

ЗДОБУТКИ НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ БІОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

У статті наведено дані власних досліджень щодо активності наночастинок металів проти збудників інфекційних і паразитарних хвороб та перспективи їх застосування для екологічно раціонального вирішення проблеми біологічного забруднення довкілля.

Біологічне забруднення сьогодні залишається однією з найактуальніших екологічних проблем антропогенно трансформованих територіях. Однією з вагомих причин його формування є багаторічне використання хімічних сполук тієї ж хімічної групи або подібного типу, що дії призводить до зниження чутливості популяції патогенних організмів та успадковується їхніми наступними поколінням. Наслідком таких змін є формування у паразитичних організмів резистентності до антибіотиків, антигельмінтних, дезінфекційних і дезінвазійних засобів. З року в рік список низько ефективних засобів для боротьби з ними поповнюється, що примушує дослідників проводити пошук та здійснювати розробку нових лікувальних і профілактичних засобів [1, 2].

Бурхливий розвиток нанотехнології привертає до себе увагу фахівців різних галузей науки. Сьогодні учені вміють отримувати наноструктури практично всіх відомих хімічних елементів, використовуючи різні технології. Особливої уваги заслуговують розробки українських дослідників, яким вдалося отримати електрично заряджені наночастинок металів, використовуючи фізичне явище самоконцентрації енергії – а саме, ерозійно-вибухові нанотехнології [1].

Суть цієї технології полягає в утворенні потужних потоків електронів, що виникає при вибухах локальних ділянок металевих гранул в процесі електроімпульсної абляції у водному середовищі. Знаходячись певний час в

потоці електронів, навколо наночастинок утворюється поверхневий електричний заряд із знаком «мінус». Відсутність аніона як такого виключає токсичні прояви, а самі метали в наноструктурному стані за будовою є подібними до аніонного хелатного комплексу [1].

Токсикологічна оцінка наноаквахелатів металів була проведена фахівцями Інституту гігієни і медичної екології ім. А.Н. Марзєєва АМН України. За її результатами встановлено, що за параметрами гострої токсичності (ГОСТ 12.1.007) колоїд з вмістом наночастинок металів у концентрованому вигляді належить до 4-го класу безпеки (малобезпечні речовини) і не проявляє сенсibiliзуючої, алергічної, тератогенної та кумулятивної дії на організм.

Експериментальними дослідженнями в лабораторних умовах було встановлено біоцидну активність наноаквахелатів деяких металів (срібло, мідь, магній, цинк, олово та ін.). Їх здатність згубно впливати на переважну більшість патогенних бактерій, вірусів, грибів, яйця та личинки гельмінтів дозволило вести розробку екологічно раціональних, ефективних і доступних засобів й препаратів для асептики, антисептики, дезінфекції та дезінвазії [1].

Нами вперше встановлена овоцидна та ларвоцидна активність гідратованих і цитратованих наночастинок срібла, міді, цинку, магнію, олова та комплексу «Шумерське срібло» у концентраціях від 50 до 150 мг/дм³ щодо найвагоміших компонентів паразитарного забруднення: нематод з рядів *Ascaridida* (*Ascaris suum*, *Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Parascaris equorum*) і *Strongylida* (*Oesophagostomum dentatum*, *Oxyuris equi*, *Ancylostoma caninum*) та ооцист кокцидій (*Eimeria magna*). Прояв дезінвазійної активності колоїду наночастинок металів залежить від виду паразита, стадії його розвитку, хімічного елемента в наноструктурній формі, його концентрації та експозиції.

Загалом, втрата життєздатності зародками нематод з ряду *Ascaridida* сягала в середньому 93,6% . Частка деградованих яєць *A. suum* (від 7,7 до 58,7% на 60-ту добу культивування) залежала від типу наночастинок, які контактували зі збудником паразитозу та зростала з подовженням терміну

контакту між ними. У контрольних варіантах (залежно від виду збудника) життєздатність зберігали від 97,7 до 100% яєць.

Чутливість яєць нематод з ряду Strongylida до впливу наночастинок металів за аналогічних умов була дещо вищою порівняно з аскарідами. Загальна овоцидна чутливість *A. caninum* до наночастинок металів склала 96,5%, у *S. equinus* – 99,8%, а у *O. dentatum* — 100%-ів.

Ступінь прояву незаражуючої активності гідратованих і цитратованих металів у наностані за концентрації 50 мг/дм³ проти кокцидій *E. magna* сягала 62,5 – 100%, залежно від виду металу та експозиції.

Найвищий овоцидний ефект досягається при поєднаному застосуванні наночастинок срібла та міді. Це пояснюється синергічною дією металів і додатковою енергією, яка генерується наночастинками з різними електродними потенціалами. Несподівано високу овоцидну активність виявили у наночастинок таких металів як магній та цинк. Максимальну ефективність дії наноконпозицій реєстрували у дослідях з неінвазійними стадіями паразитів, дещо нижчу – стосовно інвазійних.

