and Experimental Chemistry. – 2018. - V. 54. - N. 3. - P.147-177.
3. Korneev O. V. Nanoparticles-based photosensitizers with effect of aggregation-induced emission/ O. V. Korneev, T. V. Sakhno, I. V. Korotkova //Biopolymers and Cell. - 2019. - V. 35. - N4. – P. 249–267.
4. Son J. Folate-modified PLGA nanoparticles for tumor-targeted delivery of pheophorbide a in vivo/ J. Son, S.M.Yang, G.Yi et al //Biochem Biophys Res Commun. – 2018. – 498. – P. 523-528.
5. Yoon H.Y. Tumortargeting hyaluronic acid nanoparticles for photodynamic imaging and therapy/H.Y. Yoon, H.Koo, K.Y. Choi et al //Biomaterials. - 2012. – 33. – P.3980-3989.
6. Giraldo J.P. Plant nanobionics approach to augment photosynthesis and biochemical sensing/ J.P. Giraldo, M.P. Landry, S.M. Faltermeier//Nature Materials. – 2014. – 13. – P.400-408.
7. Ditta A. Applications and perspectives of using nanomaterials for sustainable plant nutrition /A. Ditta, M. Arshad//Nanotechnology Reviews. - 2016. - 5(2). – P.1-22.
8. Prasad R. Nanotechnology in Sustainable Agriculture: Recent Developments, Challenges, and Perspectives/ R.Prasad, A. Bhattacharyya, Q.D. Nguyen. //Frontiers in Microbiology. – 2017. – 8. – P.1-13.