

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВ**

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 25 апреля 2018 г.)

[Текстовое электронное издание](#)

Мурманск
Издательство МГТУ
2018

УДК 001.8 : [574+664] (08)
ББК 20 + 3я431
С 56

Редакционная коллегия:

В. А. Гроховский, доктор технических наук, профессор;
С. Р. Деркач, доктор химических наук, профессор;
Е. Е. Минченко, кандидат биологических наук, доцент;
Е. В. Шошина, доктор биологических наук, профессор;
П. П. Кравец, кандидат биологических наук, доцент (ответственный за выпуск);
Е. В. Макаревич, кандидат биологических наук, доцент;
В. А. Похольченко, кандидат технических наук, доцент

С 56 Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 25 апреля 2018 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учрежде-ние высш. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Электрон. текст. дан. (8,28 Мб). – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. – 1 опт. ком-пакт-диск (CD-ROM). – Систем. требования: PC не ниже класса PentiumII 128, Windows 9x – Windows 10; свободное место на HDD 131 Мб ; привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше.

ISBN 978-5-86185-973-8

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-прак-тической конференции "Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств", которая состоялась 25 апреля 2018 г. в Мурманском государственном техническом университете. Тематика представленных докладов охватывает направления научных исследований в области биологических наук, экологии и устойчивого развития экосистем Арктики.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследования по направлениям работы конференции.

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:

PC не ниже класса Pentiumii 128 MbRam ; свободное место на HDD 131 Мб ;
привод для компакт дисков CD-ROM 2-х и выше

УДК 001.8 : [574+664] (08)
ББК 20 + 3я431

© Мурманский государственный
технический университет, 2018

ISBN 978-5-86185-973-8

Опыт быстрого подращивания гонад морских ежей *Strongylocentrotus droebachiensis* (O.F. Müller, 1776) в условиях аквариального комплекса

Павлова Л. В. (г. Мурманск, ФГБУН "Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН")

Аннотация. Приводятся результаты экспериментов по подращиванию гонад зеленого морского ежа в посленерестовом состоянии. Быстрое увеличение массы гонад получили при избыточном кормлении свежим мясом кальмара. За 60 дней масса гонад ежей увеличилась на 400–485 % против 160–230 % в природе. Прирост произошел за счет интенсивного роста популяции питательных фагоцитов, а не ускорения гаметогенеза.

Abstract. Results of experiments on growth of post-spawned gonads of a green sea urchin are given. The large gonadal production was observed when sea urchins are feeding by fresh squid. The mass of gonads has increased by 400–485% in the laboratory against 160–230% in the nature for 2 months. The gain has occurred due to intensive growth of population of nutritive phagocytes, but not acceleration of a gametogenesis.

Ключевые слова: зеленые морские ежи, *Strongylocentrotus droebachiensis*, гонады, рост.

Key words: green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, gonad; growth.

Промысловый вид зеленый морской еж *Strongylocentrotus droebachiensis* встречается в Северной Атлантике и Северной Пацифике преимущественно в прибрежной зоне, в бухтах и заливах. В Баренцевом море он распространен наиболее широко, преимущественно в южных и юго-западных его частях [1; 2]. Для человека *S. droebachiensis* представляет коммерческую ценность, прежде всего, из-за своих половых желез – гонад. Помимо собственно половых клеток (гамет) и их предшественников, гонады содержат соматические клетки – питательные фагоциты, накапливает питательные вещества и частично расходующие их в процессе гаметогенеза и для роста тела.

Разные виды морских ежей используются человеком по четырем основным направлениям – пищевому (как деликатес в кулинарии ряда стран), научно-прикладному (как модельный объект в биологии раннего развития, тест-объект и пр.), медицинскому (лечение биопрепаратами и профилактика биологически активными добавками из метаболитов морских ежей) и фармацевтическому (получение биологически активных веществ, биопрепаратов). Полезные свойства икры объясняются высоким содержанием биологически активных веществ, незаменимых аминокислот и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), жирорастворимых и водорастворимых витаминов, а также микроэлементов, которые представлены легко усвояемыми формами [3–5].

