

Динамика линейных и весовых параметров черноморского гребешка *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) при садковом выращивании

Л. В. Ладыгина *, А. В. Пиркова

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия

* e-mail: lvladygina@yandex.ru

Аннотация

Плоский гребешок *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889), являющийся эндемиком Черного моря, может быть отнесен к потенциальным объектам культивирования у берегов Крыма. Данные последних лет свидетельствуют о восстановительных процессах в популяции гребешка на Крымском побережье. В массовом количестве гребешок оседает в выростные садки с гигантской устрицей *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), что позволяет выращивать его в подвесной культуре благодаря доступности и простоте сбора. Цель работы – изучить сезонную динамику линейного и весового роста черноморского гребешка *F. glaber ponticus* при садковом выращивании у берегов Крыма. Впервые представлена модель роста, адекватно описывающая линейный рост моллюсков. Определена линейная зависимость высоты раковины гребешка от возраста и экспоненциальная зависимость общего живого веса гребешков от высоты раковины. Показано, что индексы товарного качества *F. glaber ponticus*: выход мяса, индекс кондиции и гонадосоматический индекс – изменяются в зависимости от сезона. Максимальные значения индекса кондиции и выхода мяса отмечены в апреле и составляли соответственно 63.40 и 33.01 %. Гонадосоматический индекс увеличивался с января по июнь (от 6.8 до 13.14 %) и уменьшался с июля по ноябрь, что связано с процессами гаметогенеза и нереста моллюсков. Доля сухого вещества в мягких тканях составила 16.5 %. Рекомендована продолжительность выращивания (2.5–3 года) и сроки сбора товарной продукции черноморского гребешка как перспективного объекта марикультуры. Для сбора урожая черноморского гребешка товарного размера может быть оптимальным зимне-весенний период.

Ключевые слова: гребешок, *Flexopecten glaber ponticus*, марикультура, рост, индекс кондиции, выход мяса, гонадосоматический индекс, Черное море, промысловые моллюски

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов» (№ гос. регистрации 124022400152-1). Выражаем благодарность директору

© Ладыгина Л. В., Пиркова А. В., 2024



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

ООО НИО «Марикультура» В. Д. Шинявскому за предоставленную возможность выращивания черноморского гребешка на морской ферме в подвесной культуре.

Для цитирования: Ладыгина Л. В., Пиркова А. В. Динамика линейных и весовых параметров черноморского гребешка *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) при садковом выращивании // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2024. № 2. С. 153–164. EDN ERRZYM.

Dynamics of Allometric and Weight Parameters of the Black Sea Scallop *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) During Cage Farming

L. V. Ladygina, A. V. Pirkova

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

* e-mail: lvladygina@yandex.ru

Abstract

The scallop *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889), which is endemic to the Black Sea, can be classified as a mollusk species potentially cultivable in the coastal waters of Crimea. Recent data indicate emerging trends in the scallop population recovery off the Crimean coast. The scallop settles in large quantities into nursery cages together with the giant oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), which suggests the scallop can be reared in suspended culture due to its availability and ease of collection. We studied the seasonal dynamics of allometric growth and weight increase of the Black Sea scallop *F. glaber ponticus* during cage farming off the coast of Crimea. For the first time, a growth model is presented that adequately describes the linear growth of the mollusk. The linear relationship between shell height and age of the scallop and the exponential relationship between the total live weight and shell height were found. It was shown that the commercial quality indices of *F. glaber ponticus* – meat yield, condition index and gonadosomatic index – vary with season. The maximum values of the condition index and meat yield were noted in April, 63.40 and 33.01%, respectively. The gonadosomatic index increased from January to June (from 6.8 to 13.14%) and decreased from July to November, which trends are associated with the gametogenesis and spawning of the mollusk. The percentage of dry matter in soft tissues was 16.5%. We propose the cultivation duration (2.5–3 years) and optimal timing for harvesting marketable Black Sea scallop as a promising mariculture species. Winter and spring can be the best period for collection of the Black Sea scallop of marketable size.

Keywords: scallop *Flexopecten glaber ponticus*, growing, linear growth, condition index, meat yield, gonadosomatic index, Black Sea

Acknowledgments: This work was carried out within the framework of IBSS state research assignment “Comprehensive study of the functioning mechanisms of marine biotechnological complexes with the aim of obtaining bioactive substances from hydrobionts” (No. 124022400152-1). We express our gratitude to the director of the Research Association “Marikul'tura” LLC V. D. Shinyavsky for the opportunity to rear Black Sea scallop on a marine farm in suspended culture.

