

اثر مانسون بر بیلان انرژی دوکفه‌ای *Azumapecten ruschenbergerii* (Tryon, 1869) در خلیج چابهار (دریای عمان)

محمد منصور توتونی^{۱*}، احمد سواری^۲، بابک دوست‌شناس^۳، نسرین سخایی^۴، دانیال اژدری^۵

۱- دانشجوی دکتری، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، پست الکترونیکی: m.tootooni@yahoo.com

۲- استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، پست الکترونیکی: savari32@yahoo.com

۳- استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، پست الکترونیکی: babakdoust@yahoo.com

۴- استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، پست الکترونیکی: nsakhaee@yahoo.com

۵- استادیار مؤسسه تحقیقات شیلاتی کشور، تهران، پست الکترونیکی: danielajdari@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۲۰

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۱

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۵، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

در مقاله حاضر بیلان انرژی دوکفه‌ای غالب دریای عمان، *Azumapecten ruschenbergerii*، در خلیج چابهار و در برابر تغییر دما و غذا در دو زمان قبل و بعد از مانسون ارزیابی شد. توان رشد (SFG) برای ارزیابی فیزیولوژیکی و شرایط محیطی جانوران استفاده و با بررسی بیلان انرژی مشخص می‌گردد. مقادیر توان رشد، در دمای محیط، دماهای پایین‌تر و بالاتر از دمای محیط و هنگام تغییر ریزجلبک مورد تغذیه محاسبه و به همراه انرژی بخش عضلانی صدف‌ها از نظر آماری بررسی شد. میانگین SFG صدف، قبل از مانسون منفی و بعد از مانسون مثبت بود. همچنین، در هنگام تغذیه صدف‌ها از ریزجلبک *Dunaliella sp.* توان رشد بالا و مثبتی مشاهده گردید. تغییر میزان انرژی نهفته در بخش عضلانی دوکفه‌ای مورد مطالعه با استفاده از آزمون Wilcoxon در زمان قبل از مانسون و پس از مانسون اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P=0/126$). به این ترتیب، این مطالعه پیشنهاد می‌کند که (۱) ریزجلبک فوق دارای بازده تغذیه‌ای بیشتری است، (۲) این نرم‌تن قبل از مانسون انرژی دفعی بیشتری نسبت به انرژی دریافتی داشته، (۳) از نظر آبی‌پروری یکی از بهترین جانوران و همچنین، یک عامل مؤثر برای کاهش شکوفایی پلانکتونی در پهنه‌های آبی است.

کلمات کلیدی: توان رشد، بیلان انرژی، دما و غذا، فیزیولوژی، صدف غالب دریای عمان، خلیج چابهار.

۱. مقدمه

پاسخ حاد فیزیولوژیکی گونه‌ی *Anodonta woodiana* و تغییرات نرخ صافی‌خواری آن در صافی‌خواری از دو گونه *Microcystis* سمی و غیرسمی بررسی شده و نشان داد که نرخ صافی‌خواری صدف در مورد گونه سمی بیشتر بوده و انرژی بیشتری را برای صدف فراهم می‌کند و بنابراین، صدف از توان رشد بالاتری برخوردار خواهد بود. به علاوه، توان سازش زیاد صدف در صافی‌خواری از جلبک سمی، حاکی از اثر کنترل‌کننده-ی قوی صدف در جلوگیری از شکوفایی این جلبک سمی است (Liu et al., 2014).

بیلان انرژی دوکفه‌ای *Modiolus barbatus* در دماهای مختلف بررسی شده و نرخ‌های صافی‌خواری، تنفس و بازده جذب دوکفه‌ای فوق که از گونه‌های با ارزش تجاری نیز محسوب می‌شود، در دماهای مختلف اندازه‌گیری و توان رشد آن محاسبه شد و مقادیر مثبت توان رشد در دمای بین ۲۰ تا ۲۶ درجه‌ی سانتی‌گراد به دست آمد. اما در دمای ۲۸ درجه‌ی سانتی‌گراد مقدار عددی توان رشد منفی شد. لذا، این مطالعه هشدار می‌دهد که افزایش دمای آب به دنبال افزایش تدریجی دمای زمین باعث کاهش تنوع زیستی در حوزه‌ی پراکندگی این دوکفه‌ای (دریای مدیترانه) خواهد شد (Ezgeta et al., 2011).

توان رشد صدف *Mytilus galloprovincialis* (Lmk., 1819) در آب‌های ساحلی الیگوتروف محاسبه شد و به عنوان ابزاری برای بررسی روند رشد این صدف در آب دچار فقر غذایی در حوزه‌ی جنوبی مدیترانه مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه، مجموع محتوی کربن در مناطق مختلف این حوزه مورد سنجش قرار گرفت و محدوده‌هایی که شرایط رسیدن صدف به اندازه‌ی تجاری (قابل عرضه به بازار) را در ظرف یک سال فراهم می‌کردند مشخص شدند (Sara and Pusceddu, 2008).