Ресурсы зеленого морского ежа в природе подорваны почти повсеместно из-за интенсивного промысла в 1990-е годы. До настоящего времени в прежних местах промысла они не восстановились [6]. Снижение запасов начало стимулировать разработку промышленных технологий культивирования ежей. В силу довольно высокой продолжительности жизни и достижения половой зрелости на 3–4 году жизни более продуктивным способом получения продукции в условиях Заполярья следует рассматривать дорацивание ежей в искусственных условиях. Многочисленные исследования, направленные на поиск стимулирующего влияния на рост гонад, свидетельствуют, что доступность корма и его избыточное количество – пожалуй, наиболее значимый фактор. На белковом корме гонады экспериментальных особей росли быстрее, чем на растительном [7–9]. Многие другие абиотические факторы (температура воды, продолжительность светового дня, содержание кислорода, биогенов) не столь важны для роста гонад. Цель данной работы – получить в короткие сроки крупные гонады зеленого морского ежа для последующей их технологической переработки. Проверялось предположение, что избыточное кормление ежей свежим животным кормом приведет к интенсивному росту популяции питательных фагоцитов, и соответственно, увеличению массы гонад.

Материалы и методы

Животные для экспериментальных исследований были собраны в конце апреля 2017 г. В это время большинство морских ежей находились в посленерестовом состоянии, поскольку массовый нерест у берегов Мурмана происходит в феврале–мае [10–12]. Ежи были собраны в среднем колене Кольского залива с глубины 8–12 м с помощью легководолазной техники.

В аквариальной собраных животных распределили на две контрольные (мелкие и крупные ежи) и две экспериментальные группы (мелкие и крупные ежи). Количество особей в опытных и контрольных группах было примерно равным (табл. 1). Эксперименты проводились в бассейнах объемом 600 л, включенные в общую систему установки замкнутого водоснабжения. Гидрохимический контроль морской воды проводился три раза в неделю.

Таблица 1 – Объем и характеристика материала. Указаны средние значения и стандартное отклонение (SD)

Группа	Контроль I			Контроль II			Опыт		
	n, экз.	d±SD, мм	m±SD, г	n, экз.	d±SD, мм	m±SD, г	n, экз.	d±SD, мм	m±SD, г
Мелкие ежи	16	49,1±2,7	43,5±10,0	22	49,8±3,8	47,8±9,5	15	49,2±3,8	48,1±9,6

Окончание табл. 1

Группа	Контроль I			Контроль II			Опыт		
	п, ЭКЗ.	d±SD, мм	m±SD, г	п, ЭКЗ.	d±SD, мм	m±SD, г	п, ЭКЗ.	d±SD, мм	m±SD, г
Крупные ежи	17	65,5±5,7	71,0±35,2	20	65,0±6,1	100,8±27,4	18	61,1±4,2	86,1±19,1

Примечание: d – диаметр панциря, m – сырая масса тела, n – объем выборки

Перед началом экспериментов у каждого морского ежа из опытной и контрольной групп измеряли диаметр панциря и массу тела; у животных из контрольных групп рассчитывали гонадо-соматический индекс (ГСИ) как отношение массы гонад к массе морского ежа, выраженное в процентах. Во время вскрытия ежей всегда проводили микроскопическое исследование мазка гонад для оценки размеров ооцитов и стадии зрелости половых продуктов. До экспериментов ежей акклимировали в течение 10 дней. В это время они получали 2 раза в неделю корм – рыбу (путассу) или водоросли (ламинария, фукусы). Эксперимент был начат 6 мая 2017 г., его продолжительность составила 60 дней. Во время эксперимента в качестве основного корма использовалось сырое мясо кальмара. Калорийность этого вида корма – 3,9 кДж/г сырого веса. Мясо кальмара богато легкоусвояемым белком, витаминами, макро- и микроэлементами [13]. Раз в две недели вместо кальмара ежам давали водоросли (ламинарию или фукусы). За время эксперимента соотношение массы скормленных ежам кальмаров и водорослей составило 10:1. Корм всегда давался в избытке, каждую порцию взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г. Кормление и учет не съеденной пищи осуществлялся два раза в неделю. В конце эксперимента (5 июля 2017 г.) были отловлены ежи для новой контрольной группы. Животных из опытных и новой контрольной группы измерили и взвесили, вскрыли и определили массу гонад, рассчитали гонадо-соматический индекс.

Результаты и обсуждение

В период, охватывающий время акклимации морских ежей и собственно эксперимент по подрачиванию, температура морской воды в бассейнах с ежами варьировала от 8,2 до 12,3°C. Температура 10–12°C регистрировалась на протяжении почти двух месяцев. Такие показатели температуры ранее были рекомендованы норвежскими исследователями как обеспечивающие наилучший прирост массы гонад [14]. Степень насыщения морской воды кислородом изменялась от 73 до 83 %. Данный уровень содержания кислорода в бассейнах с морскими ежами несколько ниже, чем

наблюдается

в природе у мурманского побережья – 87–117 % [15; 16]. Однако факт 100-процентного выживания экспериментальных особей в течение более чем двух месяцев при таком уровне насыщения воды кислородом говорит о нормальной жизнедеятельности морских ежей в условиях аквариальной.

