

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РАЗМЕРОВ ЯЙЦЕКЛЕТОК КУЛЬТИВИРУЕМОЙ МИДИИ *MYTILUS* *GALLOPROVINCIALIS* LAM. (КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Н. С. Челядина

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН

Поступила в редакцию 30.03.2017 г.

**Аннотация.** Технология культивирования мидий основана на сборе её спата (молоди) в природных условиях от естественно нерестящихся производителей. Переход на полноциклическое выращивание предполагает получение молоди в питомниках, что позволит придать процессу размножения регулируемый характер и осуществлять селекционную работу. Личинки мидий до перехода на внешнее питание живут и развиваются за счёт энергетических запасов яиц, поэтому размеры яйцеклеток мидий являются важной характеристикой их успешного эмбриогенеза и выживаемости. До настоящего времени исследований индивидуальной вариабельности размеров яйцеклеток и её связи с окраской раковины культивируемой мидии *M. galloprovincialis* не проводилось. Неизвестно, связаны ли размеры яйцеклеток с окраской раковины мидий, служащей маркером комплекса генов. Особей, продуцирующих яйцеклетки крупных размеров, можно использовать для селекционной работы с мидиями. При этом необходимо учитывать индивидуальный подход в выборе лучшего производителя, как при выращивании личинок в лаборатории, так и при их развитии в природных условиях. Проведена серия экспериментов в лабораторных условиях по изучению индивидуальной вариабельности размеров яйцеклеток от различных производителей культивируемой мидии *M. galloprovincialis* с коричневой и чёрной окраской раковины, обитающих в прибрежной зоне Чёрного моря г. Севастополя. Яйцеклетки получали методом температурной стимуляции нереста половозрелых мидий. Данные проанализированы методом дисперсионного анализа. Отмечена низкая индивидуальная вариабельность размеров яйцеклеток у мидий, как с чёрной, так и с коричневой окраской раковины ( $CV < 12\%$ ). Мидии обеих цветовых морф весной производят более крупные яйцеклетки, чем в осенне-зимний сезон. Мидии с коричневой окраской раковины продуцировали яйцеклетки более крупного размера ( $71.3 \pm 2.1$  – весна и  $66.4 \pm 0.5$  мкм – осенне-зимний сезон). Для селекционной работы целесообразно использовать мидии с коричневой окраской раковины, продуцирующие яйцеклетки более крупного размера, позволяющие получать личинок с высокой выживаемостью.

**Ключевые слова:** вариабельность, мидия *Mytilus galloprovincialis*, размеры яйцеклеток, Чёрное море

В настоящее время технология культивирования мидий основана на сборе её спата (молоди) в природных условиях от естественно нерестящихся производителей. Переход на полноциклическое выращивание предполагает получение молоди в питомниках, что позволит придать процессу размножения регулируемый характер и осуществлять селекционную работу [1-3].

По современным оценкам, мидии обладают огромной плодовитостью: одна особь *M. galloprovincialis* вымётывает в сезон 2 – 3 млн. яиц. Личинки до перехода на внешнее питание живут и развиваются за счёт энергетических запасов яиц [4-7].

Размеры яйцеклеток мидий являются важной характеристикой их успешного эмбриогенеза и вы-

живаемости [8-10]. Сведения о средних размерах яйцеклеток мидий ограничены. По разным данным, средние размеры яйцеклеток у *M. galloprovincialis* составляют 64.8 – 79.2 [8], 55 [11, 12] и 62 – 70 мкм [13-15]. До настоящего времени исследований индивидуальной вариабельности размеров яйцеклеток и её связи с окраской раковины моллюска не проводилось. Неизвестно, связаны ли размеры яйцеклеток с окраской раковины мидий, служащей маркером комплекса генов. Анализ изменчивости окраски раковины позволит оценить гетерогенность популяций мидий, обитающих в Чёрном море.

Особей, продуцирующих яйцеклетки крупных размеров, можно использовать для селекционной работы с мидиями. При этом необходимо учитывать индивидуальный подход в выборе лучшего производителя, как при выращивании личинок в лабора-

тории, так и при их развитии в природных условиях. Нами была проведена серия экспериментов по получению яйцеклеток в лабораторных условиях и изучена индивидуальная изменчивость размеров яйцеклеток от различных производителей мидий с коричневой и чёрной окраской раковины.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Мидий отбирали в 2009 – 2010 гг. в периоды их массового нереста (весенний и осенний) на мидийной ферме в бухте Ласпи, г. Севастополь (44°24'59"С.Ш. 33°42'18"В.Д.). Для того, чтобы снизить вариабельность, обусловленную размером моллюска, отбирали мидий товарного размера –  $50.45 \pm 1.78$  мм с чёрной и коричневой окраской раковины. Отметим, что осенний нерест моллюсков был, растянут и сдвинут на зиму, т.к. 2009-й год отличался бедной кормовой базой [16]. Температура морской воды в осенне-зимний сезон в среднем составила +13.5 °С, в весенний – +17.2 °С. В выборках моллюсков измеряли длину раковины мидий, определяли окраску раковины [17] и размеры яйцеклеток. Яйцеклетки получали методом температурной стимуляции нереста половозрелых мидий при температуре 17 – 18°С. Для этого моллюсков по одному помещали в отдельные ёмкости объёмом 250 мл [10, 18, 19]. Определены размеры яйцеклеток, полученных от 63 самок. Размеры яйцеклеток определяли под микроскопом МИКМЕД – 5 при увеличении  $\times 200$ . Полученные