For citation: Ladygina, L.V. and Pirkova, A.V., 2024. Dynamics of Allometric and Weight Parameters of the Black Sea Scallop *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) During Cage Farming. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 153–164.

Введение

Аквакультура моллюсков включает около 65 зарегистрированных видов. В основном это двустворчатые моллюски (клеммы, устрицы, гребешки и мидии), которые составляют 89 % мировой продукции морской аквакультуры, а 11 % приходится на дикий промысел. Крупнейшими производителями морских двустворчатых моллюсков являются Азия и особенно Китай, где выращивается 85 % от мирового производства [1]. На мировом рынке морепродуктов морские гребешки наравне с другими промысловыми двустворчатыми моллюсками (мидии и устрицы) представляют собой ценный деликатес благодаря превосходным вкусовым качествам и питательным свойствам. Высококачественный белок, полиненасыщенные омега-3 жирные кислоты в больших концентрациях, необходимые для жизнедеятельности человека, а также макро- и микроэлементы (йод, селен, кальций), витамины *A* и *D* вносят основной вклад в питательную ценность моллюска [2].

На Черном море коммерческая добыча и разведение двустворчатых моллюсков не получили столь широкого развития. Промысловое значение имеют только пять видов моллюсков: *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) и *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) [3]. К потенциальным объектам культивирования у берегов Крыма может быть отнесен и плоский гребешок *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889), являющийся эндемиком Черного моря. Обитает он на глубине до 30 м на поверхности илистых, песчаных и ракушечных грунтов, а также на устричных банках¹⁾. Гребешок может временно фиксироваться на располагающихся над грунтом талломах растительности. Окраска раковин варьирует от белой или желтой до красной и коричневой, правая створка часто светлее левой. Длина и высота раковины – до 55 мм, ширина – до 13 мм. До недавнего времени черноморский гребешок был включен в Красную книгу Крыма со статусом подвида, сокращающегося в численности²⁾. Однако литературные и собственные данные последних лет [3, 4] свидетельствуют о восстановительных процессах в популяции гребешка у берегов Крыма. В массовом количестве гребешок оседает в выростные садки с гигантской устрицей *C. gigas*, что предполагает возможность его выращивания в подвесной культуре из-за доступности и простоты сбора.

При садковом выращивании *F. glaber ponticus* в первый год жизни имеет относительно высокий темп роста; к концу второго года он достигал в длину около 42 мм. У наиболее крупных моллюсков в возрасте трех лет высота раковины составляла более 55 мм. Для гребешков из природных поселений Черного моря такой размер близок к предельному [3]. Товарными принято считать гребешки *F. glaber* высотой раковины более 50 мм [5]. Благодаря высоким темпам роста этот вид является перспективным для мариккультуры Черного моря.

¹⁾ Скарлато О. А. Класс двустворчатые моллюски – Bivalvia // Определитель фауны Черного и Азовского морей / Отв. ред. В. А. Водяницкий. Киев : Наукова думка, 1972. Т. 3. С. 178–249.

²⁾ Красная книга Республики Крым : животные. Симферополь : АРИАЛ, 2015. 440 с.

Черноморский гребешок – синхронный гермафродит. Гонада двухцветная: мужская часть гонады – кремового цвета, женская – оранжевого цвета. Размножается в июне – июле. Нерест порционный. Половозрелыми черноморские гребешки становятся в первый год жизни [6].

По данным Н. Берик [6], плоский гребешок *F. glaber*, выращиваемый в проливе Чанаккале (северная часть Эгейского моря), также размножается в июне – июле. У гребешка *F. glaber* из северо-западной части Адриатического моря отмечают два периода нереста: в апреле – мае и с июня по сентябрь (с максимальными значениями гонадосоматического индекса в июне) [5].

Выращивание *F. glaber ponticus* у Крымского побережья Черного моря находится на начальном этапе, поэтому очень мало данных о биотехнике культивирования данного вида и его питательных свойствах.

Цель работы состоит в изучении сезонной динамики линейного роста, определении зависимости общего веса от высоты раковины и оценки индексов товарного качества (выход мяса (ВМ), индекс кондиции (ИК) и гонадосоматический индекс (ГСИ)) черноморского гребешка *F. glaber ponticus* при садковом выращивании как перспективного объекта для марикультуры.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследований послужил спат гребешка, собранный в выростных садках с гигантской устрицей *S. gigas*, выращиваемой на устричной ферме (внешний рейд Севастопольской бухты: 44°37'13,4" с. ш.; 33°30'13,6" в. д.). После чего моллюсков доращивали в подвесной культуре на глубине 3–5 м в течение 2.5 года.

