

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 582.261.2

О.І. БОДНАР

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль 46027, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ФІЗІОЛОГІЧНИХ РЕАКЦІЙ ВОДОРОСТЕЙ РІЗНИХ СИСТЕМАТИЧНИХ ГРУП НА ДІЮ ІОНІВ МЕТАЛІВ

Виявлені зміни в характері росту водоростей і динаміці їх кількості, які є видоспецифічними. За наявності в середовищі підвищених концентрацій іонів цинку і свинцю діатомові водорості були більше життєздатні, ніж зелені. Це обумовлено високою акумуляцією обох металів клітинами *Desmodesmus communis*, які спричинили структурні і функціональні перебудови всередині клітини, призводили до зменшення інтенсивності розмноження. У *Navicula atomus* захисну роль відіграють будова та фізико-хімічні властивості зовнішньої кремнієвої оболонки, яка захищає і підвищує стійкість клітин від негативного впливу металів.

Ключові слова: прісноводні водорості, чисельність клітин, кількість клітин, іони цинку і свинцю

Продуктивність є інтегральною характеристикою як функція життєдіяльності, що відображає комплекс компенсаторних та адаптивних процесів до чинників середовища. Зниження продуктивності і зміщення продукційно-деструкційних процесів у бік останніх є загальною реакцією біосистем на токсичний вплив [2, 3].

В угрупованнях водоростей підтримання стійкості до зовнішніх чинників відбувається за рахунок структурних перебудов і, насамперед, зміни чисельності як головної характеристики популяції [5].

Метою дослідження було порівняння ростових процесів у водоростей різних систематичних груп за дії іонів цинку та свинцю в умовах культури.

Матеріал і методи досліджень

Об'єктами лабораторних досліджень були альгологічно чисті культури зелених (*Desmodesmus communis* (Hegew.) та діатомових (*Navicula atomus* (Näg.) Grun.) водоростей, отриманих з колекцій Інститутів ботаніки та гідробіології НАН України.

Зелені водорості культивували на середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горхема №11 при температурі $23 \pm 1^\circ\text{C}$ та освітленні лампами денного світла [6]. Діатомею *N. atomus* вирощували на середовищі Болда при температурі $18 \pm 1^\circ\text{C}$ за природного освітлення (північна експозиція) [8].

В експериментальних умовах у культуральне середовище водоростей додавали водні розчини солей $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ та $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ у розрахунок на кількість іонів Zn^{2+} – 1,0 мг/дм³, 2,0 мг/дм³ і 5,0 мг/дм³ та іонів Pb^{2+} – 0,03 мг/дм³, 0,06 мг/дм³ та 0,15 мг/дм³, що відповідає 1, 2 і 5 ГДК санітарно-токсикологічної шкідливості.

Для підрахунку клітин водоростей використовували камеру Горяєва, а їх фізіологічний стан контролювали за допомогою люмінесцентного мікроскопу МЛД-1 [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження загальної кількості клітин у культурах зелених та діатомових водоростей за дії підвищених концентрацій іонів цинку показало, що *Desmodesmus communis* є більш чутливою до дії іонів Zn^{2+} , ніж *Navicula atomus* (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка загальної кількості клітин *D. communis* та *N. atomus*
у середовищі за дії Zn^{2+} (млн. кл./мл; $M \pm m$, $n=5$)

Тривалість дослідження, діб	Вміст Zn^{2+} в культуральному середовищі						
	контроль		1,0 мг/дм ³		2,0 мг/дм ³		5,0 мг/дм ³
	<i>D. communis</i>	<i>N. atomus</i>	<i>D. communis</i>	<i>N. atomus</i>	<i>D. communis</i>	<i>D. communis</i>	<i>N. atomus</i>
початок	21,4±1,1	12,6±0,6	21,1±1,6	13,1±0,4	20,7±0,8	20,9±0,7	12,5±0,4
1	24,6±0,8	12,8±0,5	23,5±1,5	13,6±0,3	20,9±0,9	19,9±0,8	12,8±0,4

