

СЕЗОННЫЕ МОДИФИКАЦИИ ЛИПИДНОГО СОСТАВА ЛИТОРАЛЬНЫХ МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕПРОДУКТИВНОГО ЦИКЛА И УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Н. Н. Фокина, Т. Р. Руоколайнен, И. Н. Бахмет, Н. Н. Немова

Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, РФ, fokinann@gmail.com

Исследованы сезонные изменения липидного и жирнокислотного состава жабр у литоральных мидий *Mytilus edulis* Белого моря. Состав липидов и их жирных кислот зависит не только от стадии репродуктивного цикла моллюсков, но и от влияния некоторых факторов окружающей среды (в частности, температуры, солености и др.).

Ключевые слова: липиды, жирные кислоты, репродуктивный цикл, жабры, мидии *Mytilus edulis*, температура, сезон

Литоральные двустворчатые моллюски, как и большинство прибрежных морских организмов, во время приливно-отливных циклов подвергаются комплексному воздействию абиотических и антропогенных факторов среды. Несмотря на то, что температура играет ключевую роль в репродуктивном цикле двустворчатых моллюсков, немаловажно совместное влияние внешних (соленость, доступность пищи и др.) и внутренних факторов (наличие биохимических резервов), необходимых для нормального развития гонад и протекания процессов гаметогенеза [1]. В связи с этим, сезонные модификации метаболизма двустворчатых моллюсков, в том числе на уровне липидного состава, отражают комплексное взаимодействие факторов окружающей среды, доступности пищи и репродуктивной активности. В отличие от липидного состава мантии и гепатопанкреаса, который подвергается значительным модификациям в ходе репродуктивных процессов [2], спектр липидов жабр мидий зависит от действия факторов окружающей среды. В экспериментальных условиях воздействия различной температуры [3] и солености [4], а также загрязняющих веществ различной природы [5, 6] у мидий показаны альтерации на уровне липидного состава жабр. Более того, обитание моллюсков в условиях хронического действия пониженной солености и нефтяных разливов также отражается на липидном составе жабр [7].

Материал и методы. С целью изучить сезонное влияние факторов окружающей среды, а также стадии репродуктивного цикла на липидный и жирнокислотный состав жабр мидий, в районе ББС «Картеш» ЗИН РАН в период с мая по ноябрь 2013 г. на литорали были собраны *Mytilus edulis* L., при этом фиксировали значения температуры и солености морской воды. С помощью гистологических методов определяли пол моллюсков и стадию зрелости гонад [8]. Содержание общих липидов и их жирнокислотный спектр анализировали хроматографическими методами, подробно описанными в [5]. Статистическая обработка данных проводилась непараметрическими методами с использованием критерия Краскела-Уоллиса. Результаты данного исследования получены с использованием ЦКП научным оборудованием ИБ КарНЦ РАН.

Результаты и обсуждение. Сезонные модификации на уровне липидного спектра жабр мидий *Mytilus edulis* L. определяются как стадией репродуктивного цикла моллюсков, так и условиями окружающей среды (табл. 1). Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии гендерных различий в составе липидов и их жирных кислот жабр мидий. Достоверные различия отмечены: а - при сравнении липидного состава мидий, собранных в начале мая, b – в конце мая, c - в июне, d - в августе.

Табл. 1 Характеристика условий окружающей среды при сборе литоральных мидий *Mytilus edulis* L., стадия репродуктивного цикла моллюсков и липидный состав их жабр.