результаты обработаны статистически с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007 и «Statistica». Предварительно была проведена проверка однородности дисперсий сравниваемых выборок, средние значения сравнивали по критерию Стьюдента. Также данные обрабатывали методом дисперсионного анализа (ДА) [20].

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В таблицах 1-4 представлены сведения об индивидуальных размерах яйцеклеток культивируемых мидий с коричневой и чёрной окраской раковины.

У каждой особи отмечена низкая вариабельность индивидуального размера яйцеклеток. У мидий с коричневой окраской раковины, нерестящихся в осенне-зимний сезон, коэффициент вариации изменялся от 2.2 до 8.2 % и в среднем составил 5.0 %, у мидий с чёрной окраской раковины – соответственно от 2.0 до 10.5 %, в среднем 5.6 %.

Коэффициент вариации размеров яйцеклеток мидий с коричневой окраской раковины, нерестящихся весной, изменялся в относительно более узких пределах – 6.29 – 10.18 %, в среднем 8.8 %, для мидий с чёрной окраской раковины эти показатели составили соответственно 5.14 – 12.19 %, в среднем 7.8 %. Из полученных результатов следует, что вариабельность размеров яйцеклеток мидий, которые нерестились в весенний сезон, выше.

Таблица 1.

Индивидуальные размеры яйцеклеток *M. galloprovincialis* с коричневой окраской раковины, осенне-зимний сезон 2009 г.

№ мидии	Количество измерений, n	Диаметр яйце-клеток, мкм $\bar{x} (x_{\max} - x_{\min})$	Стандартное отклонение, $\delta$	Ошибка среднего, $m_x$	CV, %
1	40	66.92 (63.50 – 69.85)	3.29	0.75	4.92
2	50	66.04 (63.50 – 69.85)	3.19	0.73	4.83
3	40	69.06 (63.5 – 76.2)	3.93	0.89	5.69
4	55	66.68 (57.15 – 76.2)	4.83	1.10	7.25
5	40	64.17 (63.5 – 69.85)	2.92	0.66	4.54
6	50	71.81 (63.50 – 82.55)	5.89	1.33	8.21
7	40	65.72 (63.50 – 69.85)	3.11	0.71	4.73
8	50	66.26 (63.5 – 69.85)	3.22	0.73	4.86
9	40	65.09 (57.15 – 76.2)	3.86	0.88	5.93
10	55	66.54 (63.5 – 69.85)	3.77	0.86	5.66
11	30	62.71 (57.15 – 63.50)	2.15	0.49	3.42
12	30	64.05 (63.50 – 63.50)	1.73	0.39	2.70
13	40	65.62 (63.5 – 69.85)	3.06	0.70	4.66
14	40	68.64 (63.5 – 69.85)	2.56	0.58	3.72
5	40	67.47 (63.50 – 76.20)	3.66	0.83	5.42
16	45	67.37 (63.50 – 69.85)	3.17	0.72	4.70
17	40	65.41 (63.50 – 69.85)	2.99	0.68	4.57
18	30	63.82 (63.50 – 69.85)	1.42	0.32	2.23
19	50	68.26 (63.50 – 76.2)	5.40	1.23	7.91

Таблица 2.

Индивидуальные размеры яйцеклеток *M. galloprovincialis* с чёрной окраской раковины. осенне-зимний сезон 2009 г.

№ мидии	Количество измерений, n	Диаметр яйцеклеток, мкм $\bar{X} (x_{\max} - x_{\min})$	Стандартное отклонение, $\delta$	Ошибка среднего, $m_x$	CV, %
1	45	60.78 (57.15 – 63.50)	3.26	0.68	5.37
2	50	62.59 (57.15 – 69.85)	4.21	0.88	6.73
3	50	61.81 (57.15 – 69.85)	4.47	0.93	7.23
4	55	61.23 (57.15 – 63.5)	4.02	0.84	6.57
5	40	63.96 (57.15 – 69.85)	3.91	0.82	6.11
6	35	61.69 (57.15 – 63.50)	2.98	0.62	4.83
7	40	61.16 (57.15 – 69.85)	4.34	0.91	7.10
8	35	65.37 (63.5 – 69.85)	2.98	0.62	4.56
9	40	66.04 (57.15 – 69.85)	3.19	0.67	4.83
10	55	63.26 (57.15 – 69.85)	2.83	0.59	4.47
11	55	63.43 (63.50 – 69.85)	6.64	1.39	10.47
12	40	64.03 (57.15 – 69.85)	2.59	0.54	4.05
13	40	64.30 (63.5 – 69.85)	4.32	0.90	6.71
14	40	67.09 (63.5 – 69.85)	3.22	0.67	4.80
15	35	63.77 (57.15 – 69.85)	1.30	0.27	2.03
16	45	63.78 (57.15 – 76.20)	4.05	0.85	6.35
17	40	66.15 (57.15 – 69.85)	4.56	0.95	6.89
18	30	62.12 (57.15 – 63.50)	3.81	0.90	6.13
19	40	62.87 (57.15 – 69.85)	1.96	0.41	3.11
20	40	61.91 (57.15 – 69.85)	2.92	0.61	4.59
21	45	64.59 (57.14 – 69.85)	3.38	0.65	5.45
22	45	63.72 (57.15 – 69.85)	3.13	0.64	4.84
23	40	61.26 (57.15 – 69.85)	3.05	0.74	4.65