نرخ‌های تغذیه و جذب ماسل دوکفه‌ای *Perna viridis* در صافی‌خواری از غلظت‌های مختلف سستون‌ها در فصول مختلف سال بررسی و مشخص شد که بیشترین نرخ‌های صافی‌خواری و جذب در ماه‌های نوامبر تا ژانویه و کمترین مقادیر در ماه‌های مارس و آوریل حاصل شده است. بر اساس این مطالعه، عامل کلیدی اثر گذار بر رفتار تغذیه‌ای، کمیت (غلظت) و کیفیت (اندازه و شکل فیزیکی) سستون بوده است (Wong and Cheung, 2003).

خلیج چابهار در جنوب شرقی ایران و مجاورت دریای عمان، تحت تأثیر پدیده فصلی مانسون قرار دارد که این پدیده بر تنوع و غنای پلانکتونی (زیربنای زنجیره غذایی) در این خلیج اثر گذار است (Fazeli and Zare, 2011). از سوی دیگر، افزایش فعالیت-های عمرانی در خلیج چابهار توجه و نگرانی فزاینده‌ای را نسبت به وضعیت سلامت زیست محیطی این خلیج ایجاد نموده است (ممقانی نسب، ۱۳۹۱).

بنابراین ارزیابی و پایش زیستی این خلیج یکی از ضروریاتی است که می‌بایست مورد توجه قرار گرفته و با استفاده از شاخص‌های موجود به انجام رسد. یکی از شاخص‌های کلی نشان‌دهنده وضعیت فیزیولوژیک جانوران SFG^۱ است. SFG به معنی Possibility or Power of Growth یا توانایی رشد، عبارت است از انرژی در دسترس جانور برای رشد و تولید مثل (Widdows et al., 1990; Widdows and Staff, 2006). در واقع SFG عبارت است از یک معادله انرژی که در آن انرژی دفعی جانور از انرژی جذب شده کم می‌شود (Bayne et al., 2007; Mubiana and Blust, 1985). نرمتان نیز مانند بیشتر جانوران دریایی قادر به تنظیم دمای بدن خود نیستند. در نتیجه تغییر دمای محیط می‌تواند یک عامل اثر گذار بر روند فیزیولوژیک بدن آنها (به عنوان یک عامل تنش‌زا) تلقی شود (Dame, 1996; Mubiana and Blust, 2007).

مطالعاتی درباره استفاده از بیلان انرژی دوکفه‌ای‌ها در برابر تنش‌های مختلف صورت گرفته، اما این گونه مطالعات در گونه‌هایی به جز اسکالوپ دریای عمان یعنی گونه‌ی *Azumapecten ruschenbergerii* و در نواحی به جز ناحیه گرمسیری بوده است. دوکفه‌ای‌ها به خصوص هنگامی که در برابر غلظت و تراکم مناسبی از ریزجلبک‌ها قرار می‌گیرند به عنوان یک بیوفیلتر مهم تلقی می‌شوند. اما تاکنون این تحقیق به دفعات فقط در مورد دوکفه‌ای زبرا ماسل (*Dreissena polymorpha*) به انجام رسیده است و مشخص شده که در مقابله با شکوفایی جلبک سبزآبی از جنس *Microcystis* ترجیحاً بهترین فیلتر کننده است (Liu et al., 2014; Caraco et al., 1997).

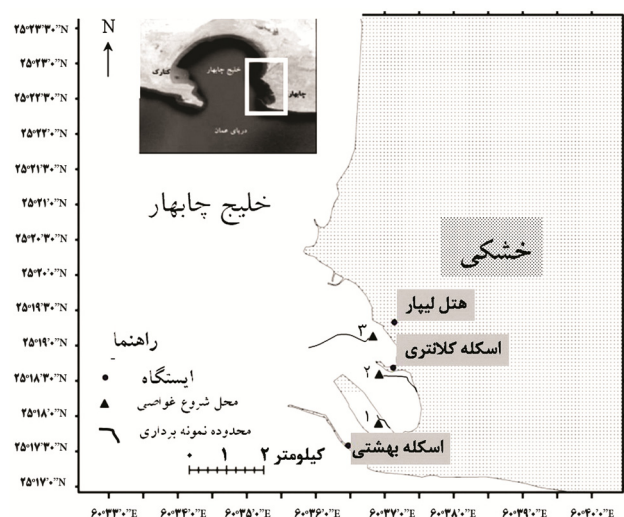
^۱ Scope for Growth

صخره‌ای در اعماق بین ۲ تا ۴ متر جمع‌آوری شدند. سپس، به مرکز تحقیقات شیلات چابهار منتقل و پوسته آن‌ها با برس و چاقو تمیز گردید.

۲-۲ شناسایی گونه مورد مطالعه

به این منظور، تصویر جزئیات ریخت‌شناسی صدف توسط پروفیسور گراهام الیور مسؤول موزه نرم‌تن‌شناسی کاردیف در ولز مورد بازبینی قرار گرفت. از جمله این جزئیات، دندان‌های موجود در شیار بایزال پوسته صدف است که در شکل ۲ د با فلش مشخص شده و در تشخیص گونه مؤثر هستند.