Динамику роста и определение общего веса гребешков разного возраста (от 0.5 до 2.5 года) изучали в течение года, отбирая ежемесячно по 10 экз. Моллюсков очищали от организмов-обрастателей, промывали в морской воде и определяли размерно-весовые характеристики [7]. Длину (L , мм), высоту (H , мм), ширину (D , мм) раковины *F. glaber ponticus* измеряли с помощью цифрового штангенциркуля (ШЦ-1 «Зубр») с точностью до 0.01 мм. Общий живой вес гребешка ($W_{\text{общ}}$, г – общий вес с мантийной жидкостью), вес мягких тканей ($W_{\text{м.тк}}$, г), вес гонад ($W_{\text{гон}}$, г) определяли согласно методике [7] на электронных весах (*OHAUS*) с точностью до 0.01 г.

Сухой вес мягких тканей и сухой вес гонад определяли на электронных весах *AXIS ANG200C* (до 0.0001 г) после высушивания в термостате до постоянного сухого веса при температуре 60 °С в течение 48 ч. Индексы (%) ИК, ВМ и ГСИ высчитывали по формулам [8]:

$$\text{ИК} = \text{сырой вес мягких тканей (г)} / \text{вес створки (г)} \cdot 100;$$

$$\text{ВМ} = \text{сырой вес мягких тканей (г)} / \text{общий живой вес (г)} \cdot 100;$$

$$\text{ГСИ} = \text{сырой вес гонад (г)} / \text{сырой вес мягких тканей (г)} \cdot 100.$$

Содержание влаги в пробе определяли как разницу веса до и после высушивания в термостате при температуре 60 °С до постоянного веса и представляли в процентах. Зольность определяли методом сжигания образцов в муфельной печи «ТЕМОС-Экспресс» при температуре 600 °С в течение 2 ч³⁾.

³⁾ Official Methods of Analysis of the AOAC International / Edited by W. Horwitz. Gaithersburg, USA : 2000.

Средние значения линейных и весовых параметров и доверительные интервалы были подсчитаны в программе *Excel*.

Эмпирические данные линейного роста аппроксимировали по модели роста Бергаланфи – уравнению Форда – Уолфорда [9, 10]

$$H_t = H_\infty \cdot (1 - e^{-kt}),$$

где H_t – фактический размер особи, мм, в возрасте t , годы; H_∞ – теоретически максимальная высота раковины, мм; k – константа роста, год⁻¹; e – основание натурального логарифма (2.71828...).

Результаты и обсуждение

В результате анализа размерно-частотных распределений получены модальные размеры моллюсков в возрастных группах 0.5–2.0 года, которые были использованы для составления модели линейного роста. Высота раковины спата гребешка сразу после метаморфоза личинок – 0.3 мм⁴⁾. Значения параметров данного уравнения находили графическим способом. Для построения графика средние значения высоты раковин гребешка в возрасте t откладывали на оси абсцисс, в возрасте $t + 1$ – на оси ординат (рис. 1).

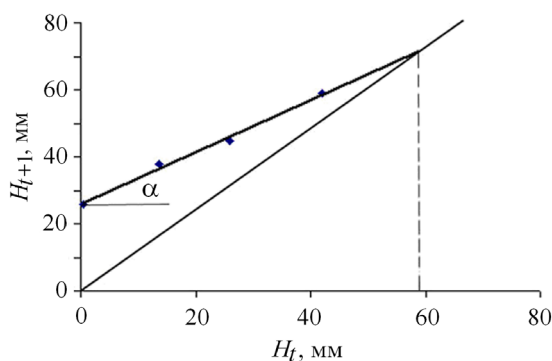
Данные точки расположились на одной прямой. Место пересечения прямой с биссектрисой прямого угла определяет теоретически максимальный размер особи в поселении. На рис. 1 линия пересекает биссектрису на уровне 57.0 мм. Угол наклона ($\alpha = 26^\circ$) позволяет оценить константу роста:

$$k = -\lg \operatorname{tg} \alpha / \lg e,$$

где $\operatorname{tg} \alpha$ – тангенс угла наклона прямой, который равен 0.4877, тогда $k = -\lg 0.4877 / 0.4343 = -0.3118 / 0.4343 = -0.718$. Получаем зависимость

$$H_t = 57.0 \cdot (1 - e^{0.718t}),$$

$$0.5 \leq t \leq 2.0.$$



По этой формуле рассчитали теоретически ожидаемые средние значения высоты раковины гребешков (таблица).