Таблица 3.

Индивидуальные размеры яйцеклеток *M. galloprovincialis* с чёрной окраской раковины. весенний сезон 2010 г.

№ мидии	Количество измерений, n	Диаметр яйцеклеток, мкм $\bar{X} (x_{\max} - x_{\min})$	Стандартное отклонение, $\delta$	Ошибка среднего, $m_x$	CV, %
1	45	68.58 (57.15 – 76.20)	4.83	1.47	7.05
2	40	66.68 (57.15 – 76.20)	4.27	1.29	6.40
3	45	67.87 (57.15 – 82.55)	7.29	2.21	10.75
4	40	65.14 (57.15 – 69.85)	4.00	1.21	6.15
5	50	73.13 (63.5 – 82.55)	6.93	2.10	9.48
6	55	64.53 (57.15 – 69.85)	3.32	1.00	5.14
7	50	66.37 (63.50 – 76.20)	3.96	1.20	5.97
8	50	66.29 (63.50 – 76.20)	3.93	1.19	5.93
9	50	74.22 (63.50 – 88.90)	9.04	2.74	12.19
10	55	67.87 (63.50 – 88.90)	7.29	2.21	10.75
11	55	65.14 (57.15 – 76.20)	4.00	1.21	6.15

Мы проанализировали размеры яйцеклеток у 42 мидий в осенне-зимний сезон и у 21 особи в весенний сезон, предварительно выполнив проверку однородности дисперсий размеров яйцеклеток для сравниваемых выборок. В каждый из изученных сезонов размеры яйцеклеток мидий с коричневой окраской раковины достоверно выше моллюсков с чёрной окраской раковины. Различия между средними значениями размеров яйцеклеток культивируемых мидий с коричневой и

чёрной окрасками раковины статистически достоверны:

для уровня значимости  $P = 0.05$  и числа степеней свободы

$$k = 39 - \text{осенне-зимний, } t_{\phi} - 8.4 > t_{st} - 2.02;$$

$$k = 19 - \text{весенний сезон, } t_{\phi} - 3.1 > t_{st} - 2.09,$$

уровня значимости  $P = 0,05$  и числа степеней свободы

$$k = 40 - \text{осенне-зимний сезон, } t_{\phi} - 2.69 > t_{st} - 2.02;$$

$$k = 19 - \text{весенний сезон, } t_{\phi} - 3.1 > t_{st} - 2.09.$$

Таблица 4.

Индивидуальные размеры яйцеклеток *M. galloprovincialis* с коричневой окраской раковины. весенний сезон 2010

2.

№ мидии	Количество измерений, n	$\bar{x}$ ( $x_{max} - x_{min}$ ) диаметр яйцеклеток, мкм	Стандартное отклонение, $\delta$	Ошибка среднего, $m_x$	CV, %
1	50	68.00 (63.50 – 82.50)	5.96	1.86	8.77
2	55	68.00 (57.15 – 76.20)	6.80	2.13	10.00
3	50	81.73(63.50 – 95.25)	8.32	2.60	10.18
4	50	92.63 (63.50 – 88.90)	7.98	2.49	8.61
5	45	67.39 (63.50 – 76.20)	4.24	1.32	6.29
6	45	71.28 (57.15 – 76.20)	5.37	1.68	7.53
7	50	67.39 (57.15 – 76.20)	5.36	1.68	7.95
8	55	68.00 (57.15 – 76.20)	6.80	2.13	10.00
9	55	81.73 (63.85 – 95.25)	8.32	2.60	10.18
10	55	92.63 (57.15 – 88.90)	7.98	2.50	8.61

Для более подробного изучения характера индивидуальных различий размеров яйцеклеток проанализировано 29 моллюсков обеих цветовых морф методом однофакторного дисперсионного анализа. В соответствии со схемой расчётов однофакторного ДА, диаметр яйцеклеток у (зависимая переменная) равняется генеральному среднему  $\mu$ , плюс эффект фактора А, плюс  $\varepsilon$  – остаточный член, дающий представление об ошибке исследования:  $y_{im} = \mu + \lambda_i + \varepsilon_{im}$

$i$  – уровень фактора А (мидии);

$m$  – текущий номер измеряемой яйцеклетки (или повторы от 1 до n);

$k$  – количество мидий;

$n$  – число повторов;

$N = kn$  – общее количество измерений.

