

N.B. Tkachuk, A.V. Tsechmister, V.A. Yanchenko, A.M. Demchenko

Chernihiv Taras Shevchenko National Pedagogical University, Ukraine

PHYTOTOXICITY AND ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF 1-ARILTETRAZOL-DERIVATIVES OF 1-TETRALIN-6-YL-ETANON

There have been investigated phytotoxicity and antibacterial properties of derivatives of 2-(1-ariltetrazol-5-yl) sulfanil-1-tetralin-6-yletanone. The most pronounced inhibitory effect on the length of the sprout has had *Allium cepa* L. derivative with two methyl-deputies in position 2 and 3 of phenyl radical and of derivative with meta-methoxy deputy in phenyl radical. It was discovered that changes in mitotic cycle and frequency of chromosomal aberrations in cells of the root meristem of *Allium cepa* L. are within a normative value. Antibacterial activity of compounds with regard to corrosion dangerous sulphate-reducing bacteria and ammonifying bacteria have not been revealed.

Key words: biotest, *Allium cepa* L., derivatives of 2-(1-ariltetrazol-5-yl)sulfanil-1-tetralin-6-yletanone, mitotic index, length phases of mitosis, frequency of chromosomal aberrations, sulphate-reducing bacteria, ammonifying bacteria

Рекомендує до друку

Надійшла 15.02.2013

Н.М. Дробик

УДК: 616.152.34.615.9

И.И. РУДНЕВА

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины
пр. Нахимова, 2, Севастополь, 99011

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАРКЕРОВ РЫБ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Рассмотрены особенности экотоксикологической оценки состояния морских экосистем по сравнению с пресноводными, а также значение рыб как биомониторов. Обсуждается эффективность использования различных биомаркеров рыб для диагностики экологического статуса морских акваторий.

Ключевые слова: экотоксикология, биомаркеры, стресс, морская среда, критерии оценки

Оценка экологического состояния морских экосистем по реакциям ее обитателей по сравнению с пресноводными объектами имеет определенные трудности, к которым следует отнести их пространственную и временную изменчивость, синергические и кумулятивные эффекты и процессы, наличие нескольких путей (прямых и непрямых), по которым комплекс загрязнителей может действовать на морскую биоту. Хозяйственная деятельность населения, включающая промышленность, сельское хозяйство, рыболовство, марикультуру, туризм, разработку нефтяных и газовых месторождений, прибрежную коммунальную инфраструктуру, морской транспорт оказывает значительное влияние на морскую среду. Активная эксплуатация человеком морских ресурсов неизбежно приводит к загрязнению морей и океанов тяжелыми металлами, биогенами, нефтью и нефтепродуктами, радионуклидами, пестицидами, хлор- и фосфорорганическими соединениями и, как следствие, к ухудшению качества и истощению их запасов. Стресс могут вызывать различные химические, физические и биологические факторы, оказывающие неблагоприятное воздействие на морских обитателей и, прежде всего, на рыб (рис. 1).

По данным ВОЗ почти два миллиарда человек проживает в прибрежных морских и океанических районах [14]. Согласно статистическому анализу, ежегодно проводимому Мировым Банком, 50% населения планеты живет на территориях, находящихся в 60 км от

моря. Из 50 крупнейших городов мира только 7 находятся вдали от моря, тогда как половина расположена непосредственно по побережью морских и океанических заливов, а треть – по течению рек, впадающих в моря и океаны [8]. В ближайшем будущем урбанизация побережья морей и океанов будет расти, а население увеличиваться, особенно в развивающихся странах. Эти демографические процессы будут сопровождаться усилением антропогенного воздействия на прибрежные акватории, что приведет к деструкции морских экосистем, обусловленной переловом рыбы, загрязнением вод, вторжением вселенцев, развитием процессов эвтрофикации, изменением климата. Помимо этого, в этих районах неизбежны техногенные катастрофы, связанные с авариями на очистных сооружениях, морском транспорте, газо- и нефтепроводах. Прогнозируется и возникновение конфликтов, обусловленных национальными и геополитическими интересами.



Рис. 1. Факторы, вызывающие стресс у рыб

Изменение климата в значительной степени модифицирует те отношения, которые сложились в морях и океанах в процессе эволюции. При этом повышение температуры и увеличение притока биогенов приводит к развитию эвтрофирования, снижению уровня кислорода, гипоксии и аноксии, следствием чего является флуктуации качественного и количественного состава гидробионтов, изменение их метаболизма. Повышение солнечной радиации, особенно интенсивности ультрафиолетового излучения, пагубно влияет на морских обитателей. Косвенные эффекты, связанные с фотосенсибилизирующим действием УФ-радиации на растворенные в морской воде химические вещества, индуцируют образование новых соединений с усиленными токсическими свойствами, оказывающими повреждающее действие на биомолекулы и обменные процессы у гидробионтов [13]. Глобальные климатические изменения и локальное антропогенное воздействие истощают биоресурсы (особенно прибрежные), и для прогноза возможных модифицирующих эффектов требуется разработка методов и способов диагностики экологического состояния морских экосистем.