مختصات مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ آمده است. ایستگاه‌ها عبارتند از اسکله بهشتی، اسکله کلانتری و ساحل مقابل هتل لیپار (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه خلیج چابهار و نمایش موقعیت ایستگاه‌ها

جدول ۱: مختصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	بهشتی	N ۲۵° ۱۷' ۵۰"	E ۶۰° ۳۶' ۵۹"
۲	کلانتری	N ۲۵° ۱۸' ۳۵"	E ۶۰° ۳۷' ۰۰"
۳	لیپار	N ۲۵° ۱۹' ۱۷"	E ۶۰° ۳۶' ۵۹"

صدف‌ها در استخر حاوی ۱۳۲۰۰ لیتر آب دریای هوادهی شده و در دما و شوری یکسان با محیط، داخل سبدهای آویخته از دیواره نگهداری شدند. به منظور ایجاد سازش و کاهش اثر تنش جابجایی، آزمایشات اندازه‌گیری پاسخ فیزیولوژیک صدف *A. ruschenbergerii* پس از گذشت هفت روز شروع شد، چنان-

اثر جا به جایی و مهاجرت بر گونه‌ی *Brachidontes pharaonis* و بررسی میزان انطباق اکوفیزیولوژیکی^۱ آن با شرایط محل جدید در حوزه‌ی دریای مدیترانه بر اساس محاسبه‌ی نرخ صافی‌خواری، نرخ تنفس و توان رشد نشان داد که این دوکفه‌ای از میزان انطباق خوبی برخوردار است. به علاوه، نسبت به دامنه‌ی وسیع تغییرات دما و شوری وابستگی نشان داده است. بیشترین نرخ تنفس را در ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد داشته و همین‌طور نرخ صافی‌خواری، با کاهش دما از ۲۰ درجه به ۱۱ درجه سانتی‌گراد و با کاهش شوری از ۳۷ به ۱۵ psu کاهش یافته است. توان رشد هم در کمترین شوری، برای تمام مقادیر دمایی مقدار منفی داشته و بیشترین مقدار توان رشد را در شوری ۳۷ psu و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نشان داده است. به طور کلی این دوکفه‌ای قادر به حفظ مقادیر مثبت توان رشد و تحمل دامنه‌ی وسیع تغییرات دما و شوری بوده است (Sara et al., 2008).

در بررسی اثرآلودگی (فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی) بر توان رشد گونه‌ی *Cerastoderma edule* L. مشخص شد که تغییرات مشاهده شده در نرخ رشد، فراوانی، طول عمر و تولید، مربوط به انباشت این آلاینده‌ها است. همچنین، بررسی اثرات فیزیولوژیک این آلاینده‌ها بر نرخ صافی‌خواری و بازده جذب *C. edule* مشخص نمود که در حضور غلظت‌های زیاد این آلاینده‌ها، توان رشد صدف منفی خواهد شد (Savari, 1988).

این مطالعه با هدف بررسی اثر تغییر دما و غذا بر بیان انرژی صورت پذیرفت. لذا با بررسی بیان انرژی صدف دوکفه‌ای غالب دریای عمان از خانواده Pectinidae (*A. ruschenbergerii*) (Tryon, 1869) (Rosenberg and Dijkstra, 2015) از توان رشد آن به عنوان یک شاخص زیستی^۲ (Mubiana and Blust, 2007) برای مقایسه میزان تنش حاکم بر جانداران خلیج چابهار در دو موعد قبل و بعد از مانسون استفاده شد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱ نمونه‌برداری

صدف‌های مورد نظر در خرداد ماه و بهمن‌ماه ۱۳۹۱ به روش

^۱ Physio-ecological plasticity

^۲ Biomonitor

Rafter - و میکروسکوپ نوری سلول‌های ریزجلبکی باقیمانده شمارش گردیدند (Mitra, 2006). ظرف کنترل هم فاقد صدف بود. پس از جمع‌آوری مدفوع، آب ظروف اندازه‌گیری آمونیا (Ammonia, NH₃-N) برای سنجش به روش Solórzano مورد استفاده قرار گرفت (Mubiana and Blust, 2007).

۴-۲ محاسبه پارامترها

برای محاسبه توان رشد، در واقع نوعی Stoichiometry انجام می‌شود. به این معنی که مقدار هریک از اجزای معادله تأمین انرژی جانور می‌بایست تعیین گردد. توان رشد مطابق معادله ۱ محاسبه گردید (Bayne et al., 1985; Halldorsson et al., 2005; Mubiana and Blust, 2007).

معادله ۱

انرژی دفعی + انرژی تنفسی - انرژی جذب شده = (J/g/h) توان رشد

طبق معادله ۱، SFG عبارت است از تفاوت بین انرژی جذب شده از غذا و انرژی صرف شده برای متابولیسم. انرژی جذب شده از غذا، وابسته به نرخ صافی‌خواری، غلظت غذا و بازده جذب غذا توسط صدف است (Widdows et al., 1990).

انرژی جذب شده، از ضرب کردن نرخ صافی‌خواری در بازده جذب غذا به دست می‌آید. انرژی تنفسی مقدار انرژی است که در حین تنفس از دست می‌رود (Halldorsson et al., 2005) و انرژی دفعی عبارت است از انرژی ازدست رفته به صورت آمونیا (ammonia, NH₃-N) (Mubiana and Blust, 2007). نرخ صافی‌خواری، تغذیه یا پمپاژ^۲ عبارت است از حجم آب صاف شده به ازای هر گرم صدف در یک ساعت و مطابق رابطه ۲ محاسبه می‌گردد (Bayne et al., 1985; Mubiana and Blust, 2007; Widdows et al., 1997).