Формула адекватно описывает линейный рост моллюсков. Так, для возраста 1.5 и 2.0 года теоретически ожидаемые модальные классы полностью совпадают с фактическими средними значениями высоты раковины.

Рис. 1. Графическое определение параметров уравнения Бергаланфи

Fig. 1. Graphical determination of parameters of the von Bertalanffy growth equation

⁴⁾ Захваткина К. А. Личинки двусторчатых моллюсков – *Bivalvia* // Определитель фауны Черного и Азовского морей / Отв. ред. В. А. Водяницкий. Киев : Наукова думка. 1972. Т. 3. С. 250–270.

Параметры уравнения роста гребешка *Flexopecten glaber ponticus* и модальные размеры моллюсков возраста от 0.5 года до 2 лет

Parameters of the growth equation for the scallop *Flexopecten glaber ponticus* and theoretically expected modal sizes of mollusk specimens aged 0.5–2 years

t , годы / t , years	k_t	e^{-kt}	$1 - e^{-kt}$	H_t (теоретически ожидаемые), мм H_t (theoretically expected), mm	$H \pm i$ (фактиче- ские), мм / $H \pm i$ (actual), mm
0.5	0.359	0.698	0.302	17.21	13.71 ± 0.76
1.0	0.718	0.487	0.513	29.24	25.88 ± 0.67
1.5	1.077	0.341	0.659	37.56	37.96 ± 0.75
2.0	1.436	0.238	0.762	43.43	42.12 ± 1.02

Примечание: $\pm i$ – доверительный интервал, мм.

Note: $\pm i$ – confidence interval, mm.

Зависимость среднего значения высоты раковины (H , мм) гребешка от возраста ($0.5 \geq t \geq 2.5$) также описывается линейной функцией с высоким значением коэффициента корреляции ($r = 0.9841$):

$$H = 19.514 t + 4.8472.$$

График зависимости представлен на рис. 2.

С увеличением высоты раковины общий вес гребешка экспоненциально увеличивался (рис. 3).

Результаты наших исследований показали, что зависимость сырого веса мягких тканей от общего живого веса черноморского гребешка описывается линейной функцией (рис. 4).

Значения весовых показателей (ВМ, ИК и ГСИ) *F. glaber ponticus* являются индикаторами товарного качества моллюсков. Весовые показатели могут изменяться в зависимости от сезона, наличия корма и его доступности, стадий репродуктивного цикла и являются результатом сложного взаимодействия между этими факторами [11]. Эти показатели отражают экофизиологические особенности моллюсков (процессы гаметогенеза и метаболизма) и имеют большое значение при сборе товарной продукции.

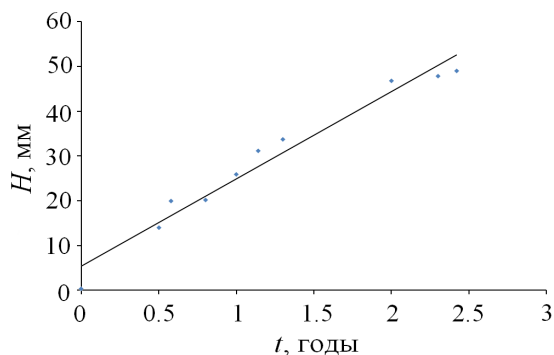
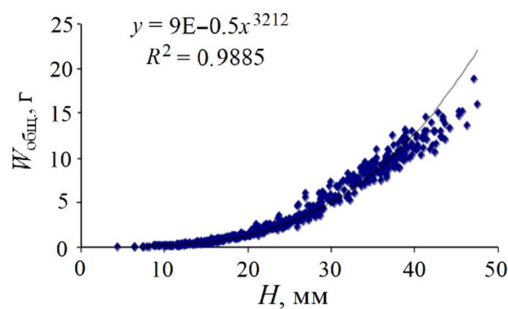


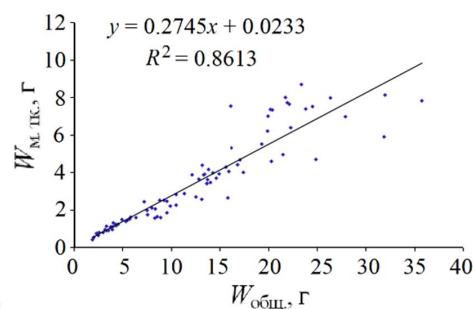
Рис. 2. Динамика роста гребешка *Flexopecten glaber ponticus* при садковом выращивании