Исходные данные представлены в виде итоговой таблицы ДА плана эксперимента однофакторного дисперсионного анализа (табл. 5), в которой в столбцах обобщены уровни качественного фактора А (различные мидии с номерами от 1 до 29), в строках повторы измерений диаметра яйцеклеток для каждой мидии.

Анализ данных по схеме однофакторного ДА позволил сделать следующие выводы:

- Эффект фактора А статистически значим, то есть диаметр яйцеклеток зависит от индивидуальных особенностей мидий.

- У 51% исследованных мидий диаметр яйцеклеток превосходил соответствующие диаметры яйцеклеток остальных мидий.
- Средний диаметр яйцеклеток мидии № 29 превосходил средние значения диаметров яйцеклеток остальных 28 мидий.
- Различия средних размеров диаметров яйцеклеток у 49 % мидий статистически не достоверны.

Изменчивость размеров яйцеклеток определяется, главным образом, влиянием факторов среды (температурой, наличием кормового фитопланктона) и наследуемыми признаками [8, 20]. Размеры яйцеклеток культивируемых мидий зависят, в основном, от температуры, при которой происходит созревание. Низкая температура обуславливает задержку вителлогенеза, определяющего конечные размеры яйцеклеток [8, 10]. У мидий, культивируемых в бухте Ласпи, ранее уже отмечали различия при определении средних размеров яйцеклеток в весенний и осенний сезоны размножения [8].

Нами получены достоверные различия в размерах яйцеклеток в зависимости от сезона и окраски раковины. Мидии обеих цветовых морф, нерестящиеся весной, производили яйцеклетки с большими размерами, чем особи, нерестящиеся в осенне-зимний сезон (для уровня значимости  $P = 0,05$  и числа степеней свободы  $k = 61$ ,  $t_{ф} = 5.9$  Таблица 5.

Сводная таблица однофакторного дисперсионного анализа

Источник дисперсии	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	Критерий Фишера
Фактор А $a_i$	$k - 1 = 29 - 1 = 28$	$SS_a = 44533085/19 - 2341026 = 2820.86$	$MS_a = SS_a / (k - 1)$ $MS_a = 2821/28 = 100.8$	$F_{эксп} = MS_a / MS_{ошиб}$ $F_{эксп} = 100.85/11.08 = 9.1$
Ошибка $\varepsilon_{im}$	$N - k = 551 - 29 = 522$	$SS_{ошиб} = 8602.65 - 2820.86 = 5781.79$	$MS_{ошиб} = SS_{ошиб} / (k - 1)$ $MS_{ошиб} = 5782/522 = 11.08$	$F_{эксп} > F_{табл}$ $9.1 > 1.9$
Итог	$kn - 1 = 551 - 1 = 550$	$SS_{общ} = 2349628 - 2341026 = 8602.65$		

$> t_{st} - 2.0$ ). Разность между средними размерами яйцеклеток в весенний и осенне-зимний периоды достигала более 7 мкм (соответственно 71.8 и 64.8 мкм). На рис. 1 представлена гистограмма индивидуальных различий диаметров яйцеклеток у 29 мидий. Мидии, получившие одинаковые ранги, производят яйцеклетки одинакового размера.

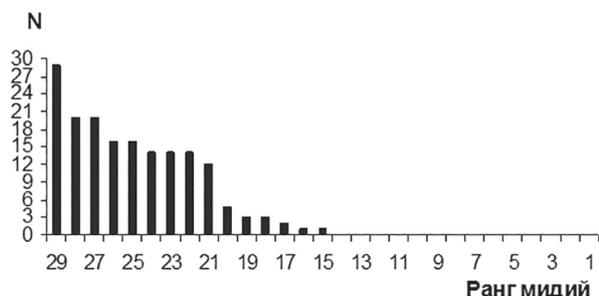


Рис. 1. Ранжирование мидий методом дисперсионного анализа по размерам их яйцеклеток (N – значение ранга, численно равное количеству мидий, размеры которых меньше размеров яйцеклеток данной мидии)

Для изучения степени влияния двух качественных факторов (окраска раковины и сезон года) на размеры яйцеклеток данные были проанализированы методом двухфакторного дисперсионного анализа. Следует отметить, что оба фактора (окраска раковины и сезон сбора материала) являются качественными факторами, а не количественными.

Исходные данные сведены в таблицу, представляющую собой квадрат  $2 \times 2$ , то есть состоящий из четырёх ячеек, полученных из сочетания двух уровней фактора А (фенотип мидии: чёрный, коричневый) с двумя уровнями фактора В (сезон: весна, осень – зима);  $y_1, y_2 \dots$  – размеры яйцеклеток. В каждой ячейке число повторов равнялось 10. Таким образом, общее число исходных данных равно 40 (табл. 6).