رابطه ۲

$$CR (L/g/h) = V (\text{liter}) \cdot (\ln C_1 - \ln C_2) / DW \times \text{timeinterval} (h)$$

که در معادله ۲، CR، نرخ صافی‌خواری؛ C₁ و C₂ عبارتند از غلظت سلول‌های ریزجلبکی موجود در آغاز و انتهای آزمایش و

که توسط Ezgeta (2011) بیان شده است (Sarà et al., 2008; Widdows and Bayne, 1971).

۳-۲ تیماربندی

صدف‌های هر ایستگاه پس از بیومتری به هفت گروه با تعداد ۲۴ صدف ۷۰ تا ۸۰ میلی‌متری تقسیم شدند. برای اطمینان از اینکه همه صدف‌ها در یک مرحله جنسی باشند غده جنسی ده نمونه از آن‌ها (پنج نمونه قبل و پنج نمونه بعد از مانسون) بررسی شد. برای انجام آزمایشات هر جفت صدف در داخل ظروف دو لیتری کاملاً بسته و حاوی آب دریای صاف و هوادهی شده و دمای ثابت قرار گرفتند.

برای هر آزمایش ۶ جفت صدف برای اندازه‌گیری غلظت ریزجلبک و اکسیژن باقیمانده، و ۶ جفت برای اندازه‌گیری غلظت آمونیا و وزن مدفوع در نظر گرفته شد.

به منظور تثبیت دمای آب، ظروف حاوی صدف و آب دریا در اتاق ایزوله دارای دمای مورد نظر قرار گرفتند. ریزجلبک مورد تغذیه صدف از محیط طبیعی و آب دریای همان منطقه توسط مرکز تحقیقات شیلات چابهار خالص سازی شد.

آزمایش تغییر دما در آب دریای محل صیدشان و در سه دمای متفاوت (دمای محیط، هفت درجه کمتر از دمای محیط و پنج درجه بالاتر از دمای محیط) انجام شد. دمای محیط قبل از مانسون ۲۸-۲۶ °C و بعد از مانسون ۲۲-۲۰ °C بود.

در آزمایش تغییر نوع غذا، صدف‌ها با سه جنس ریزجلبکی به نام‌های *Dunaliella* sp.، *Spirulina* sp. و *Tetraselmis* sp. مخلوط آن‌ها با غلظت حداقل ۲۵،۰۰۰ cell/ml تغذیه شدند (Laing, 2002; Widdows and Staff, 2006; Ezgeta et al., 2011). تعلیق^۱ ریزجلبک پس از گذشت حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه از استقرار صدف‌ها اضافه شد.

پس از گذشت دو ساعت از شروع آزمایش، اکسیژن باقیمانده اندازه‌گیری و صدف‌ها از ظرف خارج شدند. اکسیژن آب توسط پروب اکسیژن متر دستگاه HACH HQ40d multimeter اندازه‌گیری شد. به منظور تثبیت ریزجلبک‌های باقیمانده، به آب ظرف‌های مخصوص شمارش سلول‌های ریزجلبکی، ۵ cc فرمالین ۵٪ اضافه شد (Michael, 1984) و سپس با استفاده از لام Sedgewick

^۱ سوسپانسیون

^۲ Clearance, feeding or pumping rate

Vr حجم آب دریا در داخل ظرف آزمایش است. به منظور محاسبه انرژی معادل برای نرخ تنفس نیز باید نرخ تنفس در میزان انرژی معادل مصرف هر میکرومول اکسیژن بر ساعت، یعنی عدد ۰/۴۵۶ ضرب شود (Mubiana and Blust, 2007). به این ترتیب، انرژی مصرف شده در تنفس برحسب ژول بر گرم بر ساعت (J/g/h) به دست می‌آید.

محاسبه انرژی دفع شده به صورت آمونیا (NH₃-N) مطابق رابطه ۶ به دست می‌آید (Mubiana and Blust, 2007):

رابطه ۶

$$\text{Energy excreted (J/g/h)} = \text{Ammonia excretion rate } (\mu\text{moles NH}_3\text{-N g}^{-1}\text{h}^{-1}) \times 0.349$$

مطابق رابطه ۶، آمونیا تولید شده توسط هر صدف در عدد ۰/۳۴۹ ضرب می‌شود زیرا تولید هر میکرومول آمونیا توسط صدف با مصرف انرژی ۰/۳۴۹ ژول بر ساعت همراه است. به منظور تعیین میزان انرژی بخش عضلانی صدف نیز کالریمتری با استفاده از بمب - کالریمتر در دانشگاه فردوسی مشهد انجام گردید.

۲-۵ آنالیز آماری

به منظور بررسی داده‌ها از آزمون T، آنالیز واریانس یک طرفه، آزمون Kruskal-Wallis و آزمون Wilcoxon استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱ تشخیص گونه و جنسیت آن

در شکل ۲ الف، صدف ۷۰-۸۰ میلی‌متری زنده در حال صافی‌خواری مشاهده می‌شود. در این شکل لبه‌ی جبهه با رنگ آمیزی و آرایش خاص و در حال انجام حرکت موجی مشاهده می‌شود. رنگ جبهه با توجه به رنگ بستر، بین صورتی کم رنگ تا قهوه‌ای تیره تغییر می‌کند. سطح خارجی پوسته در شکل ۲ ب مشاهده می‌شود که با چاقو و برس شده است. شش دندان‌های که در شکل ۲ د با فلش به آن‌ها اشاره شده، از صفاتی است که در شناسایی صدف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rosenberg and Dijkstra, 2015). همچنین، پروفیسور گراهام الیور، تصویر پوسته-

DW وزن خشک بافت نرم صدف (بر حسب گرم) است. V حجم آب ظرف و مدت زمان آزمایش هم برحسب ساعت در این رابطه قرار می‌گیرد.