Fig. 2. Dynamics of growth of the scallop *Flexopecten glaber ponticus* during cage farming



Р и с . 3 . Зависимость общего веса гребешка *Flexopecten glaber ponticus* от высоты раковины

F i g . 3 . Dependence of the total weight of the scallop *Flexopecten glaber ponticus* on the shell height



Р и с . 4 . Зависимость сырого веса мягких тканей от общего веса черноморского гребешка *Flexopecten glaber ponticus*

F i g . 4 . Correlation of the soft tissue wet weight with the total weight of the Black Sea scallop *Flexopecten glaber ponticus*

Установлено, что изменение весовых показателей гребешка *F. glaber ponticus* носит сезонный характер. Максимальные значения ИК и ВМ отмечены в апреле и составили соответственно $63.40 \pm 6.54 \%$ и $33.01 \pm 5.06 \%$ ($p = 0.05$), тогда как минимальные значения этих показателей установлены для октября: $41.39 \pm 5.15 \%$ и $22.71 \pm 2.80 \%$ (рис. 5). Увеличение ИК с января по май, очевидно, связано с динамикой созревания гонад. Значения ИК резко снижались в июне в период нереста и оставались низкими с июля по декабрь. С января по апрель значения ВМ увеличивались вследствие увеличения веса соматических тканей. Затем эти показатели снижались в период нереста и оставались низкими в период покоя. В апреле – июне процессы роста соматических тканей замедлялись, а ИК возрастал вследствие увеличения веса гонад. Для того же вида гребешка, выращиваемого в лагуне Чардак на берегу пролива Канаккале (Турция), получены аналогичные результаты по ВМ: 39.69% – весной и 29.96% – летом [6].

Известно, что в летне-осенний период снижение индексов ИК и ВМ обусловлено неблагоприятными гидрологическими условиями, а также снижением качественного и количественного состава фитопланктона, необходимого для соматического и генеративного роста [12]. Так, в августе в акватории мидийно-устричной фермы (место размещения выростных садков с гребешками) с прогревом воды до $25 \text{ }^\circ\text{C}$ концентрация микроводорослей снижалась до минимальных значений ($26 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$). В этот период доминировали крупноклеточные формы водорослей, которые не являются кормовыми объектами двустворчатых моллюсков [13]. Максимальные значения численности фитопланктона были характерны для февраля, когда преобладали кормовые виды микроводорослей: диатомовая *Skeletonema costatum* (Greville, 1865) и кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (Lohmann, 1967). С апреля по июль численность фитопланктона изменялась незначительно: от 100 до $124 \text{ тыс. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$.

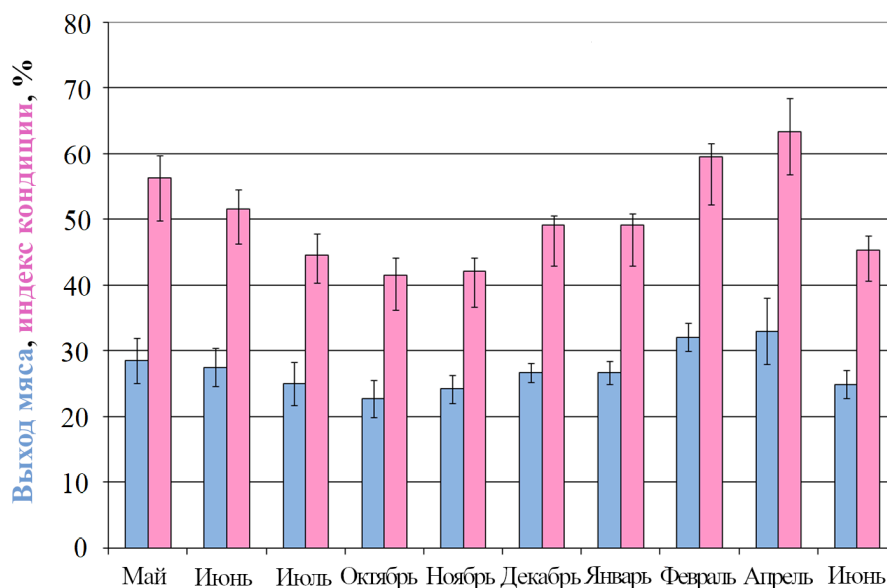


Рис. 5. Сезонная динамика средних значений индекса кондиции и выхода мяса гребешка *Flexopecten glaber ponticus* при садковом выращивании

Fig. 5. Seasonal dynamics of mean values of condition index and meat yield of the scallop *Flexopecten glaber ponticus* during cage farming

По литературным данным, сезонные колебания параметров морской воды могут негативно влиять на физиологические функции и выживаемость морских гребешков [14]. Из-за недостатка пищи метаболическая энергия перенаправляется в основном на поддержание репродуктивных процессов, что приводит к снижению значения индекса кондиции, тогда как высокая доступность пищи усиливает рост тканей и гонад [15].

