

Способы химической защиты донных гидробионтов от рыб

Исаева О.М., Каплина А.М.

ФГБОУ ВО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга», г. Петропавловск-Камчатский, olisa24@bk.ru

Многие водные животные способны защищаться от хищников различными способами, в том числе и химическими, выделяя вокруг себя различные репеллентные или токсические вещества, отпугивающие рыб [1]. Эти вещества называют детеррентами, т.к. обычно они несут негативную вкусовую или запаховую окраску для рыб. Морские гидробионты способны пользоваться сразу несколькими способами защиты, или остановиться на одном наиболее эффективном. Исследования в области химической защиты организмов относятся к разделу современной биологии, который называется «Химическая экология». В последние годы наиболее интенсивно развивается морская химическая экология – дисциплина, возникшая благодаря сотрудничеству химиков и биологов, первоначальной целью которой было выяснить функцию химических веществ, содержащихся в необычно больших количествах в различных морских беспозвоночных животных и водорослях. В настоящее время во многих странах мира большое внимание уделяется исследованиям химической регуляции внутри и межвидовых взаимодействий между водными организмами, роли и значению этих связей в функционировании донных морских сообществ.

Интерес для исследований в области морской химической экологии представляют тропические прибрежные морские сообщества, характеризующиеся крайне высоким разнообразием и структурной сложностью. Многие из живущих здесь организмов используют именно химическую защиту для противодействия рыбам – основным хищникам, стоящим чаще всего на вершине трофических пирамид. Ранее мы уже проводили исследования по выяснению вкусовых детеррентов среди животных-корраллобионтов [2]. Считается, что именно детеррентность является основным фактором эволюционного развития химической защиты у водных организмов [3]. Детеррентные вещества вызывают релиз (мгновенный) ответ у хищника, что приводит к формированию ассоциации со зрительным, запаховым или иным образом жертвы. Схватывание и удержание в ротовой полости такой жертвы обычно не является фатальным для нее и для хищника и после отглатывания добычи, рыбы сохраняют свою жизнеспособность. Целью настоящей работы была оценка распространения детеррентности как способа химической защиты у гидробионтов, входящих в состав арктических (Белое море) и тропических (Южно-Китайское море) морских прибрежных экосистем.

Результаты и обсуждение. Тропические гидробионты. Среди гидробионтов, подвергнутых тестированию, максимальной вкусовой привлекательности обладали абудефдуфы (полихет Nereis sp. и Perinereis nuntia var. brevicirris и креветки Litopenaeus vannamei (потребление гранул составило соответственно 98,3, 98,1 и 96,5%). Охотно поедались также гранулы, содержащие экстракт двух видов раков-отшельников (Allogadella elegans и Synalpheus sp.), брюхоногого моллюска Nerita ocellata, экстракт мантий двусторчатых моллюсков Comptopallaria radula и Perna viridis (потребление гранул составило более 80%). Не высокое, но достоверное повышение потребления гранул вызывали экстракты лангуста Palinurus sp., бурой водоросли ламинарии Padina sp., брюхоногого моллюска Halotis asinine, губки, голотурии Sympetra sp. Общее число организмов, чьи экстракты значимо повышали потребление гранул, оказалось небольшим – 14 из 59, т.е. 23,7%. Самой многочисленной оказалась группа организмов, экстракты которых достоверно снижали вкусовую привлекательность гранул. Их общее число составило 25 (42,4%). Среди них наиболее сильным отпугивающим вкусом обладали экстракты голотурии Pseudocochlidium violaceum и Holothuria atra, губок Axinysa sp. и Clathriarenia varici, морской звезды Fomlia milleporella, морской лилии Comanthus parvicirrus. Случаев потребления абудефдуфой гранул с экстрактами этих животных не зарегистрировано ни в одном из выполненных опытов.

Материал и методы. Определение вкусовой привлекательности выполнено для 59 и 25 видов свободноживущих животных и растений, обычных, соответственно, для коралловых рифов залива Нячанг (Южно-Китайское море, Вьетнам) и побережья Кандалякского залива (Белое море, Россия). Тестирование вкусовых качеств организмов проведено на двух видах рыб – абудефдуфе *Abudedefduf vaigiensis* (8–13 см) и атлантической треске *Gadus morhua* (21 см). Для этого рыбам, находящимся в изолированных аквариумах и предварительно обученным сразу же схватывать вносимый корм, предлагали цилиндрические агар-агаровые гранулы, стандартные по размерам и цвету, но различающиеся присутствием в них водного экстракта того или иного организма (концентрация 300 г·л⁻¹). В качестве контроля использовали гранулы, не содержащие каких-либо тестируемых агентов (плацебо). В каждом опыте регистрировали потребление или отказ рыб от гранулы и некоторые другие характеристики поведенческого ответа. Ежедневно после окончания опытов рыб кормили очищенной креветкой. Для сравнения вкусовых ответов разных видов рыб использовали индекс вкусовой привлекательности. Всего было выполнено свыше 5500 опытов. Статистический анализ выполнен с использованием критерия χ^2 .