شمارش سلول‌های ریزجلبکی به وسیله لام Sedgewick - Rafter و میکروسکوپ نوری انجام گردید.

انرژی هم ارز با نرخ صافی‌خواری نیز از رابطه ۳ به دست آمد (Mubiana and Blust, 2007; Widdows and Staff, 2006).

رابطه ۳

$$\text{Energy absorbed (J/g/h)} = \text{CR (L/g/h)} \times \text{cell conc. (mg/L)} \times \Delta H \text{ (J/mg)} \times \text{AE}$$

در رابطه ۳، cell conc. غلظت سلول‌های مورد تغذیه صدف؛ ΔH انرژی ریزجلبک و AE، بازده جذب سلول‌های ریزجلبکی مورد تغذیه است. میزان انرژی ریزجلبک‌ها با استفاده از دستگاه بمب - کالریمتر (Julius Peters KG Berlin) و در آزمایشگاه دانشکده شیمی دانشگاه فردوسی مشهد تعیین گردید (Levine, 2009).

بازده جذب^۱ مطابق نسبت کانور (رابطه ۴) تعیین می‌شود (Conover, 1966; Bayne et al., 1985; Liu et al., 2014):

رابطه ۴

$$\text{AE} = (\text{F}-\text{E}) / (\text{1}-\text{E}) \times \text{F} \times 100 \text{ (Conover ratio)}$$

در رابطه ۴، AE بازده جذب است و

F = وزن خشک غذا / وزن خشک بدون خاکستر غذا

E = وزن خشک مدفوع / وزن خشک بدون خاکستر مدفوع

ریزجلبک و مدفوع با استفاده از کاغذ صافی S&S 5895 یا MN 640md از آب دریا جمع‌آوری و وزن خشک و بدون خاکستر آن‌ها تعیین شد (Loo and Rosenberg, 1989).

انرژی دفع شده شامل انرژی تنفسی و انرژی از دست رفته به صورت آمونیا است. برای محاسبه انرژی تنفسی از رابطه ۵ استفاده شد (Halldorsson et al., 2005):

رابطه ۵

$$\text{R } (\mu\text{mol O}_2 \text{ h}^{-1}) = [\text{C}_{(t0)} - \text{C}_{(t1)}] \times \text{V}_r \times 60 / (\text{t}_1 - \text{t}_0)$$

که در این رابطه، R نرخ تنفس برحسب میکرومول اکسیژن بر ساعت، $\text{C}_{(t0)}$ و $\text{C}_{(t1)}$ غلظت اکسیژن در آغاز و پایان آزمایش و

^۱ Absorption Efficiency

همچنین، بررسی هیستومورفولوژی، برش‌های میکروسکوپی و ترشحات غده جنسی مشخص نمود که صدف‌های شرکت کننده در آزمایشات نر بوده اند.

۳-۲ تعیین ارزش غذایی ریزجلبک های مورد استفاده صدف

آنتالپی (ΔH) یا میزان انرژی ریزجلبک های مورد تغذیه صدف‌ها در جدول ۲ ارائه شده است:

جدول ۲: آنتالپی (ΔH) یا میزان انرژی ریزجلبک های مورد تغذیه صدف‌ها (برحسب ژول بر میلی‌گرم)

ΔH J/mg	جنس
-۴۵/۶۵	Dunaliella
-۲۲/۳۸	Spirulina
-۱۷/۴۱	Tetraselmis

علامت منفی نشانه انرژی‌زا بودن ماده مورد آزمایش است.

۳-۳ تعیین نتیجه محاسبه پارامترها

میانگین نرخ صافی‌خواری، انرژی جذب شده و انرژی دفع شده برای هر یک از فصول در جدول ۳ آمده است:

جدول ۳: بیلان انرژی و مقادیر توان رشد برای دو موعده قبل و بعد از مانسون

SFG J/g/h	(R+E) J/g/h	A J/g/h	CR L/g/h	فصل میانگین فاکتور مورد اندازه گیری
-۲/۴۲*	۳۱/۰۱	۳۷/۵۹	۱/۱۷	قبل از مانسون
۱۶/۰۵*	۰/۸۷	۱۶/۹۲	۰/۶۶	بعد از مانسون
-۷/۷	۲۶/۸۸**	۱۹/۱۸	۱/۱۶	قبل از مانسون - دمای بالا (۳۱-۳۳ °C)
۱۵/۳۳	۰/۳۸**	۱۵/۷۱	۰/۷۴	بعد از مانسون - دمای پایین (۱۳-۱۵ °C)
-	-	-	۰/۵۲***	بعد از مانسون - ساحل لیبار (ایستگاه ۳)
-	-	-	۰/۸***	بعد از مانسون - کلاتری (ایستگاه ۲)