Увеличение значений ГСИ гребешка с февраля (6.8 ± 1.86 %) по июнь (13.14 ± 1.52 %) с максимальным показателем в апреле (13.5 ± 1.44 %) свидетельствует о созревании гонад (рис. 6). Параллельно с развитием гонад общий вес мягких тканей гребешка также увеличивался, как и значения ИК. Нерест черноморского гребешка был отмечен в июне – начале июля, а в конце июля значение ГСИ составило 10.25 ± 2.0 %. С октября по декабрь значения ГСИ продолжали снижаться и в декабре были минимальными (5.9 ± 0.74 %).

Изменения показателей ВМ и ГСИ непосредственно связаны с репродуктивным циклом. Вес гонад перед нерестом увеличивается, а вес соматических тканей уменьшается. Известно, что гликоген, накапливаемый в аддукторе, используется в качестве источника энергии для увеличения веса гонад. Таким образом, размножение существенно влияет на вес аддуктора и, следовательно, на общий вес мягких тканей [16, 17]. К периоду размножения уменьшается относительный вес соматических тканей вследствие увеличения веса гонад [17].

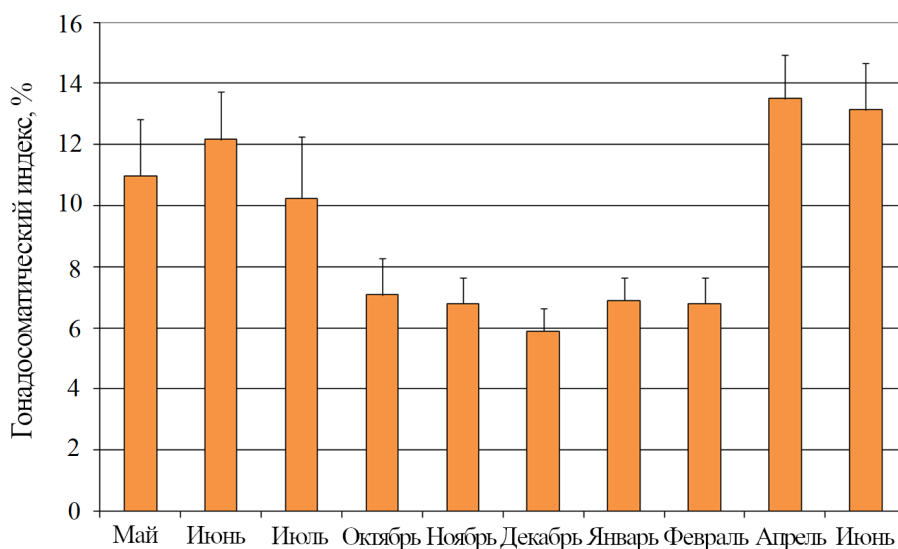


Рис. 6. Сезонная динамика ГСИ черноморского гребешка *Flexopecten glaber ponticus* при садковом выращивании

Fig. 6. Seasonal dynamics of the gonadosomatic index of the Black Sea scallop *Flexopecten glaber ponticus* during cage farming

По нашим данным, вес гонад с декабря по февраль изменялся незначительно (с 0.136 до 0.152 г). Однако с апреля по июнь вес гонад увеличился до максимальных значений (0.343 г), возможно, за счет накопления достаточного количества липидов [5]. Следовательно, высокие значения ИК в апреле обусловлены увеличением веса соматических тканей, а в июне – увеличением веса гонад. Процессы гаметогенеза зависят от биотических и абиотических факторов [18]. У моллюсков гаметогенез протекает при достаточном количестве трофического ресурса, необходимого для энергозатратного процесса размножения. При недостаточном количестве корма у моллюсков наблюдается катаболизм резервных тканей, таких как аддуктор [18]. По данным Т. Марчета [5], тенденция к уменьшению веса и содержания энергии в соматических тканях и гонадах свидетельствует о постепенном истощении энергии, запасенной в соматических тканях для использования в процессе репродукции.

