Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics
Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

انجمن علمی ماهیان زینتی ایران
Iranian Ornamental Fish Society (IOFS)

(OPEN ACCESS)

Bioenergetic Responses (SFG) of Black-Lip Oyster (*Pinctada margaritifera*) to Different Temperature Conditions in the Chabahar Bay, Oman Sea

Parham Farsi[*1], Babak Doustshenas[2], Rahim Abdi[3], Ahmad Savari[4], Mohammad Mansour Tootooni[5]

1. Corresponding Author, Ph.D. Student of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Khorramshahr University of Marine Sciences, Khorramshahr, Iran. E-mail: dr.parhamfarsi@gmail.com
2. Professor, Dept. of Marine Biology, Faculty of Marine and Ocean Sciences, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran. E-mail: doustshenas@kmsu.ac.ir
3. Professor, Dept. of Marine Biology, Faculty of Marine and Ocean Sciences, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran. E-mail: abdir@kmsu.ac.ir
4. Professor, Dept. of Marine Biology, Faculty of Marine and Ocean Sciences, Khorramshahr University of Marine Science andTechnology, Khorramshahr, Iran. E-mail: savari53@gmail.com
5. Assistant Professor, Dept. of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar University of Maritime and Marine Sciences, Chabahar, Iran. Iran.E-mail: m.tootooni@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 03.07.2025
Revised: 04.21.2025
Accepted: 04.24.2025

Keywords:
Black-Lip Oyster,
Chabahar Bay,
Scope for Growth Index,
Temperature

ABSTRACT

Background and Objectives: Black-lip oyster, *Pinctada margaritifera* (Linnaeus, 1758) with high nutritional value has been considered in the study of growth characteristics. The effect of Temperature on the physiological functions such as the rates of respiration, clearance and excretion and absorption efficiency play key role in the metabolism and energy balance.

Materials and Methods: SFG (scope for growth) is a physiological index; which reflects health status and the ability of adaptive responses of individuals to natural environments quality changes, particularly temperature and food. When this balance is positive, the organism has matter or energy available for growth, biomass and reproduction. This study was conducted at the pre-monsoon, winter monsoon (WM) season and post-monsoon climatological periods in Chabahar Bay, Oman sea under laboratory conditions.

Results: In this experiment, SFG values was positive at temperatures ranging from 21 °C to 28 °C observed at the post-monsoon significantly higher relative to the pre-monsoon. The results also showed that *Pinctada margaritifera* grew better in less stress conditions after winter monsoon; that is manifest as an increase in SFG index.

Conclusion: The STELLA model shows that Chabahar Bay is a favorable habitat for Black-lip oyster farming.

Cite this article: Farsi, Parham, Doustshenas, Babak, Abdi, Rahim, Savari, Ahmad, Tootooni, Mohammad Mansour, 2026. Bioenergetic Responses (SFG) of Black-Lip Oyster (*Pinctada*

margaritifera) to Different Temperature Conditions in the Chabahar Bay, Oman Sea. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (4), 183-193.

© The Author(s).
Doi: 10.22069/japu.2025.23409.1936
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۴۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳۴۵-۴۲۸۸

پاسخ‌های انرژی زیستی (SFG) صدف لب‌سیاه (*Pinctada margaritifera*) به شرایط دمایی متفاوت در خلیج چابهار، دریای عمان

پرهام فارسی*[۱]، بابک دوست‌شناس[۲]، رحیم عبدی[۳]، احمد سواری [۴]، محمد منصور توتونی [۵]

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران. رایانامه: dr.parhamfarsi@gmail.com

۲. استاد گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران. رایانامه: doustshenas@kmsu.ac.ir

۳. استاد گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران. رایانامه: abdir@kmsu.ac.ir

۴. استاد گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران. رایانامه: savari53@gmail.com

۵. استادیار گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران. رایانامه: m.tootooni@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۴

واژه‌های کلیدی:
خلیج چابهار،
دما،
شاخص SFG،
صدف لب‌سیاه

چکیده

سابقه و هدف: صدف لب‌سیاه *Pinctada margaritifera* (Linnaeus, 1758) با ارزش غذایی بالا در مطالعه ویژگی‌های رشد موردتوجه قرار گرفته است. فاکتور دما با تأثیر بر عملکردهای فیزیولوژیک مانند میزان تنفس، فیلتراسیون و دفع و بازده جذب نقش کلیدی در متابولیسم و بالانس انرژی ایفا می‌نماید.