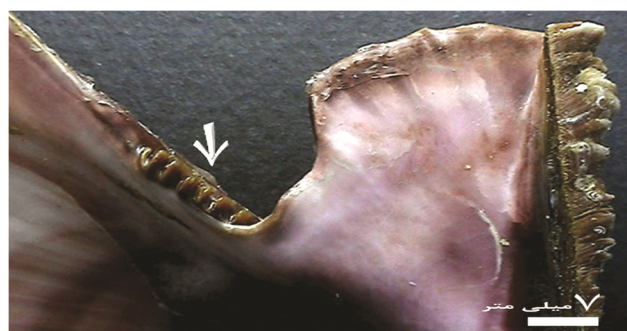
CR: نرخ صافی‌خواری، A: انرژی جذب شده، (R+E): انرژی دفع شده، $SFG=A-R$

* آزمون‌های T و Wilcoxon، $P=0/000$ ، ** و *** آنالیز واریانس یک‌طرفه، $P < 0/001$.

۳-۴ آنالیز آماری

تغییرات توان رشد صدف‌ها در موعده قبل از مانسون به صورت نمودار در شکل ۳ نشان داده شده است. آنالیز واریانس

ها را مربوط به *Azumapecten ruschenbergii* یا "صدف" غالب دریای عمان دانست.



شکل ۲: سطح خارجی و داخلی صدف ۸۰ میلی‌متری *A. ruschenbergii*.

به علاوه، توان رشد در آزمایش مصرف *Dunaliella* sp. (با میانگین $34/2 \text{ J/g/h}$ قبل از مانسون و $29/43 \text{ J/g/h}$ بعد از مانسون) نسبت به توان رشد در سایر آزمایشات (با میانگین $7/64 \text{ J/g/h}$ قبل و $13/81 \text{ J/g/h}$ بعد از مانسون) دارای تفاوت معنی‌دار است ($P < 0/001$).

تغییر میزان انرژی نهفته در بخش عضلانی دو کفه‌ای مورد مطالعه در این دو موعده (با میانگین $4/57$ قبل از مانسون و $5/07$ پس از مانسون) با استفاده از آزمون Wilcoxon اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P = 0/126$). (توضیح: علامت منفی نشانه انرژی را بودن واکنش رخ داده در بمب کالریمتر است، Levine, 2009).

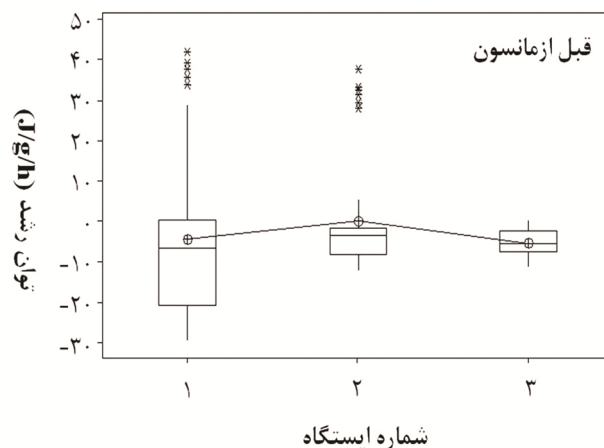
Widdows و Donkin (۱۹۹۲) چنین عنوان کرده‌اند که توان رشد معیاری بی واسطه برای وضعیت انرژی جانور است و می‌تواند بین مقادیر مثبت، حاکی از شرایط ایده‌آل تا مقادیر منفی، ناشی از تنش شدید و مصرف انرژی ذخیره شده، متغیر باشد. به این ترتیب، با توجه به جدول ۳، میانگین منفی توان رشد در موعده قبل از مانسون می‌تواند مؤید تأثیر تنش دمایی بالا بر صدف‌ها و فرونی انرژی دفعی بر انرژی کسب شده باشد. لذا با توجه به کاهش غنای زنجیره غذایی در این فصل (Fazeli and Zare, 2011)، انتظار بر این است که تنش فزاینده‌ای بر زنجیره غذایی خلیج چابهار حاکم باشد.

مطابق مطالعات اعتمادی و همکاران (۱۳۹۱)، سلیمانی‌راد و همکاران (۱۳۹۲)، Taheri و همکاران (۲۰۱۰) و Fazeli و همکاران (۲۰۱۳)، دمایی قبل از مانسون و بعد از مانسون دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0/01$) و از نظر میانگین دمایی کل، دمایی قبل از مانسون بیش از بعد از مانسون است. بنابراین، به نظر می‌رسد که همین عامل دما باعث افزایش انرژی مصرفی شده است.

تفاوت بارز سه ایستگاه نمونه‌برداری در میزان جریان آب ورودی است. به این معنی که صدف‌های اسکله بهشتی در محیط تقریباً بسته قرار داشتند، اما اسکله کلانتری نیمه بسته و ساحل لپار مرجانی و کاملاً باز بود.