Результаты обработки данных приведены в сводной таблице двухфакторного ДА (табл. 7). Нами показано, что для исследуемых факторов (табл. 7) экспериментальные значения критерия Фишера превышают табличные (критические) значения, поэтому различия средних для этих факторов статистически достоверны. В данном случае сравнение средних значений по ранговому критерию Дункана не проводилось, так как из сводной таблицы двухфакторного эксперимента следует, что размеры яйцеклеток мидий, выметанных весной, достоверно превосходят размеры яйцеклеток, выметанных в осенне-зимний сезон. Размеры яйцеклеток мидий с коричневой окраской раковины превосходят таковые мидий с чёрной окраской. Установлено, что взаимодействие факторов «сезон» и «фенотип» отсутствует ( $t_{\text{эсп.}} > t_{\text{табл.}}$ ).

Итог таблицы можно представить в виде рис. 2., который иллюстрирует вклад рассматриваемых факторов в индивидуальную изменчи-

Таблица 6.

План эксперимента на основе двухфакторного дисперсионного анализа

В/А	$a_1$		$a_2$		$B_j$	$B'_j$
$b_1$	66.92	$\Sigma 668.27$	66.78	$\Sigma 627.87$	1296.15	6.48
	66.04		62.59			
	69.06		61.81			
	66.68		61.23			
	64.17		63.95			
	71.81		61.69			
	65.72		61.16			
	66.26		65.37			
	65.09		66.04			
	66.54		63.26			
$b_2$	68.01	$\Sigma 758.81$	68.58	$\Sigma 680.64$	1439.45	7.20
	68.01		66.68			
	81.73		67.87			
	92.63		65.14			
	67.39		73.13			
	71.28		64.53			
	67.39		66.37			
	68.01		66.29			
	81.73		74.22			
	92.63		67.87			
$\Sigma A_i$	1427.08		1308.51		$G = 2735.59$	
$A_{i \text{ среднее}}$	71.36		68.06			

вость анализируемого признака. Значительная роль (56 %) в вариабельности принадлежит факторам, не изучаемым нами в рамках данного эксперимента. Предположительно, в их число входит наследственность, которая, по данным А. В. Пирковой [8], занимает 30 – 60 %. Следующим по значимости фактором (25 %), определяющим размеры яйцеклеток, является сезон (температура, кормовая обеспеченность и т. д.). Вклад окраски раковины в индивидуальную изменчивость также существенен – 17 %. Размеры яйцеклеток определяются, главным образом, факторами сре-

ды, среди которых особенно значима температура воды в период их созревания. Внутрисезонная вариабельность размеров яйцеклеток, обусловлена, предположительно, генотипическими особенностями особей.

В осенне-зимний сезон модальную группу (85 %) составляли мидии с размером яйцеклеток от 60 до 67 мкм, в весенний сезон – от 60 до 75 мкм (80 %) (рис. 3). Коэффициент асимметрии в осенне-зимний сезон ( $A_s$ ) составлял 0.55. Весной наблюдался сдвиг в сторону увеличения размеров яйцеклеток и  $A_s$  составлял 1.68.

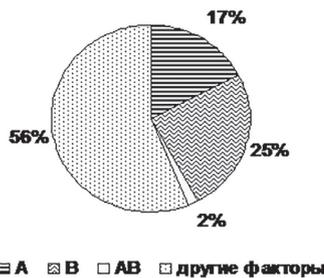


Рис. 2 Процентное соотношение качественных факторов, определяющих индивидуальную изменчивость диаметра яйцеклеток: А – фенотип, В – сезон, АВ – межфакторное взаимодействие

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Мидии обеих цветовых морф весной производят более крупные яйцеклетки, чем в осенне-зимний сезон.

2. Мидии с коричневой окраской раковины продуцировали яйцеклетки более крупного размера ( $71.3 \pm 2.1$  – весна и  $66.4 \pm 0.5$  мкм – осенне-зимний сезон).

3. Отмечена низкая индивидуальная вариабельность размеров яйцеклеток у мидий, как с чёрной, так и с коричневой окраской раковины ( $CV < 12\%$ ).

Таблица 7.

Сводная таблица двухфакторного дисперсионного анализа

Источник дисперсии	Число степ. свободы	Сумма квадратов SS	Средний квадрат MS	$F_{\text{эсп.}}$	$F_{\text{табл.}}$	$a_1=0$ $b_1=0$ $a_2=0$
A	2-1=1	351.46	351.46/1=351.46	351.46/57.3=6.13	$F = 4.4$ $f_1 = 1$ $f_2 = 20$	$F_{\text{эсп.}} > F_{\text{табл.}}$
B	2-1=1	513.4	513.4/1=513.4	513.4/57.3=8.96	$F = 4.4$ $f_1 = 1$ $f_2 = 20$	$F_{\text{эсп.}} > F_{\text{табл.}}$
AB	1*1=1	35.67	35.67/1=35.67	35.67/57.3=0.62		$a_1 b_1 = 0$
Ошибка	40-20=20	1145.97	1145.97/20=57.3			
Сумма	40-1=39	2046.51	2046.51			

