



УДК 639.2.09:615.281

АНТИБАКТЕРІАЛЬНА АКТИВНІСТЬ НАНОАКВАХЕЛАТІВ МЕТАЛІВ ЩОДО З БУДНИКІВ ХВОРОБ РИБ

О.О. Кравченко, аспірант*

В.І. Максін, доктор хімічних наук

Н.І. Вовк, доктор сільськогосподарських наук

В.Г. Каплуненко, доктор технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Досліджено антибактеріальну дію наноаквахелатів Fe, Cu, Zn, Mg, Ag на бактеріях *Aeromonas hydrophila* та *Pseudomonas sp.*, виділених від хворих риб. Порівняно ефекти дії наноаквахелатів на основі одного металу та комплексних сумішей наноаквахелатів.

Вступ. Завданням сучасних нанобіотехнологій, орієнтованих на ветеринарію, медицину і сільське господарство, є отримання біосумісних наноматеріалів. Наноаквахелати металів охоплюють широкий клас функціональних наноматеріалів — від колоїдних розчинів гідратованих наноматеріалів до нанокарбоксилатів металів — і вже промислово виробляються в Україні за відповідними технічними умовами (ТУ У 24.6-35291116-001:2007; ТУ У 24.6-35291116-002:2008; ТУ У 24.6-35291116-003:2009; ТУ У 24.1-35291116-004:2009; ТУ У 15.8-35291116-005:2009; ТУ У 24.2-35291116-001:2009). Для забезпечення біосумісності, розчини функціональних наноматеріалів можуть бути стабілізовані органічними речовинами із класу спиртів, карбонових кислот, складних ефірів, жирів, вуглеводів, амінокислот, білків, харчових кислот, а також екстрактами біологічних клітин [1–4].

Встановлено, що окремі наноматеріали володіють як біогенною, так і бактеріцидною активністю щодо збудників

хвороб і, в той же час, на відміну від йонних форм відповідних металів, не виявляють токсичної дії [5].

Значних економічних збитків аквакультурі завдають хвороби риб. Збудниками бактеріальних хвороб найчастіше є умовно патогенні форми бактерій, які належать до родів *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Chondrococcus*, *Cytophaga*, *Mycobacterium* та ін. Бактерії можуть бути не лише етіологічним агентом низки інфекційних хвороб риб, а й відігравати роль вторинних, секундарних збудників, що ускладнюють перебіг інших хвороб, у т. ч. вірусних, інвазійних, аліментарних.

Патогенними для риб агентами визнано представників родини *Pseudomonadaceae* (рід *Pseudomonas*), *Enterobacteriaceae* (роди *Edwardsiellae*, *Proteus*), *Vibrionaceae* (роди *Aeromonas*, *Vibrio*), мікобактерії (роди *Flexibacter*, *Cytophaga*), роди *Actinomyces*, *Mycobacterium*, *Nocardia* та ін. [6]. Проте в ставковій та індустріальній аквакультурах найчастіше зустрічаються аеромо-

*Науковий керівник — доктор хімічних наук В.І. Максін.



нози та псевдомонози, для лікування яких застосовують антибактеріальні препарати, антибіотики, нітрофурани, сульфаніламід, а також сульфати міді та заліза, що негативно впливають і на організм риб, і на екосистему в цілому.

Мета даної роботи — дослідити антибактеріальну дію наноаквахелатів Fe, Cu, Zn, Mg, Ag та їх сумішей на бактерії *Aeromonas hydrophila* і *Pseudomonas sp.*, виділені від хворих риб.

Матеріали та методи дослідження. В роботі використовувалися отримані нами за методами [7–15] наноаквахелати металів, а саме водні розчини нанокарбоксилатів харчових кислот із вмістом металів від 1 до 3 г/л і кислою реакцією (рН 2,5–4,5). Антибактеріальну дію вказаних розчинів визначали методом дифузії в агар з використанням паперових дисків [16].

Посіви тест-культур здійснювали на тверде поживне середовище МПА; диски, просочені різними розчинами наноаквахелатів, розміщували на поверхні засіяного газону і культивували за температури 24–25°C. Облік результатів здійснювали через 24 та 48 год. Навколо дисків утворювалися зони пригнічення рос-

ту, які чітко виділялися на фоні бактеріального газону. Вимірювання зони пригнічення росту бактерій проводили за допомогою міліметрової лінійки.

Результати дослідження та їх обговорення. Отримані дані (таблиця та рис. 1 і 2) свідчать, що за дії наноаквахелатів на бактерії родини *Aeromonas*, збудники хвороб є стійкими до дії наноаквахелатів на основі магнію та заліза, а бактерії родини *Pseudomonas* — до дії наноаквахелатів на основі магнію.

На рис 1 та 2 чітко видно зони навколо дисків, просочених наноаквахелатами, до яких чутливі тест-культури.

