

УДК 594.124.591.134 262(5)

К ВОПРОСУ ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОЦЕССОВ ДЫХАНИЯ И ПИТАНИЯ ЧЕРНОМОРСКОЙ МИДИИ (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK)

А. П. Золотницкий¹, Н. А. Сытник², В. А. Горбенко²

¹Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»),
Керченский филиал, Керчь 298300, Россия

²Керченский государственный морской технологический университет (ФГБОУ ВО «КГМТУ»),
Керчь 298309, Россия

E-mail: apz@kerch.net; amtek-kerch@mail.ru; lerkaoo@yandex.ru

Аннотация. Исследована взаимосвязь скорости фильтрации и дыхания черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck) при различной температуре воды в Керченском проливе. Определены количественные параметры степенных уравнений, связывающие зависимость исследованных функций от массы тела в интервале температуры воды 7–14 °С. В указанном интервале температур интенсивность фильтрации (I_F) и потребления кислорода (I_R) возрастают, тогда как отношение F/R (индекс фильтрационной активности) варьирует в сравнительно незначительных пределах — от 7,97 до 8,39. Устойчивое соотношение интенсивности фильтрации и дыхания в ходе естественного сезонного ритма свидетельствует о синхронности изменений интенсивности фильтрации и метаболизма в условиях изменяющейся температуры воды.

Ключевые слова: черноморская мидия, скорость фильтрации, интенсивность дыхания, индекс фильтрации

ON THE SUBJECT OF INTERDEPENDENCE BETWEEN THE RESPIRATION AND FEEDING PROCESSES OF THE MEDITERRANEAN MUSSEL (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK)

A. P. Zolotnitskiy¹, N. A. Sytnik², V. A. Gorbenko²

¹Azov Sea Research Fisheries Institute (FSBSI “AzNIIRKH”), Kerch Branch, Kerch 298300, Russia

²Kerch State Maritime Technological University (FSBEI HE “KSMTU”), Kerch 298309, Russia

E-mail: apz@kerch.net; amtek-kerch@mail.ru; lerkaoo@yandex.ru

Abstract. The interdependence between filtering rate and respiration of the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck) under various water temperature conditions was studied in the Kerch Strait. The quantitative parameters of the power equations, which draw a relation between the dependence of the studied function from the body mass in the water temperature range 7–14 °C, were determined. In the indicated temperature range, the intensity of filtration (I_F) and of oxygen intake (I_R) increase, whereas the ratio F/R (filtering rate index) varies in relatively insignificant range — from 7.97 to 8.39. Stable relation between the filtration and respiration rates in the course of natural seasonal rhythm is indicative of synchronicity of changes in filtering and metabolic rates in the context of changing water temperature.

Keywords: Mediterranean mussel, filtering rate, respiration rate, filtering index

ВВЕДЕНИЕ

Черноморская (средиземноморская) мидия (*Mytilus galloprovincialis*) является важнейшим объектом мировой аквакультуры (Состояние мирового рыболовства..., 2013). Этот вид характеризуется широкой

экологической пластичностью, высоким продукционным потенциалом, определенной устойчивостью к паразитарным и инфекционным заболеваниям, а также хорошими вкусовыми качествами. Несмотря на весьма значительное число работ, посвященных изучению различных аспектов жизнедеятельности мидии в Азово-Черноморском бассейне (Золотницкий, 2004; Холодов и др., 2010), ряд вопросов остались малоизученными.

Одним из таких вопросов является исследование количественной взаимосвязи процессов фильтрации и дыхания этого вида моллюсков, которые тесно взаимосвязаны между собой. Указанные функции чрезвычайно важны для жизнедеятельности моллюсков, поскольку уровень потребления кислорода характеризует энергетические траты организма на процессы жизнедеятельности, а скорость фильтрации определяет величину суточного рациона моллюсков (Алимов и др., 2013).

В задачу настоящей работы входило количественное исследование взаимосвязи процессов дыхания и фильтрации мидии и их изменение при различной температуре воды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследования служили мидии, длиной 5–73 мм и живой массой (со створкой) 0,04 до 38,4 г, собранные в Керченском проливе. Опыты проводили при температуре 7 и 14 °С и солености 13,4–14,7 ‰. Изучение скорости потребления кислорода моллюсками проводили методом замкнутых сосудов. Продолжительность опыта также составляла 2,8–3,0 часа, исходная концентрация кислорода варьировала в пределах 6,8–8,1 мл₂/л. Содержание исходного и потребленного моллюсками кислорода определяли йодометрическим методом Винклера (Ивлева, 1981). Скорость потребленного кислорода (R , мл O_2 /час экз.) определяли по формуле:

$$R = \frac{(R_0 - R_t)}{n \cdot t} \cdot V, \quad (1)$$

где R_0 и R_t — соответственно, исходное и конечное содержание кислорода в опытном респирометре, n — число животных в опыте, t — продолжительность опыта (час.). При анализе материалов учитывали лишь результаты экспериментов, в которых содержание кислорода в респирометрах за время опыта снижалось не более чем на 25 % от исходной величины.