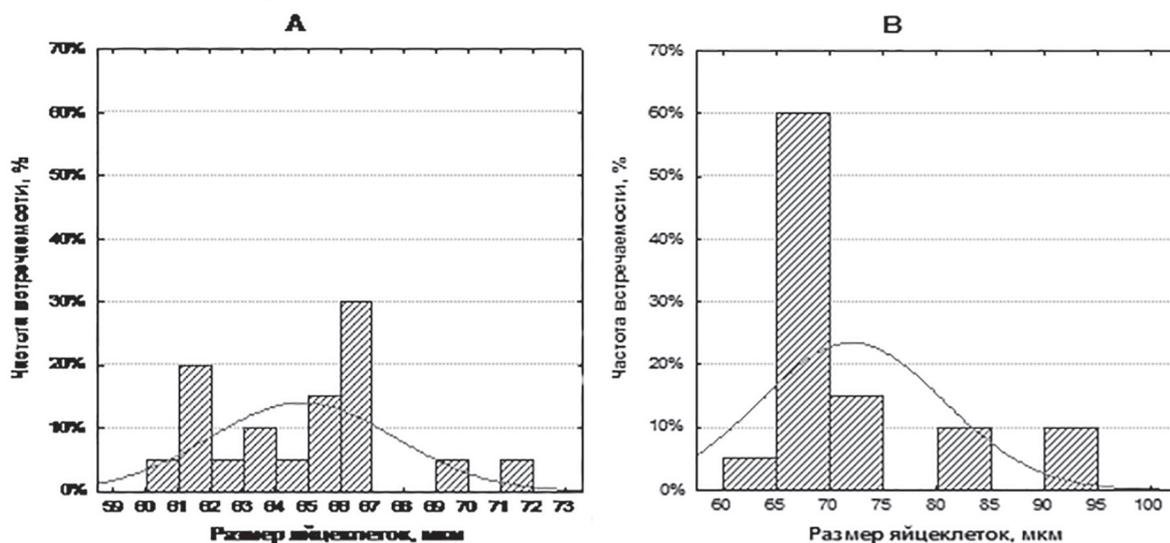


Рис. 3. Общее распределение яйцеклеток по размерам (А – осень-зима; В – весна)

4. Для селекционной работы целесообразно использовать мидии с коричневой окраской раковины, продуцирующие яйцеклетки более крупного размера, позволяющие получать личинок с высокой выживаемостью.

*Благодарности. Автор выражает благодарность с. н. с. отд. аквакультуры и морской фармакологии с. н. с. В. И. Холодову за научные консультации и н. с. М. А. Попову за данные по температуре воды.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ivanov V.N., Holodov V.I., Senicheva M.I., Pirkova A.V., Bulatov K.V. *Biologiya kultiviruemyykh midii*. Kiev, Naukova dumka, 1989, 100 p.
2. Иванов В.Н., Трощенко О.А., Ломакин П.Д., Субботин А.А., Щуров С.В., Ерёмин И.Ю., Куфтаркова Е.А., Губанов В.И., Ковригина Н.П., Родионова Н.Ю., Бобко Н.И., Сеничева М.И., Мурина В.В., Лисицкая Е.В., Гринцов, В.А., Челядина Н.С., Пиркова А.В., Бойко Л.И., Микулич Д.В., Нехорошев М.В., Поспелова Н.В., Холодов В.И., Мачкевский В.А., Степанова О.А., Золоторёв В.Н. *Марикультура мидий на Чёрном море*. Севастополь, НПЦ ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007, 314 с.
3. Холодов В.И., Пиркова Л.В., Ладыгина Л.В. *Выращивание мидий и устриц в Чёрном море*. Воронеж, ООО ИЗДАТ-ПРИНТ, 2017, 508 с.
4. Пиркова А.В., Холодов Л.В., Ладыгина Д.В. Оптимизация некоторых этапов биотехники культивирования личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. // *Гидробиол. журн.* 1998. Вып. 34, № 1. С. 57-61.
5. Алпеева И.Г. Структура природных популяций мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) восточной части Черного моря, выявляемая методами системного морфометрического анализа. Дисс. канд. биол. наук. Краснодар, 2003, 129 с.
6. Gosling E. *Bivalve Molluscs. Biology, Ecology and Culture*. Oxford // *Fishing News Book*. 2003, 439 p.
7. Balseiro P., Moreira R., Chamorro R., Igueras A., Novoa B. Immune responses during the larval stages of *Mytilus galloprovincialis*: metamorphosis alters immunocompetence, body shape and behavior // *Fish & Shellfish Immunology*. 2013. Vol. 35, pp. 438-447.
8. Пиркова А.В. Размножение мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. и элементы биотехнологии её культивирования. Дисс. канд. биол. наук. Севастополь, 1994, 24 с.
9. Виленская Н.И. Влияние размеров яйцеклеток чавычи (*Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum)) на размеры личинок и молоди // «Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана», сборник научных трудов, 2002, Петропавловск-Камчатский, КамчатНИРО, с. 226-234.
10. Ompi M., Svane Ib. Comparing spawning, larval development, and recruitments of four mussel species (*Bivalvia: Mytilidae*) from South // *AACL Bioflux*. 2018. Vol. 11, No. 3, pp. 576-588.
11. Виноградова З.А. Материалы по биологии моллюсков Чёрного моря // *Труды Карадагской биол. станции*. 1950. Вып. 9. С. 100-159.
12. Киселёва Г.А. Размножение и развитие скальной и иловой мидий в Чёрном море // *Биология моря*. 1972. Вып. 26. С. 88-98.
13. Захваткина К.А. Личинки двустворчатых моллюсков – *Bivalvia*. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. 1972. Киев, Наукова думка, Т.3. С. 250-271.
14. Захваткина К. А. Пелагические личинки некоторых двустворчатых моллюсков Чёрного моря. Дисс. канд. биол. наук. Киев, 1964, 24 с.
15. Sedano F.J., Rodríguez J.L., Ruiz L.C., García-Martín J.O., Sánchez L. Biochemical composition and fertilization in the eggs of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck) // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1995. Vol. 192, No. 1, pp. 75-85.
16. Сеничева М.И. Необычное цветение в прибрежных водах города Севастополя // *Наукові записки серія бішдшгія. Наук. Зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2010. № 3(44). С. 227-229.
17. Драголи Л. В. К вопросу о взаимосвязи между вариациями Черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) // *Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях*. 1966. Киев, Наукова думка, С. 3-15.
18. Newel R. Thompson R. Reduced clearance rates associated with spawning in the mussel, *Mytilus edulis* (L) (*Bivalvia, Mytilidae*) // *Mar. Biol. Lett.* 1984. Vol. 5, No. 1, pp. 21-23.
19. Pennec M. Les methodes experimentales induisant la ponte chez les mollusques bivalves marins // *Haliotis*. 1981, Vol. 11, pp. 139-155.
20. Холодов В.И. Планирование экспериментов в гидробиологических исследованиях. Симферополь, Н. Оріанда, 2016. 196 с.

ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН»

\*Челядина Н. С., к.б.н., н.с., Отдел аквакультуры и морской фармакологии

Тел.: +7 (692) 55-09-90

E-mail: chelydina2007@mail.ru

The A. O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS

\*Chelyadina N. S., PhD, researches, department of aquaculture and marine of pharmacology

Ph.: +7 (692) 55-09-90

E-mail: chelydina2007@mail.ru

## VARIABILITY OF EGG-CELL SIZES OF CULTIVATED MUSSEL *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. (CRIMEA, THE BLACK SEA)

N. S. Chelyadina

*Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences*

**ABSTRACT.** The technology of cultivation of mussels is based on the collection of its spat in natural conditions from naturally spawning producers. Transition to full-cycle cultivation assumes reception of spat in ambulance that will allow giving the process of reproduction a regulated character and making a selection work. Mussel larvae before the transition to external nutrition live and develop due to the energy reserves of eggs, so the egg-cells sizes of mussels is an important characteristic of their successful embryogenesis and survival. To date, studies of the individual variability of egg-cells sizes and its relation with the coloration of the *M. galloprovincialis* shell have not been conducted. It is not known whether the size of the ovaries is related to the coloration of the mussel shell, which serves as a marker for the complex of genes. Individuals producing large egg-cells can be used for breeding with mussels. In this case, it is necessary to take into account the individual approach to choosing the best producer, both in growing larvae in the laboratory and in developing them in natural conditions. A set of experiments was conducted in the laboratory to study the individual variability in egg-cells sizes from various producers of *M. galloprovincialis* mussels with brown and black shell coloring in the coastal zone of the Black sea of Sevastopol city. Egg-cells were obtained by the method of temperature stimulation of spawning of sexually mature mussels. The data were analyzed by the method of dispersion analysis. A low individual variability of egg-cells in mussels of both black and brown-colored shell (CV < 12 %) was marked. Mussels of both color morphs produce larger eggs in the spring than in the autumn-winter season. Mussels with a brown coloring of the shell produced larger egg-cells ( $71.3 \pm 2.1$  - spring and  $66.4 \pm 0.5$   $\mu\text{m}$  - autumn-winter season). For selection work, it is profitable to use mussels with a brown coloring of the shell, producing eggs of a larger size, which make it possible to obtain larvae with a high survival rate.