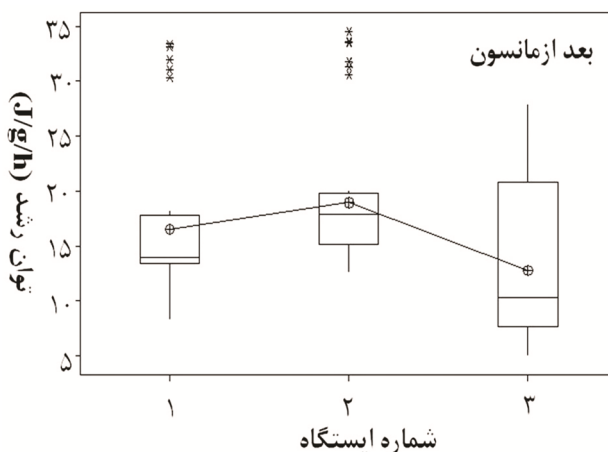
کمتر بودن میانگین توان رشد صدف‌ها در ساحل لپار به خصوص در موعده بعد از مانسون که از نظر آماری نیز معنی‌دار است ($P < 0/001$)، با توجه به داده‌های مندرج در دو ردیف آخر جدول ۳ که نرخ صافی‌خواری را ارائه نموده، می‌تواند بیانگر این نکته باشد که صدف‌های ساحل لپار به دلیل حضور در بستر

یک‌طرفه و آزمون Kruskal-Wallis نشان داد که بین توان رشد ایستگاه‌ها در این فصل تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P = 0/376$).



شکل ۳: مقایسه توان رشد سه ایستگاه قبل از مانسون. ایستگاه ۱: بهشتی، ایستگاه ۲: کلانتری، ایستگاه ۳: لپار

آزمون Kruskal-Wallis در دوره‌ی پس از مانسون، نشان داد که توان رشد صدف مورد مطالعه در ایستگاه‌های مختلف نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند ($P < 0/001$). این تغییرات در شکل ۴ قابل مشاهده است.



شکل ۴: مقایسه توان رشد سه ایستگاه پس از مانسون. ایستگاه ۱: بهشتی، ایستگاه ۲: کلانتری، ایستگاه ۳: لپار

همچنین، آزمون‌های T و Wilcoxon نشان داد که تفاوت بین توان رشد صدف‌ها در دو موعده قبل و بعد از مانسون معنی‌دار است (میانگین توان رشد قبل از مانسون $3/42$ و بعد از مانسون $16/05 \text{ J/g/h}$) ($P < 0/001$).

انجام این پژوهش را در اختیار قرار دادند، خانم دکتر آزاده عتباتی که در رابطه با عملیات بافت شناسی ما را در این پژوهش همراهی نمودند و از دانشکده شیمی دانشگاه فردوسی مشهد، آقای دکتر ایزدیار مسؤول آزمایشگاه و خانم ضیایی کارشناس آزمایشگاه که در رابطه با کالریمتری، مواد، دستگاه‌ها و همه امکانات مورد نیاز در این پژوهش را در اختیار گذاشتند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

اعتمادی، الف؛ سواری، الف؛ ولی‌نسب، ت؛ سخایی، ن، ۱۳۹۱. شناسایی گونه‌ای و بررسی تأثیر پدیده مانسون بر خرچنگ‌های خانواده Decapoda: Brachura (Ocypodidae) در مناطق جزرومدی دریای عمان، استان هرمزگان. مجله علوم و فنون دریایی. ۱۱(۱): ۳۲-۱۸.

ممقانی نسب، ا، ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات توسعه گردشگری بر محیط زیست دریایی (مطالعه موردی: خلیج چابهار). مجموعه مقالات اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران، ۷ صفحه.

Ahsan, M., 2008. A review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. FAO Fisheries and Aquaculture Circular, 1034: 1-33.

Bayne, B.L.; Brown, D.A.; Burns, K.; Dixon, D.R.; Ivanovici, A.; Livingstone, D.R.; Lowe, D.M.; Moore, M.N.; Stebbing, A.R.D.; Widdows, J., 1985. The effects of stress and pollution on marine animals. Praeger Publishers, New York, 1- 384.

Conover, R.J., 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. Limnology and Oceanography, 11(3): 338-345.

Dame, R.F., 1996. Ecology of marine bivalves an ecosystem approach. CRC Press, Boca Raton, 19-26.

Ezgeta-Balic, D.; Rinaldi, A.; Peharda, M.; Prusina, I.; Montalto, V.; Niceta, N.; Sara, G., 2011. An energy budget for the subtidal bivalve *Modiolus barbatus* (Mollusca) at different temperatures. Marine Environmental Research, 71: 79-85.

مرجانی نسبت به صدف‌های بهشتی و کلانتری دارای نرخ صافی - خواری و در نتیجه انرژی کسب شده کمتر هستند.

تفاوت معنی‌دار ($P < 0/001$) میانگین توان رشد در هنگام مصرف *Dunaliella* sp. نسبت به سایر آزمایشات می‌تواند مؤید فزونی قابل ملاحظه انرژی آزاد شده از این ریزجلبک نسبت به دو جنس دیگر و اهمیت ویژه آن باشد. نرخ صافی‌خواری بین غذاهای مختلف فوق‌الذکر نیز فاقد تفاوت معنی‌دار

($P > 0/05$) و مؤید همین نکته است که میزان آنتالپی، کالری یا انرژی غذایی ریزجلبک مورد تغذیه باعث افزایش توان رشد شده است. لذا، به نظر می‌رسد افزایش معنی‌دار ($P < 0/001$) توان رشد در تغذیه از ریزجلبک *Dunaliella* به دلیل آنتالپی و انرژی آزاد شده‌ی بیشتر آن نسبت به دو ریزجلبک دیگر است.