مواد و روش‌ها: SFG (توان رشد) یک شاخص فیزیولوژیک می‌باشد که انعکاس‌دهنده وضعیت سلامت و توانایی پاسخ‌های سازشی افراد به تغییرات کیفی محیط‌های طبیعی به‌ویژه دما و غذا است. زمانی‌که این بالانس مثبت باشد؛ ارگانیسم ماده یا انرژی در دسترس را برای رشد، بیوماس و تولیدمثل دارد. این مطالعه در دوره‌های اقلیمی پیش‌مانسون، فصل مونسون زمستانه (WM) و پس‌مانسون در خلیج چابهار، دریای عمان تحت شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

یافته‌ها: در این آزمایش، مقادیر شاخص SFG در دامنه دمایی از ۲۱ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد، مثبت بود و در دوره پس‌مانسون به‌طور معنی‌داری بالاتر نسبت به دوره پیش‌مانسون مشاهده شد. هم‌چنین نتایج تشان داد که صدف *Pinctada margaritifera* رشد بهتری را در

شرایط استرس کم‌تر بعد از مونسون زمستانه داشته است که با افزایش شاخص SFG آشکار می‌شود.

نتیجه‌گیری: مدل STELLA نشان می‌دهد که خلیج چابهار، زیستگاه مطلوبی برای پرورش صدف لب‌سیاه است.

استناد: فارسی، پرهام، دوست‌شناس، بابک، عبدی، رحیم، سواری، احمد، محمدمنصور، توتونی (۱۴۰۴). پاسخ‌های انرژی زیستی (SFG) صدف لب‌سیاه (*Pinctada margaritifera*) به شرایط دمایی متفاوت در خلیج چابهار، دریای عمان. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۴ (۴)، ۱۹۳-۱۸۳.
Doi: 10.22069/japu.2025.23409.1936

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

از نظر جغرافیای زیستی نرم‌تن‌شناسی، دریای عمان و خلیج چابهار در منطقه هند- آرام قرار داشته و سواحل چابهار نیز زیستگاه گونه‌های دوکفه‌ای با ارزش تجاری و تغذیه‌ای مانند صدف *Pinctada margaritifera* می‌باشد. این گونه اندیکاتور مفیدی برای پیش‌بینی تغییر اقلیم و سلامتی محیط دریا (استرس ناشی از آلودگی) محسوب می‌شود (۱، ۲). رشد یک فرایند زیستی است که نشانگر پاسخ فیزیولوژیک و فعالیت‌های بیوشیمیایی و سلولی ارگانیسم بوده و با فاکتورهای محیطی زیستگاه در ارتباط می‌باشد (۳). اندازه‌گیری مستقیم رشد (بیومتریک) بدنی جاندار بر پایه آنالیز سایزبندی و ساختار جمعیت با توجه به وجود صدف و انجام رشد در یک دوره زمانی طولانی، ناکافی است زیرا تغییرات وزن و طول صدف‌ها (به‌خاطر رابطه ضعیف بین رشد صدف و رشد بافت) به‌طور کامل و مستقیم وابسته به‌هم نیست و رشد صدف در زمان کمبود مواد مغذی ادامه یافته درحالی‌که توده بافتی کاهش می‌یابد. بنابراین سنجش غیرمستقیم رشد (بیوانرژی) بر اساس آنالیز فیزیولوژیک بالانس (توازن) انرژی و تعیین انرژی قابل‌دسترس برای رشد، تولیدمثل (تکثیر گامت‌ها) و بیوماس می‌تواند بیانگر اطلاعات ارزشمند از پارامترهای زیست‌محیطی باشد که موجود در معرض آن‌ها قرار دارد (۳ و ۴).

شاخص انرژی رشد (SFG): توان رشد معرف توازن بین انرژی جذبی و انرژی مصرفی برای متابولیسم بوده و از مقادیر حداکثری مثبت (شرایط نرمال و اپتیمم و انرژی فراهم برای رشد)، تا حداقلی منفی (شرایط استرس شدید و عدم دسترسی به انرژی کافی و مصرف ذخایر بدن جانور برای بقا، حفظ و نگهداری متابولیسم) در نوسان است (۴ و ۵). به‌عبارت دیگر، پاسخ کمپلکس فیزیولوژیک SFG به‌عنوان نشانگر زیستی (بیومارکر) حساس، سریع و کمّی جهت پیش‌بینی نرخ رشد، تحمل شرایط اکوفیزیولوژیک، مونیتورینگ سلامتی و وجود استرسورهای محیطی (مانند اختلال در فرایند رشد بر اثر هایپوکسی یا کاهش اکسیژن محلول، آلگ‌های سمی، اسیدی‌شدن اقیانوس‌ها و گرمایش جهانی) یا طبیعی مانند کمبود یا فقدان غذا و هم کلید شکل یا انعطاف‌پذیری اکوفیزیولوژیک گونه‌های دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۶، ۷، ۸، ۲۷).