Изучению скорости фильтрации мидий проводили после освобождения их желудочно-кишечного тракта от содержимого в сосудах с профильтрованной морской водой. В качестве корма использовали диатомовую микроводоросль *Nitzshia sp.* Опыты проводили в аквариумах, объемом 2–30 дм³ (в отдельных случаях до 15 дм³), в зависимости от размера и числа особей в опыте. Фильтрационную активность моллюсков определяли непрямым методом по разнице концентрации корма в начале и конце опыта. Скорость фильтрации определяли по формуле Голда (Алимов, 1981):

$$F = \frac{\ln K_0 - \ln K_t}{n \cdot t} \cdot V, \quad (2)$$

где F — скорость фильтрации (л/экз. час), K_0 и K_t — начальная и конечная концентрация водорослей (мг/л), V — объем сосуда (л), n — число моллюсков в опыте, t — продолжительность опыта (час.). При статистическом анализе полученных данных использовали результаты опытов, где концентрация водорослей уменьшилась не более чем на 25 % от исходной плотности взвеси. Продолжительность опытов составляла 2,8–3 часов.

Зависимость скорости фильтрации и дыхания от массы тела при данной температуре воды описывались степенной функцией:

$$R(F) = R_1(F_1) \cdot W^{m(k)}, \quad (3)$$

где $R(F)$ — соответственно, сухая масса тела и искомая функция (фильтрация или дыхание), $R_1(F_1)$ и $m(k)$ — коэффициенты пропорциональности и регрессии. После завершения опыта моллюсков подвергали биологическому анализу (определяли длину животного, общую массу, массу мягких тканей, пол, стадию зрелости).

Сухую массу тканей определяли путем высушивания ее в течение 3-х суток мягких тканей моллюсков (W , г) при температуре 65 °С.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли по общепринятым методам, с помощью компьютерной статистической программы «Statistica-10» и электронных таблиц «Excel-2007».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение скорости потребления кислорода (дыхания) мидий показало, что как и у других видов двусторчатых моллюсков, зависимость скорости дыхания (R) от сухой массы тела (W) в разные сезоны года также хорошо аппроксимируется степенной функцией (3). При $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость потребления кислорода имела следующий вид:

$$R = (0,215 \pm 0,027) \cdot W^{0,717 \pm 0,34}, n = 20, R^2 = 0,785 \quad (4).$$

С возрастанием температуры до $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость дыхания мидий возросла, коэффициенты R_f и n , соответственно, составили $0,345$ и $0,678$.

Изучение скорости фильтрации в зависимости от массы тела в исследованном диапазоне температур показало, что связь скорости фильтрации с сухой массой тела (при температуре $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и солёности ($S = 14,3\text{ }‰$) в Керченском проливе выражается уравнением:

$$F = (1,84 \pm 0,095) \cdot W^{0,50 \pm 0,068}, n = 19, R^2 = 0,763 \quad (5).$$

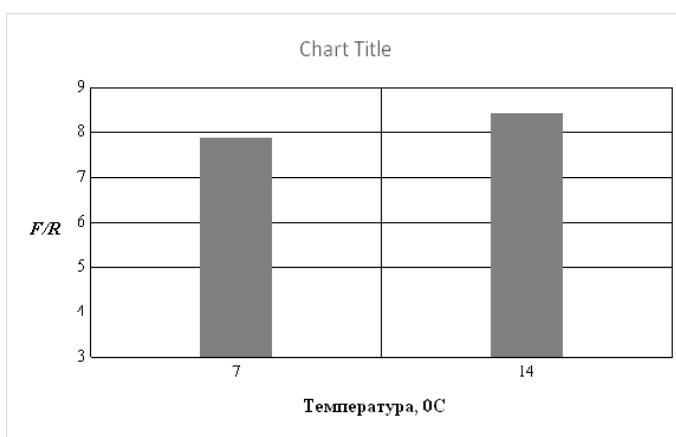
При возрастании температуры воды скорость фильтрации существенно возрастала, о чем свидетельствует заметное увеличение коэффициента пропорциональности и регрессии. Параметры уравнения, связывающие зависимость между скоростью фильтрации и сухой массой тела мидий, при температуре $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляли, соответственно, $2,81$ и $0,57$.

В зависимости от сезона года значения скоростей дыхания и фильтрации существенно изменялись: с повышением температуры воды происходило заметное возрастание не только коэффициента пропорциональности F_f и R_f , но и изменение коэффициента регрессии n и m . Это обусловлено тем, что опыты проводились на особях разного размера и массы, а также при различных значениях температуры, что и обусловило разные значения коэффициентов пропорциональности и регрессии полученных уравнений.