Морские ежи из первой контрольной группы на момент анализа находились в посленерестовой стадии. Величина ГСИ при этом значимо не различалась у мелких и крупных ежей, объем и масса гонад у всех особей были небольшими (табл. 2). В этот период наблюдалось незначительное содержание питательных фагоцитов в гонадах, а половые клетки находились в стадии начала роста. Для сравнения, величина ГСИ в посленерестовой период у зеленых морских ежей из других районов побережья Мурмана не превышала 4,6–6,4 % [17].

Таблица 2 – Морфометрические показатели исследуемых морских ежей

	группа	dcp±SD, мм	Mcp±SD, г	m _г ср±SD, г	ГСИср±SD, %
К I	м	49,1±2,7	43,5±10,0	2,7±0,8	6,4±1,9
К I	к	65,5±5,7	71,0±35,2	5,2±2,5	7,9±2,1
О	м	49,2±3,8	48,1±9,6	13,1±3,2	27,1±3,0
О	к	61,1±4,2	86,1±19,1	21,0±5,1	24,5±4,0
К II	м	49,8±3,8	47,8±9,5	4,4±2,4	8,8±3,5
К II	к	65,0±6,1	100,8±27,4	11,9±5,4	11,8±4,7

Примечание: К I – контроль I, О – опыт, К II – контроль II, м – мелкие ежи, к – крупные ежи, dcp – средний диаметр панциря, Mcp – средняя масса тела, m_г ср – средняя масса гонад, ГСИср – средний гонадо-соматический индекс, SD – стандартное отклонение.

У морских ежей из опытной группы, получавших в качестве корма мясо кальмара и раз в 2 недели – водоросли, через 60 дней после начала эксперимента объем гонад заметно увеличился (рис. 1), они начали заполнять почти всю полость целома.



Рисунок 1 – Различия в размерах гонад у опытных морских ежей (на фотографиях – слева) и ежей из контроля II (06.07.2017)

У мелких ежей масса гонад за 60 дней увеличилась почти в 5 раз, у крупных – в 4 раза. Значение ГСИ возросло в 4 раза у мелких особей, и в 3 раза – у крупных (рис. 2). За это время в природе у ежей масса гонад увеличилась всего в 1,6 раза у мелких особей, и в 2,3 раза – у крупных, а ГСИ – в 1,4-1,5 раз. По литературным данным, в природе за 120 дней масса икры морских ежей может увеличиться в 1,8 раза [17].

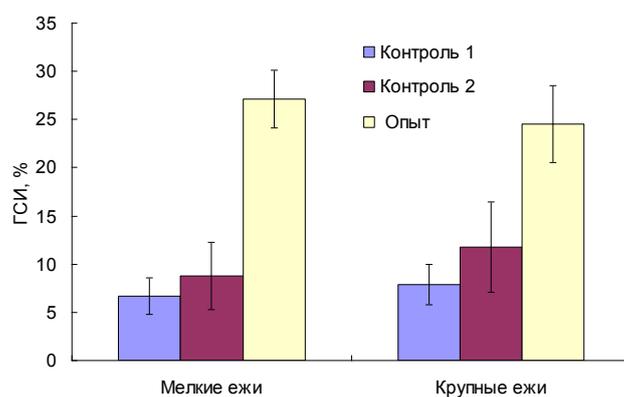


Рисунок 2 – Различия в значениях ГСИ у исследованных групп морских ежей оказано стандартное отклонение

У особей из опытной и второй контрольной групп гонады находились на одной и той же стадии развития – роста ооцитов и сперматоцитов. Различия в массе гонад у экспериментальной и второй контрольной групп (табл. 2) объяснялись степенью развития популяции питательных фагоцитов. Расчеты показывают, что для производства ежом 1 г гонад ему необходимо потребить от 1,8 до 2,7 г корма с процентным соотношением водорослей и животного корма (мясо моллюсков) 1:10.

Таким образом, за 60 дней масса гонад у мелких опытных ежей увеличилась на 485 %, у крупных – на 400 %. В природе за этот же промежуток времени она увеличилась на 163 % у мелких и на 230 % у крупных. Полученные темпы прироста гонад у зеленого морского ежа – самые высокие из приводимых в литературе. Ранее на рыбном корме удавалось получить приросты, равные 20–40 %, а при очень длительном кормлении – увеличение массы гонад в 1,5–2 раза [8]. При кормлении ламинарией за 120 дней добивались двукратного увеличения массы гонад [17]. Такую величину ГСИ опыта и контроля II, как получена в данном эксперименте, другие исследователи достигали на искусственных комбикормах за гораздо больший срок – более 200 дней эксперимента [7]. За меньший промежуток времени (3 месяца) на комбикормах добивались двукратного увеличения массы гонад [9].