از طرفی، فاکتور فیزیکی دما و تغییرات آن، نقش محدودکننده، مستقیم و مؤثر روی پراکنش (نیچ اکولوژیک گونه‌ها)، سطح رفتار و عملکرد فیزیولوژیک (حاد کوتاه‌مدت و یا سازش طولانی‌مدت)، تنظیم ظرفیت توازن بیلان انرژی، بازده فعالیت متابولیک (مصرف اکسیژن) و در نهایت تطبیق جبرانی و سازگاری محیطی (آداپتاسیون) اویسترها دارد (۹ و ۱۰).

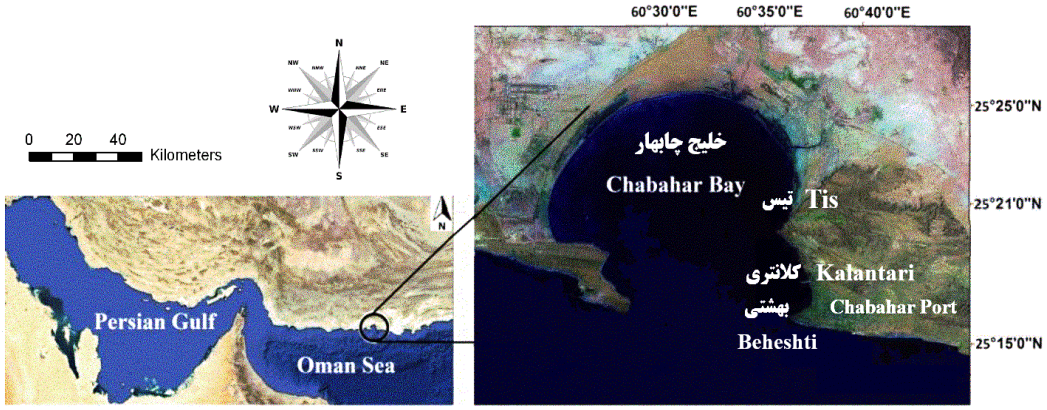
پژوهش انجام‌شده در خلیج چابهار مربوط به اثر مونسون تابستانه (SM) بر بیلان انرژی دوکفه‌ای اسکالوپ *Azumapecten ruschenbergerii* بوده که بیش‌ترین توان رشد را در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و بالاتر بودن میزان انرژی دفعی نسبت به انرژی دریافتی را در قبل از وقوع پدیده مانسون نشان داد (۱۱). پژوهش‌هایی نیز در سایر مناطق جهان روی گونه‌های مختلف نرم‌تنان منتشر شده است از جمله پژوهش‌گران با بررسی دما و اثر pH (اسیدی‌شدن آب‌ها) روی SFG و کاهش آن در پاسخ به اسیدیفیکاسیون در صدف‌های لب‌سیاه، به نقش گرم‌شدن زمین پی‌بردند و دما را متغیر تعیین‌کننده در پاسخ‌های فیزیولوژیک و بازدهی انرژی رشد دانستند (۱۹ و ۲۷). در مطالعاتی دیگر، تغذیه (کیفیت و کمیت غذا) و سطوح مختلف شوری، موثر بر سرعت متابولیسم و اپتیمم رشد ماسل‌های دریایی ارزیابی شد

(۱۳، ۳۱ و ۳۲). در برخی پژوهش‌ها نیز، تأثیر هایپوکسی و آلودگی‌های فلزات سنگین روی شاخص‌های انرژی فیزیولوژیک دوکفه‌ای‌ها، گزارش و بر ضرورت و اهمیت جلوگیری از فعالیت‌های آلوده‌زای انسانی تاکید شد (۳).

هدف از پژوهش حاضر، محاسبه و مقایسه انرژی رشد فیزیولوژیک (SFG) به‌عنوان اندیکاتور پاسخ‌های انرژی زیستی، چگونگی انعطاف‌پذیری فیزیولوژیک صدف *Pinctada margaritifera* تحت شرایط دمایی متغیر و استفاده از داده‌های بیوانرژی در ارائه مدل اکوفیزیولوژیک رشد و پیش‌بینی آن در سواحل خلیج چابهار در دریای عمان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خلیج چابهار با میانگین عمق ۶ متر تحت‌تأثیر فصل بادهای موسمی (مانسون) اقیانوس هند قرار دارد. بنادر و اسکله‌های نمونه‌برداری عبارتند از تیس، کلانتری و بهشتی (مختصات جغرافیایی: طول‌های شرقی ′۳۷-′۳۵°۶۰ و عرض‌های شمالی ′۲۱-′۱۷°۲۵) که انتخاب آنها بر اساس شرایط محیطی، پدیده مانسون و وجود جوامع *Pinctada margaritifera* صورت گرفت. انتخاب گونه هم با توجه به تحرک کم، پراکنش وسیع (بومی) و قابل دسترس بودن انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه مناطق نمونه‌برداری مورد مطالعه.