Для оценки состояния морской среды экотоксикологические методы представляют наибольшую ценность, так как позволяют дать комплексный анализ статуса морских акваторий, разработать систему оценки экологического риска, определить опасность для здоровья человека как среды, так и морепродуктов, устранить опасные факторы и разработать мероприятия по восстановлению экосистем и [2, 6, 7]. При этом оценка экологического состояния морских экосистем имеет три компонента:

1) характеристика исследуемой экосистемы, которая включает определение состояния выбранных видов или ресурсов, представляющих хозяйственный интерес (повреждены или истощены, статус кормового запаса и среды обитания организмов/ресурсов, подсчет уровней загрязнения в осадках, воде и в биоте);

2) оценка действия стрессоров на биоту с помощью определения прямых индикаторов присутствия их в среде (биомаркеров) и прямых индикаторов эффектов (биоиндикаторов);

3) оценка потенциальных причин наблюдаемых эффектов на основании эпидемиологических и стандартных критериев анализа качества среды, применяемых в диагностических целях.

В отличие от внутренних водоемов, где эти задачи решаются значительно проще, поскольку источники загрязнения фиксированы и достаточно легко определяемы, в морские акватории происходит сток рек со всего водосборного бассейна, который может в несколько раз превышать площадь самой акватории. Выявить источники загрязнения не всегда представляется возможным, особенно в случае трансграничного переноса токсикантов. Кроме того, множество течений в морях и океанах способны переносить загрязнители на весьма большие расстояния, удаленные от места выброса.

Морские экосистемы отличаются от внутренних водоемов своей глобальностью, поэтому учесть все связи входящих в их состав компонентов довольно сложно. Отношения между видами, между климатом и океанографическими флуктуациями, изменениями качества воды тесно взаимосвязаны между собой и образуют сложную соподчиненную структуру. В настоящее время существует два подхода для оценки экологического состояния морских экосистем. Первый подход базируется на комплексном изучении процессов и динамики взаимоотношений между членами сообществ экосистемы. Это сделать достаточно сложно, так как существует множество связей между отдельными компонентами сообщества, которые не всегда могут быть учтены. Альтернативный подход основан на выборе в экосистеме ключевых компонентов (как правило, играющих важную роль в трофических цепях или имеющих промысловое значение), за которыми ведутся длительные наблюдения и анализируются последствия их развития в заданный период времени с учетом действующих факторов [9, 10]. Находящиеся в среде токсиканты попадают в организм гидробионтов и создают внутреннюю дозу, стимулирующую возникновение ранних биологических эффектов, которые в основном проявляются на молекулярном и клеточном уровнях организации. Дальнейшее накопление этих изменений приводит к изменению структуры или функций органов, тканей и систем, и через определенное время развиваются патологии и морфологические аномалии и дефекты, приводящие к сокращению численности популяций и видов.

Во внутренних водоемах число видов гидробионтов ограничено и, как правило, достаточно хорошо изучено, в том числе и связи между различными компонентами сообщества. Упрощается проблема выбора биомониторов, которых используют для количественного определения относительных уровней загрязнения морской среды в течение длительного времени. Для этого в их тканях определяют содержание различных загрязнителей и по этим показателям судят о степени антропогенного влияния на их среду обитания. Совершенно очевидно, что необходимо выбрать такой вид, который отвечал бы следующим требованиям: повсеместно присутствовал в акватории; был хорошо изучен его жизненный цикл, питание, созревание, температурный режим, размножение; был доступен для исследования; имел достаточные размеры; вел относительно оседлый образ жизни (не совершал длительных миграций); имел экологическое и (или) промысловое значение [10].

В Черном и Азовском морях в качестве биомониторов нами определен морской ерш *Scorpaena porcus* L., и бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* Pallas, широко распространенные в прибрежной части России, Украины, Кавказа. Содержание токсикантов и биологические характеристики этих двух видов, отловленных в разных районах, позволяют детально проанализировать совокупность нарушений, вызванных антропогенным воздействием на всех уровнях их биологической организации [3–5]. В то же время для оценки последствий антропогенного воздействия на морскую среду экотоксикологическими методами важно не столько определить содержание в ней тех или иных токсических веществ, сколько установить

степень их влияния на биоту. Уровни насыщения морской среды ксенобиотиками могут варьировать в достаточно широких пределах, что не всегда позволяет выявить их токсичность для организма. В наших исследованиях было показано, что концентрация тяжелых металлов даже в воде одной севастопольской бухты может различаться на порядок и колебаться в этих же пределах в течение суток. Получаемые в этом случае данные, как правило, сравнивают с предельно допустимыми нормативами (ПДК и ПДС), которые не отражают истинной опасности морской среды для ее обитателей.