Експериментально, на яйцях *A. suum*, доведено селективну діагностичну та ефективну дезінвазійну активність наноаквахелатів металів, в тому числі за їх повторного застосування. На основі отриманих результатів запропонований екологічно доцільний, оригінальний, високорентабельний метод діагностики життєздатності яєць нематод з використанням металів у наноструктурному стані. Найвища інтенсивність селективної адгезії наночастинок на поверхню яєць гельмінтів та найбільш виражений овоцидний ефект притаманні наноаквахелатам магнію і олова. Ступінь прояву гельмінтоцидної дії прямо залежить від здатності наночастинок до адгезії на поверхню яєць нематоди. Експериментально доведено, що овоцидна дія наночастинок металу нейтралізується в організмі інвазованих лабораторних тварин і пов'язане з передчасною дезінтеграцією наночастинок соляною кислотою шлункового соку.

Враховуючи гіпотези фахівців щодо механізму біологічної дії наночастинок і порівнюючи їх з результатами власних досліджень ми припускаємо, що механізм овоцидної дії наноаквахелатів олова пов'язаний з ефектом селективної адгезії наночастинок металу на поверхню живих яєць гельмінтів та наступним впливом на них потужного електричного поля, утвореного зарядженими наночастинами. Така комплексна дія наночастинок на зародки нематод призводить до втрати ними життєздатності. Більш глибоке розуміння процесів взаємодії комплексу металева наночастинка – інвазійний елемент потребує додаткових досліджень [3].

Максимальний овоцидний ефект проявляється при дезінвазії наноаквахелатами магнію в концентрації 200 мг/дм³ субстратів з пластику та кахлю. З'ясовано, що дезінвазійні властивості наноаквахелатів металів за дії на яйця геогельмінтів проявляються в ґрунтах різного типу на глибині до 5 см. Їх овоцидна ефективність при цьому коливається у межах від 90,4 до 99,2%. Наноаквахелати металів здатні зберігати свою активність упродовж семи діб, а їх толерантність до нецільових об'єктів і безпечність для людини дозволяє використовувати колоїди без спеціальних застережень.

Виробничими дослідженнями доведено, що застосування моно- та поліметалевих наноаквахелатів у виробничих умовах є ефективним і екологічно рентабельним засобом знезараження тваринницьких приміщень, ґрунту, каналізаційних стоків і продуктів харчування від збудників інвазійних хвороб. Розроблено схеми профілактики паразитарного забруднення на основі наноаквахелатів металів.

Серед властивостей, що вигідно вирізняють наночастинки металів з-поміж інших речовин або сполук, які мають дезінвазійну дію є: безпека та екологічна сумісність; здатність до селективної адгезії на поверхню лише життєздатних інвазійних елементів; пролонгованість дії; широкий спектр біоцидних властивостей; не суттєвий вплив органічних речовин на прояв овоцидної дії та висока рентабельність за практичного використання.

Таким чином, нами вперше в Україні розроблено і вивчено на науковому та практичному рівнях і впроваджено методики застосування гідратованих і цитратованих наночастинок срібла, міді, цинку, магнію, олова та їх композицій у прикладній екології. Новизна отриманих результатів досліджень підтверджена патентами України на корисну модель [4].

Результати проведених досліджень, з одного боку, дозволяють окреслити коло можливих напрямів застосування металевих наночастинок у діагностиці та профілактиці інвазійних хвороб, що має важливе практичне значення для контролю і корегування паразитарної ситуації. З іншого боку, необхідно визначити та проаналізувати всі позитивні та негативні аспекти запропонованих способів та методів контролю і профілактики паразитарного забруднення з використанням металевих наночастинок. Це дозволить прогнозувати найбільш раціональні напрямки майбутніх досліджень та значно підвищити коефіцієнт їх ефективності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Наноматеріали в біології. Основи нановетеринарії: посіб. для студ. аграрн. закл. освіти III-IV рівнів акредитації / [В.Б. Борисевич, В.Г. Каплуненко, М.В. Косінов та ін]; за ред. В.Б. Борисевича, В.Г. Каплуненко. — К.: ВД «Авіцена», 2010. — 416 с.
2. Волошина Н.О. Порівняння овоцидної ефективності наночастинок деяких металів як дезінвазійних засобів / Н.О. Волошина // Вісник зоології. — 2010. — Т. 44, № (3) — С. 271—274.
3. Наукове обґрунтування механізму овоцидної дії наночастинок олова / Н.О. Волошина, П.Я. Кілочницький, В.Г. Каплуненко, М.В. Косінов // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Біологія. — 2009. — Вип. 54. — С. 50—52.
4. Пат. 38137 Україна, МПК С02F 1/46, С02F 11/00. Спосіб знешкодження у довкіллі збудників інвазійних хвороб тварин / Волошина Н.О., Каплуненко В.Г., Косінов М.В.; власник Волошина Н.О., Каплуненко В.Г., Косінов М.В. — № у 2008 08954; заявл. 08.07.08; опубл. 25.12.08, Бюл. № 24.