Figure 1. Map of the three sampling locations.

ابتدا نمونه‌ها (صدف‌ها) با غواصی از نواحی زیر جزر و مدی صخره‌ای و مرجانی در اعماق ۲ تا ۶ متر جمع‌آوری، منتقل و هوادهی شد. برای تغذیه آزمایشگاهی دوکفه‌ای‌ها از آب صاف‌شده دریا حاوی ریزجلبک‌های محیط طبیعی و فیتوپلانکتون‌های *Dunaliella*، *Spirulina* و *Tetraselmis* استفاده شد (۱۱، ۱۲ و ۱۳). با توجه به معادله بالانس انرژی (۱۴، ۱۵، ۲۵ و ۲۶)، کسر میزان انرژی خروجی تنفس و دفع از مقدار انرژی جذبی غذا برابر با انرژی ورودی در دسترس برای رشد می‌شود.

انرژی باقی‌مانده موجود برای رشد سوماتیک و تولیدمثل بر مبنای وزن خشک بدون خاکستر AFDW $J.h^{-1}g^{-1}$ (۱۴):

$$SFG = AR - (RR + ER)$$

نرخ تنفس O_2 یا میزان انرژی صرف‌شده برای تنفس RR ($j.g^{-1}h^{-1}$)

نرخ دفع NH_4^+ یا میزان انرژی هدررفته با دفع ER ($j.g^{-1}h^{-1}$)

انرژی کل جذب‌شده (دریافتی) از غذای مصرف‌شده:

$$AR = AE \times CR \times FE$$

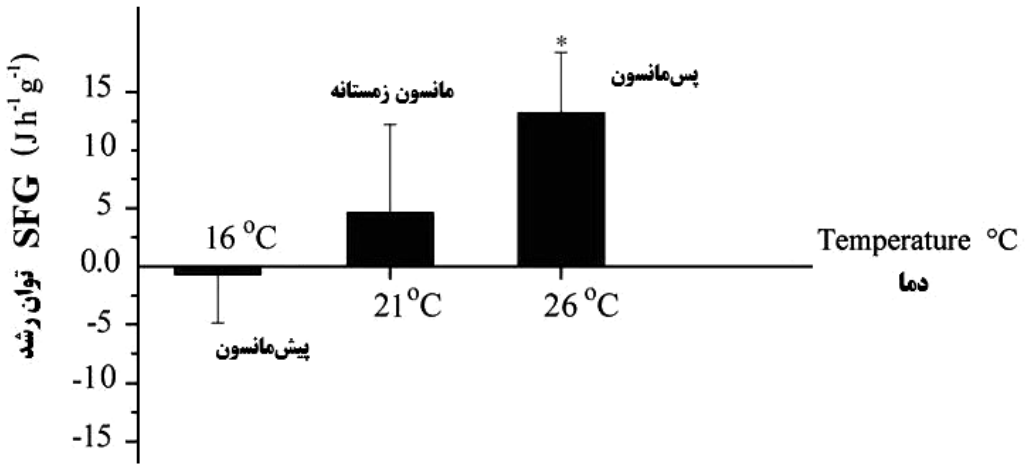
انرژی غذا (j) FE × بازده جذب غذا (٪) AE × نرخ پالایش یا میزان فیلتراسیون یا صافی‌خواری FR ($j.g^{-1}h^{-1}$) یا CR

آزمایش‌ها در سه سطح دمایی و زمانی متفاوت یعنی پنج درجه کم‌تر (۱۸-۱۶) برای قبل از مانسون، محیط طبیعی (۲۳-۲۱ درجه سانتی‌گراد) برای مونسون زمستانه و پنج درجه بالاتر (۲۸-۲۶) برای بعد از مانسون انجام و تکرار شد (۱۱).

با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، تأثیر فاکتورهای دما، زمان و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص‌های انرژی و رشد با آنالیز واریانس ANOVA، مقایسه میانگین شاخص‌ها با Tukey test و ارتباط بین آن‌ها و پارامتر دما با ضریب همبستگی Pearson توصیف شد. با نرم‌افزار مدل‌سازی STELLA[1]، یک مدل زیستی رشد و انرژی ترسیم شد (۱۶).