Экотоксикологическая оценка предполагает изучение комплекса подобных изменений и основана на методах биоиндикации (оценка экологического состояния среды по реакциям обитающих там организмов) и биотестирования (использование в контролируемых условиях биологических объектов как средства выявления суммарной токсичности водной среды или отдельных токсикантов, растворенных в ней). В морской экотоксикологии используются различные тест-объекты: коловратки, копеподы, артемия, икра и личинки двустворчатых моллюсков, мизиды и рыбы. В качестве тест-объектов мы исследовали широко распространенных в прибрежной зоне Черного моря рыб морского ерша, султанку и бычка-кругляка, хорошо переносящих лабораторные условия и реагирующих на действие различных токсикантов, а также икру, личинок и молодь бычков, морских собачек, кефали, камбалы-калкан и атерины.

Для того, чтобы проанализировать ответные реакции организма на действие негативных факторов, используются *биомаркеры* – индикаторы разного биологического уровня, в качестве которых могут быть определены морфо-физиологические параметры, патологические отклонения, состояние репродуктивной системы, генетические и биохимические характеристики, в частности показатели молекулярных защитных систем, которые представлены тремя группами (табл. 1) [6].

Известно, что пагубный эффект стрессового воздействия в первую очередь инициирует ответную реакцию клеточных систем, потому эти отклики являются наиболее чувствительными и информативными на ранних этапах негативного воздействия.

Таблица 1

Категории ответных реакций организма на присутствие/действие стрессоров в среде обитания [6]

Прямые индикаторы присутствия загрязнителей в среде (биомаркеры)	Прямые индикаторы действия загрязнителей (биоиндикаторы)	Непрямые индикаторы присутствия/действия
Ферменты детоксикации Повреждение ДНК	Обмен липидов Изменение активности ферментов, характеризующие степень повреждения органов	Пища и питание Ожирение
Антиоксидантные ферменты Металлотионеины Стрессовые белки	Иммунитет Гистопатологии Стероидные гормоны	Рост Репродукция Поведение

Клеточные и молекулярные реакции имеют преимущество, так как отражают эффекты основных обменных процессов на клеточном уровне и могут служить ранними сигналами неблагоприятных последствий стресса, которые предшествуют видимому ухудшению общего состояния жизнедеятельности и соответствующих параметров, измеряемых на более высоких уровнях биологической организации. В то же время они позволяют определить механизмы адаптации и восстановления гомеостаза организма в условиях действия неблагоприятных факторов среды. При этом биомаркеры используются в тестовом режиме главным образом в качестве предвестников раннего неблагоприятного экологического состояния ("early warning system") в акваториях с постоянно увеличивающимся антропогенным прессингом, что позволяет корректировать менеджмент среды и разрабатывать мероприятия по оценке здоровья организмов и экосистемы в целом [9].

В качестве биомаркеров используются ферменты, осуществляющие биотрансформацию ксенобиотиков в организме, а также ферменты неспецифической защитной антиоксидантной системы, параметры перекисного окисления липидов и другие, индукция которых под действием стрессоров у разных морских организмов была показана нами на черноморских рыбах [1-5, 11, 12]. Вместе с тем реакции вышеперечисленных биохимических процессов не всегда четко выражены и имеют одинаковую направленность, их вектор во многом зависит от концентрации действующего фактора, времени и физиологического состояния организма.

Выводы

Биомаркеры низкой биологической иерархии (молекулярные и биохимические) отвечают на неблагоприятные воздействия значительно быстрее, чем индикаторы более высокого биологического уровня (физиологические, цитологические и организменные) и потому дают более эффективную оценку среды в качестве предвестников ее ухудшения [15].

Важно получить оптимальный ответ морских экосистем на хозяйственную деятельность. Поэтому возникает необходимость более полного и детального изучения реакций морских сообществ в целом и отдельных их компонентов на глобальные и локальные воздействия, поиск и выявление соответствующих биоиндикаторов и биомаркеров.