За результатами досліджень бактерії родини *Pseudomonas* набагато стійкіші до дії препарату на основі цинку та міді у порівнянні з бактеріями родини *Aeromonas*, що узгоджується з працями інших авторів щодо високої резистентності *Pseudomonas sp.* до дії антибактеріальних препаратів [17–19]. Бактерії обох родів є високочутливими до дії наноаквахелатів на основі срібла.

Для порівняння дії наноаквахелатів на розвиток бактерій застосували і комплексні суміші наноаквахелатів та суміш наноаквахелатів з семи мікроелементів.



Рис. 1. Величина затримки росту бактерії родини *Aeromonas*.

Умовні позначення наноаквахелатів: 1-Fe, 2- Zn, 3- Cu, 4- Ag, 5- Mg

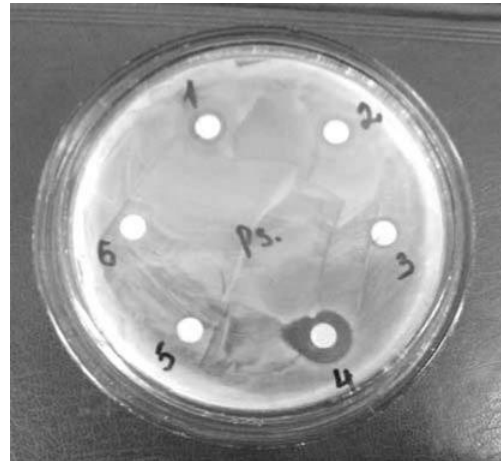


Рис. 2. Величина затримки росту бактерії родини *Pseudomonas*.

Умовні позначення наноаквахелатів: 1-Fe, 2- Zn, 3- Cu, 4- Ag, 5- Mg



Використання декількох металів, зокрема срібла і міді, для отримання бактерицидних водних розчинів відоме ще з давніх часів [20]. Мідь і срібло – це метали-синергісти і їх сумісна дія на мікроорганізми значно вища ніж кожного окремо. При застосуванні комплексу елементів найбільший ступінь чутливості отримано за суміші Cu+Mg+Ag – тут виявляється дія, характерна для кожного конкретного металу і яка посилюється у зв'язку з їх сукупним застосуванням.

Ймовірно, що й при комплексі Zn+Mg+Ag виявляється синергічний ефект дії.

Ефект від дії суміші наноаквахелатів Mg+Zn+Mn+Fe+Cu+Co+Mo був відсутній.

Висновок

Найбільшу антибактеріальну активність виявляють наноаквахелати на ос-

Таблиця. Дія наноаквахелатів на розвиток бактерій

| Наноаквахелат | pH | Розмір діаметра зони пригнічення, мм |
|-----------------------------|------------|--------------------------------------|
| <i>Aeromonas hydrophila</i> | | |
| Fe | 2,350±0,01 | 4,00±0, 1 |
| Zn | 2,764±0,01 | 14,50±0, 1 |
| Cu | 2,418±0,01 | 10,00±0, 1 |
| Ag | 3,530±0,01 | 16,50±0, 1 |
| Mg | 4,325±0,01 | зона пригнічення відсутня |
| <i>Pseudomonas sp.</i> | | |
| Fe | 2,350±0,01 | 9,00±0, 1 |
| Zn | 2,764±0,01 | 7,50±0, 1 |
| Cu | 2,418±0,01 | 7,00±0, 1 |
| Ag | 3,530±0,01 | 14,50±0, 1 |
| Mg | 4,325±0,01 | зона пригнічення відсутня |
| <i>Pseudomonas sp.</i> | | |
| Суміш наноаквахелатів | 4,290±0,01 | зона пригнічення відсутня |
| Zn+Mg +Ag | 3,600±0,01 | 21,50±0, 1 |
| Cu+Mg+Ag | 3,685±0,01 | 23,00±0, 1 |

нові срібла, цинку та міді. Ефект посилюється за сумісної дії цих металів.