Индексы ВМ, ИК и ГСИ отражают экофизиологическое состояние двустворчатых моллюсков. Изменение значений индексов существенно корректирует биотехнику выращивания и сроки сбора урожая. Показатели значений ВМ у гребешка *F. glaber ponticus* увеличивались с осени до ранней весны. Следовательно, в период нереста и после него, когда гонады гребешка освобождаются от половых продуктов и вес мягких тканей уменьшается, коммерческая ценность моллюска падает.

Доля сухого вещества в мягких тканях *F. glaber ponticus* в среднем составляла 16.5 %, а доля воды – 83.5 %. Причем максимальное содержание воды отмечено в феврале (83.81 %). Аналогичные значения получены и для других двустворчатых моллюсков: *M. galloprovincialis*, *Limaria tuberculata* (Olivi, 1792) [19].

Содержание воды в мягких тканях влияет на физические и химические характеристики моллюсков и считается хорошим показателем свежести и качества морепродуктов. Ее содержание зависит от физической структуры, поскольку вода участвует во многих физиологических процессах, таких как перенос питательных веществ, удаление отходов, передача нервных импульсов и мышечные сокращения [20].

Зависимость сухого веса мягких тканей гребешка от сырого веса выражается линейной функцией

$$W_{\text{сух.м.тк}} = 0.1601 \cdot W_{\text{сыр.м.тк}} + 0.0127, \\ 0.18 \geq W_{\text{сыр.м.тк}} \text{ г} \geq 4.42; \quad R^2 = 0.9912.$$

Содержание золы в мягких тканях черноморского гребешка, которое указывает на количество неорганических соединений в тканях, варьировало от 1.85 г / 100 г до 2.36 г / 100 г. Сходные средние значения содержания золы определены для двустворчатых моллюсков из Адриатического моря: *F. glaber* – 2.11 г / 100 г, *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758) – 2.49 г / 100 г, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) – 2.18 г / 100 г [21] и Средиземного моря: *M. galloprovincialis* – 2.62 г / 100 г [19].

Заключение

В последние годы популяция черноморского гребешка *F. glaber ponticus* восстанавливается, в результате чего количество осевшего спата увеличивается, что позволяет исследовать линейные и весовые параметры. При выращивании в подвесной культуре вес черноморского гребешка увеличивался экспоненциально с увеличением высоты раковины. Промысловые показатели моллюска изменялись в зависимости от сезона. Самые высокие значения ИК и ВМ отмечены с декабря по апрель (49.13–63.4 и 26.71–33.01 % соответственно), а самые низкие – в летние месяцы. Максимальные значения ГСИ были получены в июне в преднерестовый период. Следовательно, зимне-весенний период может быть оптимальным для сбора урожая черноморского гребешка товарного размера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Global production of marine bivalves. Trends and challenges / J. W. M. Wijsman [et al.] // Goods and Services of Marine Bivalves / Edited by A. Small [et al.]. Springer : Cham, 2019. P. 7–26. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96776-9_2
2. Bioactive fatty acids of three commercial scallop species. / E. Prato [et al.] // International Journal of Food Properties. 2018. Vol. 21, iss. 1. P. 519–532. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1425703>
3. Рост и морфометрические особенности гребешка *Flexopecten glaber* (Bivalvia: Pectenidae) при садковом выращивании у берегов Крыма (Черное море) / Н. К. Ревков [и др.] // Ruthenica: Русский малакологический журнал. 2021. Т. 31, № 3. С. 127–138. EDN HWBJLF. [https://doi.org/10.35885/ruthenica.2021.31\(3\).3](https://doi.org/10.35885/ruthenica.2021.31(3).3)
4. Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Мейоз, эмбриональное и личиночное развитие черноморского гребешка *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) (Bivalvia, Pectinidae) // Морской биологический журнал. 2017. Т. 2, № 4. С. 50–57. EDN YKZKTC. <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.4.05>