نتایج

شاخص SFG صدف در زمان‌های پس‌مانسون ۱۲/۹۶ ژول بر گرم بر ساعت، مونسون زمستانه ۴/۵۹ ژول بر گرم بر ساعت و پیش‌مانسون ۰/۷- ژول بر گرم بر ساعت بود. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که شاخص رشد در دمای ۲۶ °C تا ۲۸ °C زمان پس‌مانسون (مثبت) نسبت به مونسون زمستانه و پیش‌مانسون (منفی)، اختلاف معنی‌دار دارد (شکل ۲).



شکل ۲- شاخص SFG گونه *P. Margaritifera* در سه دما و سه زمان مختلف (| SE، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد).

Figure 2. SFG of *P. margaritifera* at three temperatures and three different times (pre-monsoon, winter monsoon WM, post-monsoon); * = P≤0.05.

مطابق جدول ۱، دما تأثیر معنی‌دار روی شاخص‌های انرژی رشد، میزان فیلتراسیون (کلیرانس)، تنفس، دفع و انرژی جذبی صدف در دوره بعد از پدیده مانسون داشت. همچنین رابطه مستقیم بین صعود دما (محدوده ۲۱ تا ۲۸ درجه) و بالا رفتن میزان شاخص‌های AR، CR، ER و RR دیده شد.

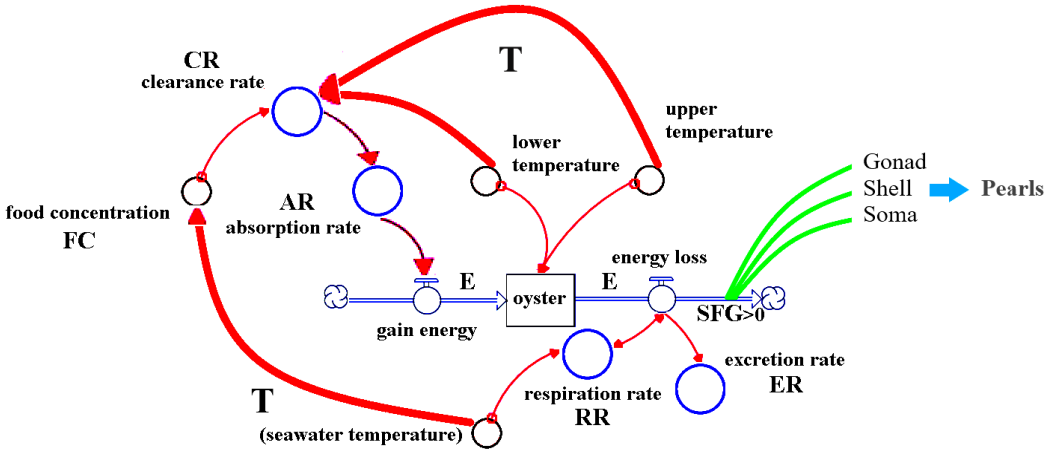
1- Systems Thinking, Experimental Learning Laboratory with Animation

جدول ۱- شاخص‌های انرژی *P. Margaritifera* در سه دما (SE ± میانگین داده‌ها، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد).

Table 1. Energy indices at three temperatures (Mean ± standard error, * Significant difference P≤0.05).

انرژی جذب‌شده AR (CR×FE×AE)	دفع ER	تنفس RR	انرژی رشد SFG	Index / دما Temp.
3.42±1.97	1.84±0.45	3.28±2.27	-0.70±0.88	16 ºC
10.30±2.87	1.39±0.68	4.32±1.14	4.59±1.05	21 ºC
21.65±3.71*	2.07±0.60*	6.62±1.57*	12.96±2.95*	26 ºC

ساختار یک مدل Stella (شکل ۳) بر پایه داده‌های ورودی از نمادهایی شامل مخزن (استوک)، جریان‌های متغیر و ثابت (مبدل) و خطوط رابط بین آن‌ها (اتصال) تشکیل شده و ارتباطات اجزای گوناگون، روابط متقابل و برهمکنش آن‌ها در یک سیستم باز، پویا و دینامیک ارائه می‌شود.



شکل ۳- بیومدل مفهومی نرخ رشد اویستر در زمان پس‌مانسون با استفاده از نرم‌افزار STELLA 6.0.

Figure 3. Conceptual Bio-Model of oyster growth rate at post-monsoon using STELLA 6.