ГІДРОБІОЛОГІЯ

3	25,7±1,4	13,2±0,5	26,2±1,8	14,1±0,3	21,6±0,9	18,6±0,8	13,1±0,5
5	26,9±0,9	13,7±0,4	26,4±1,8	14,3±0,5	21,0±1,0	17,4±0,6	13,2±0,5
10	28,7±1,2	13,9±0,5	25,8±1,4	14,7±0,7	20,5±1,3	16,8±0,7	12,8±0,7
15	27,6±1,5	14,2±0,6	25,6±1,2	14,9±0,6	19,8±1,1	15,4±0,4	12,4±0,6

Встановлено, що швидкість зростання кількості клітин *D. communis* при вмісті металу 1,0 мг/дм³ збільшилася протягом перших п'яти діб експерименту майже на 25% порівняно з початковою кількістю, тоді як при 2,0 мг/дм³ – лише на 5%. Упродовж другої половини досліду загальна кількість клітин водоростей у середовищі знижувалася (за винятком варіанту з мінімальною концентрацією). Слід відмітити, що за дії 2,0 мг/дм³ іонів цинку, починаючи з третьої доби експозиції, досліджуваний показник не змінювався і його значення на завершення досліду були на 4,5% меншими, ніж на початку експерименту. Припинення росту та поступове зменшення кількості клітин *D. communis* спостерігалось за дії максимальної концентрації іонів Zn²⁺ – 5,0 мг/дм³, що спричинила упродовж досліду зниження показника на 25%.

Одночасно з цим іони цинку в концентрації 1,0 мг/дм³ та 5,0 мг/дм³ стимулювали ріст та збільшення чисельності клітин діатомової водорості. Мінімальний вміст металу зумовлював поступове зростання кількості клітин *N. atomus*, яка протягом 15-ти діб експозиції збільшилася на 14,5%, що практично відповідало динаміці зростання кількості клітин у середовищі за вирощування водорості у середовищі без металу. З збільшенням концентрації цинку у 5 разів швидкість збільшення загальної кількості клітин діатомей зростала на початку досліду і була такою самою як у контрольному варіанті, однак надалі активність цього процесу за дії іонів Zn²⁺ певною мірою знижувалася. Разом з тим, на завершення досліду чисельність клітин *N. atomus* у середовищі залишилася майже на тому ж рівні, на якому була при внесенні металу, але у порівнянні з контролем на 12% меншою.

За дії іонів свинцю у досліджуваних концентраціях мало місце як поступове збільшення кількості клітин водоростей, так і їхнє зниження. Виразніший характер цього процесу стосувався, як і у випадку з іонами цинку, культури зеленої водорості *D. communis* (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка загальної кількості клітин *D. communis* та *N. atomus* у середовищі за дії Pb²⁺

(млн. кл/ мл; M±m, n=5)

Тривалість досліджу, діб	Вміст Pb ²⁺ в культуральному середовищі							
	контроль		0,03 мг/дм ³		0,06 мг/дм ³		0,15 мг/дм ³	
	<i>D. communis</i>	<i>N. atomus</i>	<i>D. communis</i>	<i>N. atomus</i>	<i>D. communis</i>	<i>D. communis</i>	<i>N. atomus</i>	
початок	21,4±1,1	12,6±0,6	20,4±0,8	12,4±0,5	20,3±1,6	19,4±1,0	13,1±0,5	
1	24,6±0,8	12,8±0,5	20,9±1,0	12,9±0,6	24,4±1,8	18,0±0,9	14,4±0,5	
3	25,7±1,4	13,2±0,5	24,2±1,8	13,3±0,5	25,8±1,2	15,9±0,8	13,8±0,4	
5	26,9±0,9	13,7±0,4	20,6±1,6	13,5±0,6	24,6±1,3	14,4±0,6	13,1±0,7	
10	28,7±1,2	13,9±0,5	19,5±1,1	12,9±0,4	21,5±1,1	14,0±0,8	12,0±0,6	
15	27,6±1,5	14,2±0,6	18,4±1,2	12,3±0,5	20,0±0,7	13,4±0,5	10,2±0,4	