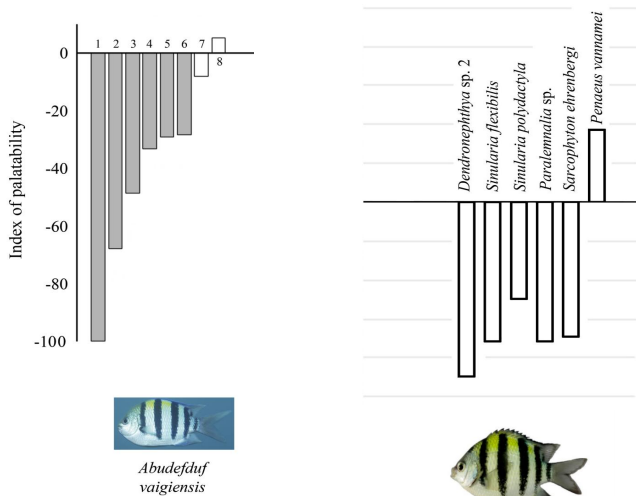


Рис. 1. Тропические виды гидробионтов проявляющие свою негативную вкусовую окраску для рыб:

- 1 – *Comaster nobilis*; 2 – *Clarkomanthus alternans*; 3 – *Stephanometra indica*; 4 – *Anneissia pinguis*; 5 – *Comanthus gisleni*; 6 – *Himerometra robustipinna*; 7 – *Cenometra bella*; 8 – *Comanthus parvicirrus*; 9 – *Calobometra persipinna*; и 10 – *Lamprometra palmata*. Shaded bars – the significant difference ($P < 0.05$) in consumption of flavoured pellets in relation to the control



Abudedefduf vaigiensis



Abudedefduf vaigiensis

Рис. 2. Индекс вкусовой привлекательности агаровых гранул, ароматизированных водным экстрактом мягких кораллов, для индо-тихоокеанского сержанта *Abudedefduf vaigiensis*.

Арктические гидробионты. Для тестирования использованы 25 видов животных, обитающих в прибрежной зоне Кандалякского залива Белого моря. Большинство из этих объектов обладали привлекательным вкусом для атлантической трески. Водные экстракты рачка *Mysis oculata* и полихеты *Nephtys pente* вызывали максимальные по силе вкусовые ответы – 100% потребление гранул. Индифферентным вкусом для трески обладали экстракты 7 гидробионтов (28%) – морских губок *Isodictya palmata* и *Suberites ficus*, мшанки *Eucratia lorica*, асцидий *Halocynthia pyriformis* и *Styela rustica*, морской звезды *Asterias rubens* и голожаберного моллюска *Coryphella verrucosa*. Потребление гранул с экстрактами этих животных достоверно не отличалось от потребления контрольных гранул.

Выполненное исследование показало, что арктические и тропические прибрежные экосистемы различаются по распространенности среди организмов, входящих в эти сообщества, накопленных природных детеррентов химической защищенности. Установлено, что некоторые из детеррентных животных содержат вещества, которые полностью блокируют питание рыб. По-видимому, такая стратегия выживания у этих видов в значительной мере основана на химической защите. У других организмов отпугивающий вкус выражен в меньшей степени, что указывает на использование ими одновременно нескольких разных защитных механизмов, снижающих их доступность для хищников – усиление жесткости внешних покровов тела, повышение подвижности, использование укрытий, переход к ночному образу жизни, приобретение способности к аутомиимии и др. Авторы намерены продолжить исследования в данной области и расширить географию поиска детеррентных животных среди Тихоокеанских морских гидробионтов.

Благодарности. Работа поддержана РФФИ (грант No16-04-00322) и Российско-Вьетнамским тропическим научно-исследовательским и технологическим центром.

Список литературы: 1. Glendinning J. I. How do predators cope with chemically defended foods? // Biol. Bull. 2007. Vol.213. P. 252–266.

2. Kasumyan, A., Isaeva, O., Dgebuadze, P. et al. Comatulids (Crinoidea, Comatulida) chemically defend against coral fish by themselves, without assistance from their symbionts. Sci Rep 10, 6150 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63140-2>

3. Schulte B. A., Bakus G. J. Predation deterrence in marine sponges: laboratory versus field studies// Biol. Mar. Sci. 1992. Vol. 50, no. 1. P. 205–211.