1. Овен Л. С. Ответные реакции черноморского ерша *Scorpaena porcus* на антропогенное воздействие / Л. С. Овен, И. И. Руднева, Н. Ф. Шевченко // *Вопр. ихтиол.* – 2000. – Т. 40, № 1. – С. 75–78.
2. Руднева И. И. Морская экотоксикология / И. И. Руднева // *Экологические системы и приборы.* – 2010. – № 2. – С. 3–11.
3. Руднева И. И. Применение биомаркеров крови рыб для экотоксикологической оценки прибрежных морских акваторий / И. И. Руднева, Е. Н. Скуратовская, С. О. Омельченко, И. Н. Залевская // *Экологическая химия.* – 2008 – Т. 17, № 3. – С. 77–84.
4. Руднева И. И. Использование биоиндикаторов рыб для анализа сезонной динамики экологического состояния морских акваторий / [И. И. Руднева, О. В. Рощина, С. О. Омельченко, И. Н. Залевская] // *Экологическая химия.* – 2008. – Т. 17, № 3. – С. 24–29.
5. Руднева И. И. Биоиндикация экологического состояния морских акваторий с помощью биомаркеров рыб / Скуратовская Е. Н., Омельченко С. О., Залевская И. Н., Дорохова И. И., Граб Ю. А. // *Водные ресурсы.* – 2011. – Т. 38, № 1. – С. 92–97.
6. Adams S. M. Assessing cause and effect of multiple stressors on marine system. / S. M. Adams // *Marine Pollution Bulletin.* – 2005. – Vol. 51 (8–12). – P. 649–657.
7. Fleming L. F. Oceanic and human health: Emerging public health risks in the marine environment / L. F. Fleming, K. Broad, A. Clement [at al.] // *Marine Pollution Bulletin.* – 2006. – Vol. 53. – P. 545–560.
8. Forbs V. E. *Ecotoxicology in Theory and Practice* / V. E. Forbs, T. L. Forbs. – London : Chapman & Hall, 1994. – 292 p.
9. Galloway T. Biomarkers in environmental and human health risk assessment. / T. Galloway // *Marine Pollution Bull.* – 2006. – Vol. 53. – P. 606–613.
10. Goksoyr A. Biomarker responses in flounder (*Platichthys flesus*) and their use in pollution monitoring / A. Goksoyr, J. Beyer, B. Egaas, B. E. Grosvik [at al.] // *Marine Pollution Bull.* – 1996. – Vol. 33. – P. 36 – 45.
11. Rudneva I. I. *Ecotoxicological Studies of the Black Sea Ecosystem. The Case of Sevastopol Region.* / I. I. Rudneva. – New York (USA) : Nova Science Publishers Inc., 2011. – 62 p.
12. Rudneva I. I. Effect of Chronic Pollution on Hepatic Antioxidant System of Black Sea Fish Species. / I. I. Rudneva, N. S. Kuzminova // *Int. J. Science Nature.* – 2011. – Vol. 2, № 2. – P. 279–286.
13. Schiedeck D. Interactions between climate change and contaminants. / D. Schiedeck, B. Sundelin, J. W. Readman, R. W. Macdonald // *Marine Pollution Bull.* – 2007. – Vol. 54. – P. 1845–1856.
14. *World Health Report 2002. Reducing Risks, Promoting Healthy Life.* – Geneva, Switzerland : World Health Organization, 2002. – P. 7–14.
15. Wu R. S. S. Induction, adaptation and recovery of biological responses: implications for environmental monitoring. / R. S. S. Wu, W. H. L. Siu, P. S. Shin // *Marine Pollution Bulletin.* – 2005. – Vol. 51 (8–12) – P. 623–634.

I.I. Rudneva

Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України, Севастополь

ВИКОРИСТАННЯ БІОМАРКЕРІВ РИБ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОРСЬКИХ АКВАТОРІЙ

Розглянуто особливості екотоксикологічної оцінки стану морських екосистем у порівнянні з прісноводними, а також значення риб як біомоніторів. Обговорюється ефективність використання різних біомаркерів риб для діагностики екологічного стану морських акваторій.

Ключові слова: екотоксикологія, біомаркери, стрес, морське середовище, критерії оцінки

I.I. Rudneva

Institute of Biology of the Southern Seas of the National Academy of Sciences, Sevastopol, Ukraine

APPLICATION OF FISH BIOMARKERS FOR OFFSHORE ZONES ECOLOGICAL STATE EVALUATION

There have been considered the peculiarities of ecotoxicological evaluation of marine ecosystems as compared with the freshwater ones and the role of fish species as biomonitors. The importance of various fish biomarkers application for the diagnosis of the offshore zone ecological state has been discussed.

Key words: ecotoxicology, biomarkers, offshore zones, criteria evaluation

Рекомендує до друку

Надійшла 04.02.2013

В.З. Курант