Література

1. Патент України на корисну модель № 38397. Спосіб стабілізації наночастинок електропровідних матеріалів // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Опубл. 12.01.2009, бюл. № 1/2009.
2. Патент України на корисну модель № 39392. Спосіб отримання карбоксилатів харчових кислот з використанням нанотехнології // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, B82B 3/00. Опубл. 25.02.2009, бюл. № 4/2009.
3. Патент України на корисну модель № 38393. Спосіб отримання нанокоректора-мікроелементного складу продуктів харчування людини, тварин, рослин // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК: A23K 1/175, A61K 31/295 (2008.01), B82B 3/00. Опубл. 12.01.2009, бюл. № 1/2009.
4. Кошлевич В.А., Максін В.І., Каплуненко В.Г., Косінов М.В. Функціональні нанобіоматеріали для потреб сільського господарства // Науковий вісник НАУ. – 2008. - Вип. 130. – С. 349–354.
5. Нанотехнологія у ветеринарній медицині / В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич, В.Г. Каплуненко, М.В. Косінов та ін. (за ред. В.Б. Борисевича та В.Г. Каплуненка). – К.: Ліра, 2009. – 232 с.
6. Вовк Н.І. Інфекційні хвороби риб. - К.: Вид-во Українського фіто-соціологічного центру, 2009. – 86 с.
7. Каплуненко В.Г., Косінов Н.В., Поляков Д.В. Получение новых биогенных и биоцидных наноматериалов с помощью эрозивно-взрывного диспергирования металлов: Сборник трудов по материалам научно-практических конференций с международным участием "Нано технологии и наноматериалы для биологии и медицины", 11-12 октября 2007 г., СибУПК. - Новосибирск, 2007. – С. 134–137.
8. Патент України на корисну модель № 23556. Спосіб ерозійно вибухового диспергування металів // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Опубл. 25.05.2007, бюл. № 7/2007.



9. Патент України на корисну модель № 29856. Спосіб отримання аквахелатів нанометалів "Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання аквахелатів нанометалів" // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Опубл. 25.01.2008, бюл. № 2/2008.
10. Патент України на корисну модель № 35582. Спосіб отримання гідратованих і карботованих наночастинок "Електроімпульсна нанотехнологія отримання гідратованих і карботованих наночастинок" // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Опубл. 25.09.2008, бюл. № 18/2008.
11. Патент України на корисну модель № 37412. Спосіб отримання екологічно чистих наночастинок електропровідних матеріалів "Електроімпульсна абляція" // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Опубл. 25.11.2008, бюл. № 22/2008.
12. Патент України на корисну модель № 37544. Спосіб отримання наночастинок і колоїдних розчинів наночастинок "Абляційна нанотехнологія" // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Опубл. 25.11.2008, бюл. № 22/2008.
13. Патент України на корисну модель № 44139. Спосіб отримання гідрофільних металевих наночастинок "Електроімпульсна аквананотехнологія отримання гідрофільних металевих наночастинок" // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2009): B01J 13/00, B32B 5/00, A61N 1/44 (2009.01), H01J 19/00. Опубл. 25.09.2009, бюл. № 18/2009.
14. Патент України на корисну модель № 39397. Надчистий водний розчин нанокарбоксилату металу // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2009): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/00. Опубл. 25.02.2009, бюл. № 4/2009.
15. Патент України на корисну модель № 38391. Спосіб отримання карбоксилатів металів "Нанотехнологія отримання карбоксилатів металів" // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/126 (2008.01), C07C 53/10 (2008.01), A23L 1/00, B82B 3/00. Опубл. 12.01.2009, бюл. № 1/2009.
16. Лабинская А.С. Микробиология с техникой микробиологических методов исследования. - М.: Медицина, 1968. - 468 с.
17. Беляков В.Д., Ряпис Л.А., Илюхин В.И. Псевдомонады и псевдомонады. - М.: Медицина, 1990. - 224 с.
18. Бриан Л.Е. Бактериальная резистентность и чувствительность к химиопрепаратам. - М.: Медицина, 1984. - 227 с.
19. Hancock R.E.W, Mutharia L.M., Chan L., Darbeau R.P. // Infect. And Immun. - 1983. - 42, №1. P. 170-177.
20. Родимин Е.М. Металлоионотерапия. Лечение медью, серебром, золотом. - М.: Рипол Классик, 2007. - 224 с.

АННОТАЦІЯ

Кравченко О.А., Максін В.І., Вовк Н.І., Каплуненко В.Г. Антибактериальная активность наноаквахелатов металлов относительно возбудителей болезней рыб // Биоресурсы и природопользование. - 2012. - 4, № 3-4. - С. 34-41.

Исследовано антибактериальное действие наноаквахелатов Fe, Cu, Zn, Mg, Ag на бактериях *Aeromonas hydrophila* и *Pseudomonas* sp., которые были выделены от больных рыб. Проведено сравнение действия наноаквахелатов на основе одного металла и комплексных смесей наноаквахелатов.

SUMMARY

O. Kravchenko, V. Maksin, N. Vovk, V. Kaplunenko. Antibacterial effect of Fe, Cu, Zn, Mg, Ag nanoaquachelates relative to agent of fish disease // Biological Resources and Nature Management. - 2012. - 4, № 3-4. - P. 34-41.

Antibacterial action of Fe, Cu, Zn, Mg, Ag nanoaquachelates on the bacteria *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas* sp from sick fish has been investigated. Antibacterial effect of nanoaquachelates on the bases of one metal and complex mixes of nanoaquachelates was compared.