**Keywords:** variability, mussel *Mytilus galloprovincialis*, egg-cell sizes, the Black Sea

### REFERENCES

1. Ivanov V.N., Holodov V.I., Senicheva M.I., Pirkova A.V., Bulatov K.V. *Biologiya kultiviruemykh midii*. Kiev, Naukova dumka, 1989, 100 p.
2. Ivanov V.N., Troshhenko O.A., Lomakin P.D., Subbotin A.A., Shhurov S.V., Erjomin I.Ju., Kuftarkova E.A., Gubanov V.I., Kovrigina N.P., Rodionova N.Ju., Bobko N.I., Senicheva M.I., Murina V.V., Lisickaja E.V., Grincov, V.A., Cheljadina N.S., Pirkova A.V., Bojko L.I., Mikulich D.V., Nehoroshev M.V., Pospelova N.V., Holodov V.I., Machkevskij V.A., Stepanova O.A., Zolotorjov V.N. *Marikul'tura midij na Chjornom more*. Sevastopol, JeKOSI-Gidrofizika, 2007, 314 p.
3. Xolodov V.I., Pirkova A.V., Ladygina L.V. *Vyrashhivanie midij i ustric v Chyornom more*. Voronezh, OOO Izdat-print, 2017, 508 p.
4. Pirkova A.V., Xolodov V.I., Ladygina L.V. *Optimizaciya nekotoryx etapov biotexniki kultivirovaniya lichinok midii Mytilus galloprovincialis Lam*. *Gidrobiol. Zhurn.* 1998. Vol. No. 1, pp. 57-61.
5. Alpeeva I.G. *Struktura prirodnyh populyacij midii (Mytilus galloprovincialis Lam.) vostochnoj chasti Chernogo morya, vyyavlyaemaya metodami sistemnogo morfometricheskogo analiza*. Diss. kand. biol. nauk. Krasnodar, 2003, 129 p.
6. Gosling E. *Bivalve Molluscs. Biology, Ecology and Culture*. Oxford, Fishing News Book, 2003, 439 p.
7. Balseiro P., Moreira R., Chamorro R., Igueras A., Novoa B. *Immune responses during the larval*

stages of *Mytilus galloprovincialis*: metamorphosis alters immunocompetence, body shape and behavior. *Fish & Shellfish Immunology*. 2013. Vol. 35, pp. 438-447.

8. Pirkova A.V. Razmnozhenie midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. i ehlementy biotekhnologii eyo kul'tivirovaniya. Diss. kand. biol. nauk. Sevastopol', 1994, 24 p.

9. Vilenskaya N.I. Vliyanie razmerov jajcekletok chavychi (*Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum) na razmery lichinok i molodi // «Issledovaniya vodnyh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana», sbornik nauchnyh trudov, 2002, Petropavlovsk-Kamchatskij, KamchatNIRO, pp. 226-234.

10. Ompi M., Svane Ib. Comparing spawning, larval development, and recruitments of four mussel species (*Bivalvia*: *Mytilidae*) from South. *AAFL Bioflux*. 2018. Vol. 11, No. 3, pp. 576-588.

11. Vinogradova Z.A. Materialy po biologii mollyuskov CHyornogo morya // *Trudy Karadagskoj. biol. stancii*. 1950. Vol. 9, pp. 100-159.

12. Kiselyova G.A. Razmnozhenie i razvitie skal'noj i ilovoj midij v CHyornom more. *Biologiya morya*. 1972. Vol. 26, pp. 88-98.

13. Zahvatkina K.A. Lichinki dvustvorchatyh mollyuskov – *Bivalvia*. *Opredelitel' fauny CHyornogo i Azovskogo morej*. 1972. Kiev, Naukova dumka, T.3, pp. 250-271.

14. Zahvatkina K.A. Pelagicheskie lichinki nekotoryh dvustvorchatyh mollyuskov CHyornogo moray. Diss. kand. biol. nauk. Kiev, 1964, 24 p.

15. Sedano F.J., Rodríguez J.L., Ruiz L C., García-Martín J O., Sánchez L. Biochemical composition and fertilization in the eggs of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1995. Vol. 192, No. 1, pp. 75-85.

16. Senicheva M.I. Neobychnoe cvetenie v pribrezhnyh vodah goroda Sevastopolya // *Naukovi zapiski seriya bishchdshchgiya. Nauk. Zap. Ternop. nac. ped. un-tu. Ser. Biol.* 2010. Vol. 44, No. 3, pp. 227-229.

17. Dragoli L.V. K voprosu o vzaimosvyazi mezhdru variaciyami CHernomorskoj midii (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) // *Raspredelenie bentosa i biologiya donnyh zhyvotnyh v yuzhnyh moryah*. 1966. Kiev, Naukova dumka, pp. 3-15.

18. Newel R. Thompson R. Reduced clearance rates associated with spawning in the mussel, *Mytilus edulis* (L) (*Bivalvia*, *Mytilidae*). *Mar. Biol. Lett.*, 1984. Vol. 5, No. 1, pp. 21-23.

19. Pennec M. Les methodes experimentales induisant la ponte chez les mollusques bivalves marins. *Haliotis*, 1981, Vol. 11, pp. 139-155.

20. Holodov V.I. Planirovanie ehksperimentov v gidrobiologicheskikh issledovaniyah. *Simferopol', N. Orianda*, 2016. 196 p.