بحث

با توجه به میانگین شاخص‌ها، افزایش معنی‌دار شاخص SFG در زمان پس‌مانسون، بیانگر کاهش استرس وارد بر صدف‌ها به دلیل دمای مناسب‌تر محیط (۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (۱۹، ۲۷ و ۲۸) و تأییدی بر میزان انرژی جذب‌شده بیش‌تر برای رشد، شرایط مطلوب‌تر زیستی و افزایش کارآیی رشد آن‌ها است (۱۷، ۱۸، ۲۹ و ۳۰). توان رشد در دماهای پایین‌تر به سمت منفی گرایش داشته و بیانگر آن بود که صدف‌ها در معرض استرس بالاتری قرار گرفته و انرژی ذخیره کم‌تری صرف رشد دارند (۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۳۳). بنابراین به نظر می‌رسد دمای آب از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر نوسان شاخص رشد اویسترها در خلیج چابهار باشد. هم‌چنین می‌توان اشاره نمود که این گونه با تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک و ظرفیت ذخیره غذا قادر به مقاومت در دامنه وسیعی از دما و به دنبال آن حفظ SFG مثبت (SFG>0) شده که شکلی از انعطاف‌پذیری فیزیولوژیک را منعکس می‌نماید (۲۰، ۲۴، ۳۴ و ۳۵). البته دسترسی به مواد مغذی در پس‌مانسون حاصل از

پدیده فراجوشی (فراچاهنده) القاشده بر اثر وزش بادهای مونسون زمستانه و امواج پرانرژی آن در ایجاد شرایط نرمال و تغذیه بهتر مؤثر خواهد بود (۳۱، ۳۲ و ۳۸). با توجه به بالانس انرژی زیر صفر صدف‌ها در پیش‌مانسون می‌توان دریافت که تحت‌تأثیر تنش دمای کاهشی، میزان کلیرانس (فیلتراسیون) پایین آمده و نرخ انرژی دفعی بالاتر از مقدار انرژی کسب‌شده است (۳۶، ۳۷ و ۳۹).

بر طبق مدل STELLA، مشاهده می‌شود که نرخ رشد و انرژی اویستر، به دما و تغییرات آن و ترکیب و غلظت غذا وابسته است و CR، ER و RR تابع دما (T) و AR تابعی از T و FC می‌باشد. به عنوان مثال درباره T و FC با نوسانات دما، حجم محلول‌ها و غلظت حل‌شونده در آن دچار تغییر می‌شود در نتیجه غلظت غذاهای محلول متأثر از دما خواهد بود. در ارتباط با مدل‌سازی اکولوژیک، مدل‌های معیار، ترکیبی از اطلاعات زیستی موجود و تصویری مفهومی از نحوه عملکرد سیستم هستند و در مواردی که مطالعات طولانی‌مدت یا دستکاری‌های تجربی امکان‌پذیر نیست (اکوسیستم‌های پیچیده اکولوژیکی – اقتصادی) می‌توانند با تفسیر وضعیت و پیش‌بینی بهینه به ایجاد راه‌حل‌های پایدار برای مشکلات زیست‌محیطی منجر شوند (۱، ۴، ۱۶ و ۴۰). بنابراین خلیج چابهار جزو زیستگاه‌های اکولوژیک مطلوب برای پرورش صدف مروارید تعریف‌شده و از سویی دیگر حفاظت از زیستگاه‌های طبیعی دوکفه‌ای‌ها مانند مرجان‌ها و سایر اکوسیستم‌های ساحلی برای تضمین پایداری تولید مروارید و حفظ تنوع زیستی ضروری می‌نماید.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، شاخص‌های انرژی رشد SFG، انرژی جذبی کل، میزان کلیرانس یا فیلتراسیون، تنفس و دفع با شرایط دمایی و زمانی مونسون زمستانه (WM) در خلیج چابهار برای اویسترهای لب‌سیاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که در پس‌مانسون با افزایش دما به‌ویژه ۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد، انعطاف‌پذیری فیزیولوژیک جهت رشد بالای SFG رخ می‌دهد. بنابراین می‌توان از بیومارکر فیزیولوژیک SFG به عنوان یک ابزار مفید سنجش زیستی، به‌روز، سالم و بی‌خطر نسبت به سنجش‌های شیمیایی معمول جهت مونیتورینگ و تشخیص استرس‌های موجود در اکوسیستم‌های دریایی مانند آلاینده‌ها، استفاده نمود. هم‌چنین کاربرد این شاخص برای زمان‌بندی مناسب و مکان‌یابی سایت‌های تکثیر و پرورش صدف‌های مرواریدساز در سواحل خلیج چابهار و دریای عمان پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Pouvreau, S., Bacher, C., & Héral, M. (2000). Ecophysiological model of growth and reproduction of the black pearl oyster, Pinctada margaritifera: potential applications for pearl farming in French Polynesia. *Aquaculture*, 186(1-2), 117-144.
2. Scarlet, M. P. J., Halldórsson, H. P., & Granmo, Å. (2015). Scope for growth and condition index in the clam Meretrix meretix as biomarkers of pollution in Espírito Santo Estuary, Mozambique. *Regional Studies in Marine Science*, 1, 63-71.
3. Aladaileh, S. (2014). The Effect of Pollution on Scope for Growth in the Pearl Oyster, Pteria aegyptiaca, in the Gulf of Aqaba, Jordan. *International Journal of Biology*, 6(2), 120.
4. Alunno-Bruscia, M., van der Veer, H. W., & Kooijman, S. A. (2011). The AquaDEB project: Physiological vibility