Сравнение интенсивности физиологических функций возможно лишь при равенстве констант m и n (Алимов, 1981; Vahl, 1973). Для оценки взаимосвязи интенсивности дыхания и фильтрации необходимо было провести корректировку значений R и F при разных температурных режимах. Для этого в настоящее время широко используется следующее уравнение (Вауне, 1983):

$$Y_{st} = Y_e / X_e^{kn}, \quad (6)$$

где Y_{st} и Y_e — стандартизированное и экспериментальное значение исследуемой функции (в данном случае R или F); X_{st} и X_e — стандартизированное и экспериментальное значение аргумента (стандартизированное значение масса тела — X_{st} обычно принимается равной 1); $m(k)$ — коэффициенты регрессии, связывающие скорость данного физиологического процесса с массой тела. После нормировки и преобразования исходных данных были рассчитаны значения интенсивности фильтрации (I_f) и дыхания (I_R) для каждой опытной группы.



Изменение индекса фильтрации черноморской мидии при температуре 7 и $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ (вертикальные линии — 95 % доверительный интервал)

Обнаружено, что интенсивность потребления кислорода в интервале 7 и $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ возросла с $0,242$ до $0,368$ мл O_2 /час·г, тогда как интенсивность фильтрации увеличилась с $1,93$ до $3,04$ л/час·г. В то же время величина индекса фильтрации (F/R) при каждой исследованной температуре воды достоверно не различалась (рисунок).

Из представленного рисунка видно, что индекс фильтрации ($I = F/R$) варьирует в сравнительно небольших пределах $7,87$ – $8,44$ л/мл O_2 , в среднем составляя $8,16$ л/мл O_2 .

О существовании взаимосвязи между интенсивностью дыхания и фильтрации у различных видов моллюсков известно из других работ.

В монографии А.Ф. Алимова (1981) отмечено, что у морских двустворчатых моллюсков коэффициент фильтрации может достигать 14–16 л/млО₂. Например, в работе, посвященной исследованию энергетического бюджета средиземноморской мидии — *Mytilus galloprovincialis* — испанскими учеными было показано, что индекс фильтрации (конвекции) в зависимости от размера и массы моллюсков колеблется в пределах 4–10 л/млО₂ (Camacho, Labarta, 2000). В исследованиях на калифорнийской мидии (*Mytilus californianus*) обнаружено, что этот индекс близок к 4 (Gosling, 2003).

В работах, выполненных на других видах, многие авторы приводили более высокие значения этого коэффициента. Например, Валь (Vahl, 1973) показал, что у кардиума (*Cardium edule*) соотношение *F/R* колеблется между 5 и 10, а Юкихира с соавт. (Yukihira, Lucas, Klumpp, 2000) определили, что у жемчужницы (*Pinctada maxima*) значение индекса фильтрации может достигать 10–12 л/млО₂. В значительной степени эти различия обусловлены особенностями биологии и экологии различных видов моллюсков.

Таким образом, с возрастанием температуры воды интенсивность потребления кислорода (I_r) возрастает, причем этот процесс сопровождается возрастанием интенсивности фильтрации (I_f). В то же время индекс фильтрации *F/R* в области исследованных температур варьирует в незначительных пределах — от 7,87 до 8,44 л/млО₂, в среднем составляя 8,16 л/млО₂.

Полученные данные свидетельствуют о достаточно близкой синхронности изменений скорости фильтрации и метаболизма у мидии в условиях изменяющейся температуры воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. Л.: Наука, 1981. 248 с.
- Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. Продукционная гидробиология. М.: Наука, 2013. 340 с.
- Золотницкий А.П. Биологические основы культивирования промысловых двустворчатых моллюсков (Bivalvia, Mytiliformes) в Черном море : автореф. дис.... докт. биол. наук. К.: Институт гидробиологии, 2004. 39 с.
- Ивлева И.В. Температура среды и скорость энергетического обмена у водных животных. К.: Наукова думка, 1981. 232 с.
- Состояние мирового рыболовства и аквакультуры в 2012 г. Рим. ФАО. 2013. 237 с.
- Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море / Институт биологии южных морей НАНУ / ред. акад. В.Н. Еремеев. Севастополь. 2010. 424 с.
- Bayne B.L. Comparisons of measurements of clearance rates in bivalve mollusks. Mar. Ecol. Prog. Ser. 1983. Vol. 276. Pp. 305–306.
- Camacho A.P., Labarta U., Navarro E. Energy balance of mussels *Mytilus galloprovincialis*: the effect of length and age. Mar. Ecol. Prog. Ser. 2000. Vol. 199. Pp. 149–158.
- Gosling E. Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture. Fish. News Books, Oxford, 2003. 443 p.
- Vahl O. Porosity of the gill, oxygen consumption and pumping rate in *Cardium edule* (L.) (Bivalvia). Ophelia. 1973. 10. Pp. 109–118.
- Yukihira H., Lucas J.S., Klumpp D.V. Comparative effects of temperature on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 2000. 195. Pp. 179–188.