Так, за вмісту іонів Pb²⁺ 0,03 мг/дм³ упродовж перших трьох діб спостерігалось зростання кількості клітин, яка переважала початкову на 19%. За дії іонів свинцю у концентрації 0,06 мг/дм³ зростання чисельності клітин було ще помітнішим (на 27%). У подальшому вплив іонів свинцю на ріст *D. communis* змінювався. Зокрема, кількість клітин у середовищі після 3-х діб почала помітно знижуватися і вже на 15-ту добу експозиції при концентрації Pb²⁺ на рівні 1 ГДК їх чисельність була на 10% меншою порівняно з вихідною, а за рівня 2 ГДК кількість клітин практично дорівнювала початковій. Разом з тим, в обох випадках на завершення досліду кількість клітин *D. communis* зменшилася на третину відносно значень на третю добу, коли були зафіксовані найвищі значення показника. Щодо концентрації Pb²⁺ 0,15 мг/дм³, то за цих умов упродовж всього експерименту мало місце поступове пригнічення росту культури водорості. Так, кількість клітин *D. communis* у середовищі протягом двох тижнів зменшилася майже на 30%. При цьому інгібуючий ефект більшою мірою спостерігався у першій половині досліду, протягом якого чисельність клітин знизилася на 25%. Разом з тим, слід зауважити, що у варіантах з концентрацією свинцю 0,03 мг/дм³ та 0,06 мг/дм³ упродовж першої–третьої доби спостерігалось збільшення кількості 4-клітинних ценобіїв *D. communis*, що узгоджується з

результатами інших досліджень, в яких показано, що вплив різних токсикантів, зокрема важких металів, може спричинити суттєві морфологічні зміни у клітин водоростей [9, 10]. Встановлено, що за високих концентрацій іонів Cd^{2+} у середовищі до 35–40% популяції зеленої водорості *Scenedesmus incrasatulus* представлено 2- та 4-клітинними ценобіями, а при дії міді – до 45%. Комплексні сполуки міді не тільки здатні спричинити утворення 4-клітинних ценобіїв у *Scenedesmus obliquus*, а й викликати збільшення та викривлення зовнішніх клітин [9, 10]. Сполуки важких металів та поверхнево-активних речовин, що містилися у природних водах, здійснювали вплив на кількість 8-клітинних ценобіїв у культурі *Scenedesmus quadricauda* [5].

У діатомеї ірні свинцю значного впливу на приріст клітин *N. Atomus* не виявляли. Так, вміст іонів Pb^{2+} 0,03 та 0,15 мг/дм³ у середовищі спричиняв збільшення кількості клітин майже на 8–10% упродовж перших п'яти діб експозиції за дії мінімальної концентрації металу та упродовж першої доби – за дії максимальної концентрації. Поряд з цим, приріст клітин у контрольному варіанті становив лише 4,5%. В подальшому спостерігалось поступове, але незначне, зниження кількості клітин *N. atomus* в середовищі у присутності токсиканту на рівні 1 ГДК. За наявності Pb^{2+} на рівні 5 ГДК кількість клітин діатомеї на завершення експозиції зменшилася на 22% порівняно з початковою.

Отже, суттєве пригнічення росту водоростей спостерігається за дії лише максимальних концентрацій іонів обох металів, тоді як за дії мінімальних – токсичний ефект практично відсутній. Очевидно, це пов'язано з тим, що дія сублетальних концентрацій металів компенсується внутрішніми захисними механізмами у клітинах водоростей. За високого вмісту токсикантів такий захист є неефективним, що підтверджують інші дослідження [4].

Висновки

Виявлені зміни у характері росту водоростей та динаміці збільшення їх кількості є специфічними для кожного виду. За наявності у середовищі підвищених концентрацій іонів цинку і свинцю діатомові водорості відзначаються більшою життєздатністю, ніж зелені. Насамперед, це зумовлено більшим акумулювання обох металів клітинами *Desmodesmus communis* [1], які в подальшому і спричиняють структурні та функціональні перебудови усередині клітини, що призводять до зменшення темпів розмноження. Щодо *Navicula atomus*, то важливу захисну роль відіграє специфічна будова і фізико-хімічні властивості зовнішньої кремнієвої оболонки, яка значно підвищує стійкість клітин та захищає її від негативних зовнішніх чинників [7].