of aquatic animals analysed with a generic dynamic energy budget model (phase II). *Journal of Sea Research*, 66(4), 263-269.

5. Newell, R. C., & Kofoed, L. H. (1977). Adjustment of the components of energy balance in the gastropod Crepidula fornicata in response to thermal acclimation. *Marine Biology*, 44, 275-286.
6. Mouabad, A., Ait Fdil, M., Maarouf, A., & Pihan, J. C. (2001). Pumping behaviour and filtration rate of the freshwater mussel Potomida littoralis as a tool for rapid detection of water contamination. *Aquatic Ecology*, 35, 51-60.
7. Navarro, J. M., Duarte, C., Manríquez, P. H., Lardies, M. A., Torres, R., Acuna, K., & Lagos, N. A. (2016). Ocean warming and elevated carbon dioxide: multiple stressor impacts on juvenile mussels from southern Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 73(3), 764-771.
8. Tateda, Y., Sakaguchi, I., & Itani, G. (2015). Scope for growth of Mytilus galloprovincialis and Perna viridis as a thermal stress index in the coastal waters of Japan: Field studies at the Uranouchi inlet and Yokohama. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 470, 55-63.
9. Wang, Y., Li, L., Hu, M., & Lu, W. (2015). Physiological energetics of the thick shell mussel Mytilus coruscus exposed to seawater acidification and thermal stress. *Science of the Total Environment*, 514, 261-272.
10. Widdows, J., & Johnson, D. (1988). Physiological energetics of Mytilus edulis: scope for growth. *Marine Ecology Progress Series*, 46, 113-121.
11. toutouni, M. M., Savari, A., Doustshenas, B., Sakhaei, N., & Azhdari, D. (2019). The effect of monsoon on scope for growth of Azumapecten ruschenbergerii (Tryon, 1869) Bivalvia in accord with growth efficiency at Chabahar Bay (Oman Sea), laboratory experiment. *Aquatic Physiology and Biotechnology*, 7(1), 127-144.
12. Arranz, K., Labarta, U., Fernández-Reiriz, M. J., & Navarro, E. (2016). Allometric size-scaling of biometric growth parameters and metabolic and excretion rates. A comparative study of intertidal and subtidal populations of mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Hydrobiologia*, 772, 261-275.
13. Arifin, Z., & Bendell-Young, L. I. (2001). Cost of selective feeding by the blue mussel (*Mytilus trossulus*) as measured by respiration and ammonia excretion rates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 260(2), 259-269.
14. Conover, R. J. (1966). Assimilation of organic matter by zooplankton 1. *Limnology and Oceanography*, 11(3), 338-345.
15. Coughlan, J. (1969). The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions. *Marine Biology*, 2(4), 356-358.
16. Srisunont, C., Srisunont, T., & Babel, S. (2022). Development of models for sustainable green mussel cultivation under climate change events. *Ecological Modelling*, 473, e110141.
17. Beiras, R., Camacho, A. P., & Albentosa, M. (1995). Short-term and long-term alterations in the energy budget of young oyster Ostrea edulis in response to temperature change. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 186(2), 221-236.
18. Barnett, P. R. (1985). The effect of temperature on the growth of planktonic larvae of Tellina tenuis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 89(1), 1-10.
19. Chávez-Villalba, J., Soyez, C., Aurentz, H., & Le Moullac, G. (2013). Physiological responses of female and male black-lip pearl oysters (Pinctada margaritifera) to different temperatures and concentrations of food. *Aquatic Living Resources*, 26(3), 263-271.
20. Ezgeta-Balić, D., Rinaldi, A., Peharda, M., Prusina, I., Montalto, V., Niceta, N., & Sarà, G. (2011). An energy budget

for the subtidal bivalve Modiolus barbatus (Mollusca) at different temperatures. *Marine Environmental Research*, 71(1), 79-85.