5. Overview of the biology of *Flexopecten glaber* in the North Western Adriatic Sea (Italy): A good candidate for future shellfish farming aims? / T. Marceta [et al.] // *Aquaculture*. 2016. Vol. 462. P. 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.04.036>
6. Berik N., Çankirilgil E. C., Gülc G. Meat yield and shell dimension of smooth scallop (*Flexopecten glaber*) caught from Çardak Lagoon in Canakkale, Turkey / E. C. Cankirilgil [et al.] // *Journal of Aquaculture and Marine Biology*. 2017. Vol. 5, iss. 3. 00122. <https://doi.org/10.15406/jamb.2017.05.00122>
7. Рост и возраст / А. Ф. Алимов [и др.] // *Методы изучения двустворчатых моллюсков* / Под ред. Г. Л. Шкорбатова, Я. И. Старобогатова. Ленинград : ЗИИ, 1990. С. 121–141.
8. Okumus I., Stirling H. P. Seasonal variations in the meat weight, condition index and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis* L.) in suspended culture in two Scottish sea lochs // *Aquaculture*. 1998. Vol. 159, iss. 3–4. P. 249–261. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00206-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00206-8)
9. Walford L. A. A new graphic method of describing the growth of animals // *The Biological Bulletin*. 1946. Vol. 90, iss. 2. P. 106–109. <https://doi.org/10.2307/1538217>
10. Заика В. Е. Аллометрия раковины двустворчатых моллюсков // *Морской экологический журнал*. 2004. Т. 3, № 1. С. 47–50. EDN UBNHFX.
11. Meat yield, condition index, and biochemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) in Sinop, South of the Black Sea / M. Y. Çelik [et al.] // *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2012. Vol. 21, iss. 3. P. 198–205. <https://doi.org/10.1080/10498850.2011.589099>
12. Biandolino F., Prato E., Caroppo C. Preliminary investigation on the phytoplankton contribution to the mussel diet on the basis of fatty acids analysis // *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2008. Vol. 88, iss. 5. P. 1009–1017. <https://doi.org/10.1017/S0025315408001598>
13. Поспелова Н. В., Приймак А. С. Особенности питания мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam., культивируемой в прибрежье Крыма // *Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН*. 2021. Т. 6, № 1. С. 24–34. EDN IWZPSQ. <https://doi.org/10.21072/eo.2021.17.03>
14. Analysis of the seasonal impact of three marine bivalves on seston particles in water column / M. A. Rahman [et al.] // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2020. Vol. 522. 151251. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.151251>
15. Delgado M., Camacho A. P. Histological study of the gonadal development of *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia) and its relationship with available food // *Scientia Marina*. 2005. Vol. 69. P. 87–97. URL: <https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/download/235/232/232> (date of access: 20.04.2024).
16. Seasonal antioxidant and biochemical properties of the Northern Adriatic *Pecten jacobaeus* / N. Topić Popović [et al.] // *PLoS ONE*. 2020. Vol. 15, iss. 3. e0230539. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230539>
17. Veske E., Çankirilgil E. C., Yavuzcan H. Seasonal proximate composition, amino acid and trace metal contents of the great Mediterranean scallop (*Pecten jacobaeus*) collected from the Gulf of Antalya // *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*. 2022. Vol. 7, iss. 3. P. 358–366. <https://doi.org/10.35229/jaes.1111135>
18. Metabolic capacities and immunocompetence of sea scallops (*Placopecten magellanicus*, Gmelin) at different ages and life stages / N. Pichaud [et al.] // *Journal of Shellfish Research*. 2009. Vol. 28. P. 865–876. <https://doi.org/10.2983/035.028.0416>

19. Nutritional quality of edible marine bivalves from the southern coast of Italy, Mediterranean Sea / F. Biandolino [et al.] // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2019. Vol. 69, iss. 1. P. 71–81. <https://doi.org/10.31883/pjfn-2019-0001>
20. *Aberoumad A., Pourshafi K.* Chemical and proximate composition properties of different fish species obtained from Iran // World Journal of Fish and Marine Sciences. 2010. Vol. 2, iss. 3. P. 237–239. URL: [https://www.idosi.org/wjfms/wjfms2\(3\)10/12.pdf](https://www.idosi.org/wjfms/wjfms2(3)10/12.pdf) (date of access: 20.04.2024).
21. Variations in nutritive composition of three shellfish species / J. Pleadin [et al.] // Italian Journal of Food Sciences. 2019. Vol. 31. P. 716–730. <https://doi.org/10.14674/IJFS-1502>

Поступила 09.01.2024 г.; одобрена после рецензирования 26.02.2024 г.; принята к публикации 27.03.2024 г.; опубликована 25.06.2024 г.

Об авторах:

Ладыгина Людмила Владимировна, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **SPIN-код: 8959-3841**, lvladygina@yandex.ru

Пиркова Анна Васильевна, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **SPIN-код: 4184-7533**, avpirkova@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Ладыгина Людмила Владимировна – обработка материала, анализ и обсуждение результатов, написание текста рукописи

Пиркова Анна Васильевна – обработка материала, анализ и обсуждение результатов, редактирование рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.