Заключение

Наилучшие результаты по увеличению массы гонад за короткие сроки (2 месяца) достигаются при избыточном кормлении ежей достаточно калорийным (не менее 3,9 кДж/г сырого веса) по сравнению с растительным животным кормом – сырым мясом кальмара. Всего за 2 месяца ГСИ увеличивается в 3–4 раза по сравнению с исходными показателями, в то время как для достижения такого результата на других видах кормов требуется значительно больше времени. При избыточном питании морских ежей мясом кальмара в гонадах происходит быстрый рост питательных фагоцитов, при этом ускорения гаметогенеза не происходит.

Библиографический список

1. Анисимова Н. А. Распространение // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998. – С. 412–421.
2. Бажин А. Г., Степанов В. Г. Морские ежи семейства Strongylocentrotidae морей России. – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2012. – 196 с.
3. Лебская Т. К., Двинин Ю. Ф., Константинова Л. Л. [и др.]. Химический состав и биохимические свойства гидробионтов прибрежной зоны Баренцева и Белого морей. – Мурманск : ПИНРО, 1998. – 150 с.
4. Лебская Т. К., Шаповалова Л. А. Биохимические особенности баренцевоморского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* и аспекты его переработки. – Мурманск, 2008. – 146 с.
5. Крыжановский С. П. Биологически активные вещества морских ежей – основа для разработки лекарственных препаратов и фармацевтических субстанций // Бюллетень СО РАМН. – 2013. – Т. 33, № 2. – С. 39–48.
6. Andrew N. L., Agatsuma Y., Ballesteros E., Bazhin A. G., [et al.]. Status and management of world sea urchin fisheries // *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. – 2002. – V. 40. – P. 343–425.
7. Walker C. W., Lesser M. P. Manipulation of food and photoperiod promotes out-of-season gametogenesis in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*: implications for aquaculture // *Marine Biology*. – 1998. – V. 132. – P. 663–676.
8. Журавлева Н. Г. Морской еж – перспективный объект марикультуры заполярья // *Рыбное хозяйство*. – 2006. – № 6. – С. 60–62.

9. Мухина И. Н., Пестрикова Л. И. Исследования ПИНРО им. Н. М. Книповича в области кормопроизводства и культивирования перспективных объектов аквакультуры Заполярья // Вестник МГТУ. – 2012. – Т. 15, № 4. – С. 810–817.

10. Зензеров В. С., Джус В. Е. Размножение и искусственное воспроизводство морского ежа Баренцева моря : [препр.]. – Апатиты : КФ АН СССР, 1988. – 22 с.

11. Оганесян С. А. Динамика размножения морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* Баренцева моря в связи с условиями обитания // Современное состояние и перспективы исследований экосистем Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых : тез. докл. Междунар. конф. Мурманск, 1995. – С. 70–71.

12. Шацкий А. В. Морские ежи рода *Strongylocentrotus* мурманского побережья Баренцева моря: биология, распределение, перспективы промысла : автореф. ...канд. биол. наук (03.02.10). – Москва, 2012. – 23 с.

13. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих / под ред. В. П. Быкова. – Москва : Изд-во ВНИРО, 1999. – 262 с.

14. Siikavuopio S. I. Green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*, Muller) in aquaculture: the effects of environmental factors on gonad growth // A dissertation for the degree of Doctor Philosophiae (Dr.philos.) UNIVERSITY OF TROMSO. Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics, Department of Arctic and Marine Biology. 2009. – 56 p.

15. Дерюгин К. М. Фауна Кольского залива и условия ее существования. – Петроград : Типография Импер. Акад. Наук, 1915. – Сер. 8. Т. 34. – 819 с.

16. Березин О.Н. Гидролого-гидрохимический и ледовый режим. Гидрохимический режим // Кольский залив: Океанография, биология, экосистемы, поллютанты. – Апатиты : Изд. КНЦ РАН, 1997. – С. 74–80.

17. Воробьева Н. К., Шацкий А. В. Морской еж – перспективный объект марикультуры у берегов Мурмана // Биологические ресурсы промысла у берегов Мурмана. – Мурманск : Изд. ПИНРО, 2013. – С. 69–80.