Месяц сбора Стадия репродуктивно- го цикла	Начало мая II – активный гаметоогенез	Конец мая II – активный га- метоогенез	Июнь III _A - зре- лые го- нады III _B - нерест	Август 0 – покой	Ноябрь I – медленный гаметоогенез
Температура, °C	5	8	15	17	-1,8
Соленость, ‰	16	25	25	25	25
Лед, см	20	0	0	0	0
Содержание отдельных фракций общих липидов, в % на сухой вес (♂/♀)					
Фосфолипиды	25,5/29,9	6,5 ^a /6,3 ^a	10,8/10,4	5,5 ^{a,c} /5,2 ^{a,c}	7,4 ^a /7,4 ^a
Фосфатидилсерин	0,5/0,9	0,2/0,2	0,2/0,3	0,1/0,1	0,1 ^a /0,3 ^a
Фосфатидилэтаноламин	2,8/4,6	1,7/1,4	0,8/0,8	0,2 ^{a,b} /0,1 ^{a,b,c}	0,3 ^a /0,3 ^a
Фосфатидилхолин	13,9/15,4	1,9 ^a /1,7 ^a	4,5/4,6	1,8/1,9 ^a	5,5 ^d /5,5 ^b
Лизофосфатидилхолин	0,9/0,4	0,3/0,8	2,8 ^b /2,7 ^a	1,8 ^b /1,9	0,6 ^c /0,6 ^c
Холестерин	19,9/29,8	8,2/7,8	10,3/9,3	7,4 ^a /7,1	6,4 ^{a,c} /6,4 ^a
Эфиры холестерина	4,3/3,8	1,8/4,0	2,8/2,9	0,3 ^{a,b,c} /0,4 ^{a,c}	0,9/0,9
Триацилглицерины	0,5/0,0	2,3 ^a /2,4 ^a	4,2 ^a /1,3 ^a	0,7/0,7	0,6/0,6
Соотношение некоторых жирных кислот в составе фосфолипидов (♂/♀):					
Насыщенные ЖК/ Ненасыщенные ЖК	0,8/0,6	0,6/0,7	0,4/0,8	0,7/0,7	0,3/0,3 ^{b,c}
НМРЖК/ПНЖК	0,4/0,3	0,8/0,7 ^a	0,9/1,1 ^a	1,4 ^a /1,7 ^a	0,5 ^d /0,6
n-3/n-6 ПНЖК	1,6/1,6	1,7/1,8	1,9/1,6	2,0/1,9	3,1 ^a /3,1 ^{a,c}
22:6n-3/20:5n-3	1,3/1,4	1,3/1,2	1,1/1,2	1,5/1,5	1,6 ^c /1,6
16:1n-7/16:0	0,04/0,03	0,07/0,07	0,06/0,05	0,07/0,09	0,08/0,08 ^a
18:1n-7/18:1n-9	1,2/0,9	1,4/1,4	1,5/1,9	1,4/1,3	1,2/1,2
Соотношение некоторых жирных кислот в составе триацилглицеринов (♂/♀):					
Насыщенные ЖК/ Ненасыщенные ЖК	1,4/1,4	0,7/0,8	0,5/0,7 ^a	0,2 ^a /0,3	0,5/0,5 ^a
НМРЖК/ПНЖК	0,09/0,06	0,2/0,2	0,3/0,3 ^a	0,4 ^a /0,5 ^a	0,1/0,1
n-3/n-6 ПНЖК	0,5/0,3	1,6/1,5	2,8/1,9	2,4/2,2	2,4/2,4 ^a
22:6n-3/20:5n-3	1,1/1,1	0,9/1,0	1,2/1,3	1,4/1,3	1,3/1,3
16:1n-7/16:0	0,04/0,02	0,05/0,04	0,4/0,3 ^a	0,2/0,2	0,2/0,2
18:1n-7/18:1n-9	0,9/0,5	0,8/0,8	0,6/0,7	0,5/0,4	0,4/0,4

Примечание к табл. 1: ЖК – жирные кислоты, НМРЖК – неметиленразделенные жирные кислоты, ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты.

Повышенные концентрации фосфолипидов (в частности, фосфатидилхолина, фосфатидилэтанолamina и фосфатидилсерина) и холестерина, наряду с низким уровнем триацилглицеринов, отмеченные в жабрах моллюсков в начале мая, необходимы, вероятно, для поддержания структурной организации мембран в условиях постоянного воздействия пониженной температуры подо льдом. Последующее снижение уровня мембранных липидов и повышение концентрации запасных липидных фракций, в частности триацилглицеринов, отражают перестройку метаболизма мидий, вызванную активацией процессов гаметогенеза и нереста моллюсков.