21. Guzmán-Agüero, J. E., Nieves-Soto, M., Hurtado, M. Á., Piña-Valdez, P., & Garza-Aguirre, M. D. C. (2013). Feeding physiology and scope for growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) acclimated to different conditions of temperature and salinity. *Aquaculture International*, 21, 283-297.
22. Hahn, T. (2005). Respiration rates in Bithynia tentaculata (*Gastropoda: Bithyniidae*) in response to acclimation temperature and acute temperature change. *Journal of Molluscan Studies*, 71(2), 127-131.
23. Kang, H. Y., Lee, Y. J., Choi, K. S., Park, H. J., Yun, S. G., & Kang, C. K. (2016). Combined effects of temperature and seston concentration on the physiological energetics of the Manila clam Ruditapes philippinarum. *PLoS One*, 11(3), 17 p.
24. Lane, J. M. (1991). The effect of variation in quality and quantity of periphyton on feeding rate and absorption efficiencies of the snail Neritina reclivata. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 150(1), 117-129.
25. Lucas, A., & Beninger, P. G. (1985). The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 44(3), 187-200.
26. MacDonald, B. A., Bricelj, V. M., & Shumway, S. E. (2006). Physiology: Energy acquisition and utilisation. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 35, 417-492.
27. Le Moullac, G., Soyez, C., Latchere, O., Vidal-Dupiol, J., Fremery, J., Saulnier, D., & Gueguen, Y. (2016). Pinctada margaritifera responses to temperature and pH: Acclimation capabilities and physiological limits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182, 261-269.
28. Mubiana, V. K., & Blust, R. (2007). Effects of temperature on scope for growth and accumulation of Cd, Co, Cu and Pb by the marine bivalve Mytilus edulis. *Marine Environmental Research*, 63(3), 219-235.
29. Mondal, S. K. (2006). Effect of temperature and body size on food utilization in the marine pearl oyster *Pinctada fucata* (Bivalvia: Pteridae). *Indian Journal of Marine Sciences*, 35(1), 43-49.
30. Navarro, J. M., Leiva, G. E., Gallardo, C. S., & Varela, C. (2002). Influence of diet and temperature on physiological energetics of Chorus giganteus (*Gastropoda: Muricidae*) during reproductive conditioning. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 36(2), 321-332.
31. Pechenik, J. A., Eyster, L. S., Widdows, J., & Bayne, B. L. (1990). The influence of food concentration and temperature on growth and morphological differentiation of blue mussel Mytilus edulis larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 136(1), 47-64.
32. Resgalla Jr, C., Brasil, E. D. S., & Salomão, L. C. (2007). The effect of temperature and salinity on the physiological rates of the mussel *Perna perna* (Linnaeus 1758). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50, 543-556.
33. Roller, R. A., & Stickle, W. B. (1989). Temperature and salinity effects on the intracapsular development, metabolic rates, and survival to hatching of Thais haemastoma (*Prosobranchia: Muricidae*) under laboratory conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 125(3), 235-251.
34. Sarà, G., Romano, C., Widdows, J., & Staff, F. J. (2008). Effect of salinity and temperature on feeding physiology and scope for growth of an invasive species (*Brachidontes pharaonis-Mollusca: Bivalvia*) within the Mediterranean Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 363(1-2), 130-136.

35. Sobral, P., & Widdows, J. (1997). Effects of elevated temperatures on the scope for growth and resistance to air exposure of the clam Ruditapes decussatus from southern Portugal. *Scientia Marina*, 61, 163-171.
36. Xiao, B. C., Li, E. C., Du, Z. Y., Jiang, R. L., Chen, L. Q., & Yu, N. (2014). Effects of temperature and salinity on metabolic rate of the Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774). *SpringerPlus*, 3(455), 9 p.
37. Zhuang, S., & Liu, X. (2006). The influence of fresh weight and water temperature on metabolic rates and the energy budget of Meretrix meretrix. *Marine Biology*, 150(2), 245-252.
38. Hernandis, S., Ibarrola, I., Tena-Medialdea, J., Vázquez-Luis, M., García-March, J. R., Prado, P., & Albentosa, M. (2022). Scope for growth and dietary needs of Mediteranean Pinnids maintained in captivity. *BMC Zoology*, 7(43), 16 p.
39. Zhang, H., Shin, P. K., & Cheung, S. G. (2016). Physiological responses and scope for growth in a marine scavenger gastropod, Nassarius festivus, are affected by salinity and temperature but not by ocean acidification. *ICES Journal of Marine Science*, 73(3), 814-824.
40. Thomas, Y., Garen, P., & Pouvreau, S. (2011). Application of a bioenergetic growth model to larvae of the pearl oyster Pinctada margaritifera. *Journal of Sea Research*, 66(4), 331-339.