1. Боднар О. І. Адаптивні властивості водоростей за дії іонів металів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук. Спец. “Гідробіологія” / О. І. Боднар. – Київ, 2009. – 24 с.
2. Гандзюра В. П. Концепція шкодочинності в екології / В. П. Гандзюра, В. В. Грубінко. – Київ-Тернопіль : Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 144 с.
3. Гандзюра В. П. Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами / В. П. Гандзюра. – Київ : Обрій, 2002. – 247 с.
4. Дмитриева А. Г. Жизнестойкость популяции *Scenedesmus quadricauda* при разных режимах интоксикации серебром / А. Г. Дмитриева, Т. В. Бойчук, О. Ф. Филенко // Электронный научный журнал “Исследовано в России”. – № 2326.
5. Марушкина Е. В. Исследование состояния популяции *Scenedesmus quadricauda* методом микрокультуры в норме и при интоксикации : дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. Наук. Спец. “Экология” / Е. В. Марушкина. – М., 2005. – 129 с.
6. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Л. А. Сирено, А. И. Сакевич, Л. Ф. Осипов [и др.] ; под ред. А. В. Топачевского. – Киев : Наукова думка, 1975. – 247 с.
7. Петренчук Е. В. Изучение действия тяжелых металлов на микроводоросли / Е. В. Петренчук, Е. В. Горожанина, Е. Е. Басова [и др.] // Областная науч. конф., 12-14 нояб. 1998 г. : сборн. тезисов. – Ярославль, 1998. – С. 78–80.
8. Beakes G. Zoospores ultrastructure of *Zygorhizidium affluences* Canter and *Z. planktonicum* Canter, two chytrids parasitizing the diatom *Asterionella formosa* Hassall. / G. Beakes, H. M. Canter, G. H. M. Jaworski // Can. J. Bot. – 1988. – Vol. 66, № 6. – P. 1054–1067.

9. *Lurling M.* Extractable substances (anionic surfactants) from membrane filters induce morphological changes in green algae *Scenedesmus obliquus* (Chlorophyceae) / M. Lurling, W. Beekman // *Environ. Toxicol. Chem.* – 2002. – Vol. 21, № 6. – P. 1213–1218.
10. *Pena – Castro J. M.* Phenotypic plasticity in *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) in response to heavy metals stress / J. M. Pena – Castro, F. Martinez – Jeronimo, F. Esparza – Garsia, R. O. Canizares – Villanueva // *Chemosphere.* – 2004. – Vol. 57, № 11. – P. 1629–1636.

О.И. Боднар

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ВОДОРΟΣЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП НА ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

Изменения роста водорослей и увеличения их количества специфичны для каждого вида. При наличии в среде повышенных концентраций ионов цинка и свинца диатомовые водоросли отличались большей жизнеспособностью, чем зеленые. Это обусловлено большим аккумулярованием обоих металлов клетками *Desmodesmus communis*, которые в дальнейшем и повлекли структурные и функциональные перестройки внутри клетки, приводящие к уменьшению темпов размножения. Относительно *Navicula atomus*, то защитную роль в их клетках играют специфичное строение и физико-химические свойства внешней кремниевой оболочки.

Ключевые слова: пресноводные водоросли, численность клеток, количество клеток, ионы цинка и свинца

О.І. Боднар

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

PECULIARITIES OF THE PHYSIOLOGICAL REACTIONS DIFFERENT SYSTEMATIC GROUPS ALGAE TO IONS OF METAL

Revealed changes in the dynamics of the growth of algae and increase their quantity are specific to each species. If in an environment of increased levels of zinc and lead observed diatom viability greater than green. This primarily due to higher accumulation of both metals cells *Desmodesmus communis*, which further and cause structural and functional reorganization within the cells that cause a slow down reproduction. For *Navicula atomus*, an important protective role is specific structure and physico-chemical properties of the external silicon shell, which significantly increases the resistance of cells and protects it from negative external factors

Keywords: freshwater algae, quantity cells, zinc and lead ions

Рекомендує до друку

Надійшла 11.02.2011

В.В. Грубінко