В жирнокислотном спектре фосфолипидов и триацилглицеринов жабр мидий значительные модификации отмечались в ноябре: снижение уровня насыщенных жирных кислот и повышение концентрации n-3 полиненасыщенных жирных кислоты, главным образом, за счет длинноцепочечной докозагексаеновой 22:6n-3 кислоты. По-

видимому, перед наступлением продолжительной зимы у мидий происходит накопление ненасыщенных жирных кислот в составе мембранных и запасных липидов, что позволяет им пережить неблагоприятные условия обитания при хроническом воздействии отрицательных температур.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о наличии у литоральных мидий *Mytilus edulis* L. адаптивных биохимических механизмов на уровне состава липидов жабр, направленных на обеспечение процессов гаметогенеза и нереста, а также на поддержание нормальной жизнедеятельности моллюсков, обитающих в постоянно меняющихся условиях окружающей среды в прибрежной зоне моря.

Благодарности. Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам Беломорской биологической станции «Картеш» ЗИН РАН за предоставленную возможность проводить исследования на станции. Финансовое обеспечение исследования осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0221-2014-0003 и программы Президиума РАН, проект № 0221-2015-0003.

1. Bayne B.L. Aspects of reproduction in bivalve molluscs // *Estuarine processes*. 1976. Т. 1. С. 432-448.
2. Gabbott P.A. Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs // *The mollusca*. 1983. Т. 2. С. 165-217.
3. Фокина Н., Руоколайнен Т., Бахмет И., Немова Н. Роль липидов в адаптации мидий *Mytilus edulis* L. Белого моря к быстрому изменению температуры // *Доклады академии наук*. 2014. Т. 457. №. 5. С. 615.
4. Nemova N.N., Fokina N.N., Nefedova Z.A., Ruokolainen T.R., Bakhmet I.N. Modifications of gill lipid composition in littoral and cultured blue mussels *Mytilus edulis* L. under the influence of ambient salinity // *Polar Record*. 2013. Т. 49. №. 03. С. 272-277.
5. Fokina N.N., Ruokolainen T.R., Nemova N.N., Bakhmet I.N. Changes of blue mussels *Mytilus edulis* L. lipid composition under cadmium and copper toxic effect // *Biological trace element research*. 2013. Т. 154. №. 2. С. 217-225.
6. Fokina N.N., Bakhmet I.N., Shklyarevich G.A., Nemova N.N. Effect of seawater desalination and oil pollution on the lipid composition of blue mussels *Mytilus edulis* L. from the White Sea // *Ecotoxicology and environmental safety*. 2014. Т. 110. С. 103-109.
7. Fokina N.N., Shklyarevich G.A., Ruokolainen T.R., Nemova N.N. Effect of low salinity on intertidal blue mussels, *Mytilus edulis* L., from the White Sea: lipids and their fatty acid composition as a biochemical marker // *Aquatic Ecosystems: Influences, Interactions and Impact on the Environment*. 2016. Nova Science Publishers, Inc. p. 87-124.
8. Максимович Н.В., Загородняя Ю.В. Особенности репродуктивного цикла беломорских мидий в условиях подвешного выращивания) // *Изучение опыта промышленного выращивания мидий в Белом море*. 1999. Изд-во СПбГУ, Тр. Биол. НИИ СПбГУ. Вып. 46. С. 124 - 143.

SEASONAL VARIATIONS IN LIPID COMPOSITION OF THE INTERTIDAL BLUE MUSSELS, *MYTILUS EDULIS*, IN RELATION TO THE REPRODUCTIVE CYCLE AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS

N. N. Fokina, T. R. Ruokolainen, I. N. Bakhmet, N. N. Nemova

Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS, Petrozavodsk, RF fokinann@gmail.com

Lipid and their fatty acid composition of gills in blue mussels *Mytilus edulis* were studied depending on different reproductive stages (slow and active gametogenesis, spawning and rest periods) and some environmental factors (such as temperature and salinity).

Key words: lipids, fatty acids, reproductive cycle, gills, blue mussels *Mytilus edulis*, temperature, season