همچنین، می‌توان از نظر سهولت فیلتراسیون نیز شکل فیزیکی، اندازه و وضعیت شناوری این ریزجلبک را نسبت به دو ریزجلبک دیگر بهتر دانست. جنس *Dunaliella* تخم مرغی شکل، *Spirulina* رشته‌ای شکل و *Tetraselmis* نیز به شکل *Dunaliella* است، اما دارای ابعاد کوچکتری نسبت به آن است (Shariati and Hadi, 2011; Ahsan, 2008; Gorgônio et al., 2013).

۴. نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به دست آمده، علی‌رغم وجود تفاوت معنی‌دار ($P < 0/001$) بین میانگین توان رشد صدف‌ها در دو موعده قبل و بعد از مانسون، میزان انرژی بخش عضلانی آن فاقد تفاوت معنی‌دار است ($P > 0/1$) (در سایر مطالعات مبتنی بر توان رشد این ارزیابی انجام نشده است). این نکته می‌تواند بیانگر بازده بالای تکثیر و پرورش این صدف برای بخش شیلات کشور و ارزش اقتصادی بالای آن و با توجه به نحوه تغذیه می‌تواند مانعی برای شکوفایی پلانکتونی در عرصه‌های آبی باشد.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله مراتب تشکر و قدردانی از جناب آقای دکتر علیرضا ساری که به منظور شناسایی صدف، زمینه مشورت با پروفیسور لیور را فراهم نمودند، به عمل می‌آید. همچنین از جناب آقای دکتر حسین جعفری که در زمینه تحلیل‌های آماری کمک کردند و کلیه کارکنان محترم مرکز تحقیقات شیلات چابهار که امکانات

- Rosenberg, G.; Dijkstra, H., 2015. *Azumapecten ruschenbergerii* (Tryon, 1869). In: Mollusca Base, 2015. Accessed through: Citation of World Register of Marine Species (WoRMS) at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=393322> on 2015-09-13.
- Sarà, G.; Pusceddu, A., 2008. Scope for growth of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck., 1819) in oligotrophic coastal waters (Southern Tyrrhenian Sea, Italy). *Marine Biology*, 156: 117-126.
- Savari, A., 1988. Ecophysiology of the common cockle (*Cerastoderma edule* L.) in Southampton water, with particular reference to pollution, University of Southampton, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, 213-224PP.
- Shariati, M.; Hadi, M.R., 2011. Microalgal biotechnology and bioenergy in *Dunaliella*. In: Progress in Molecular and Environmental Bioengineering – From Analysis and Modeling to Technology Applications (Carpi, A. ed.). InTech press: 484-506.
- Taheri, M.; Yazdani Foshtomi, M.; Bagheri, H., 2010. Community structure and biodiversity of intertidal sandy beach macrofauna in Chabahar bay (northeast of Oman gulf, IR Iran). *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*, 1(1): 17-25.
- Widdows, J.; Donkin, P., 1992. Mussels and environmental contaminants: bioaccumulation and physiological aspects. In *The mussel Mytilus*, Elsevier Press, Amsterdam, 8: 383-424PP.
- Widdows, J.; Burns, K.A.; Menon, N.R.; Page, D.S.; Soria, S., 1990. Measurement of physiological energetics (scope for growth) and chemical contaminants in mussels (*Arca zebra*) transplanted along a contamination gradient in Bermuda. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 138: 99-117.
- Fazeli, N.; Zare, R., 2011. Effect of seasonal monsoons on Calanoid Copepod in Chabahar Bay-Gulf of Oman. *Jordan Journal of marine sciences*, 4 (1): 55-62.
- Fazeli, N.; Savari, A.; Nabavi, S.M.B.; Zare, R., 2013. Seasonal variation of zooplankton abundance, composition and biomass in the Chabahar Bay, Oman Sea. *International Journal of Aquatic Biology*, 1(6): 294-305.
- Gorgônio, C.M. da S.; Aranda, D.A.G.; Couri, S., 2013. Morphological and chemical aspects of *Chlorella pyrenoidosa*, *Dunaliella tertiolecta*, *Isochrysis galbana* and *Tetraselmis gracilis* microalgae, *Natural Science*, 5(7): 783-791.
- Halldorsson, H.P.; Svavarsson, J.; Granmo, A., 2005. The effect of pollution on scope for growth of the mussel *Mytilus edulis* L. in Iceland. *science direct, Marine Environmental Research*, 59: 47-64.
- Liu, Y.; Hao, A.; Iseri, Y.; Kuba, T.; Zhang, Zh., 2014. A comparison of the Mussel *Anodonta woodiana*'s acute physiological responses to different algae diets. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(2): 126-131.
- Laing, I., 2002. Scallop cultivation in the UK: a guide to site selection. CEFAS and University of Southampton Oceanography Department, 26PP.
- Loo, L.O.; Rosenberg, R., 1989. Bivalve suspension-feeding dynamics and benthic-pelagic coupling in a eutrophicated marine bay, *Journal of Experimental Biology and Ecology*, 130: 253-276.
- Michael, P., 1984. Ecological methods for field and laboratory investigation. McGraw-Hill, 145P.
- Mitra, A., 2006. Introduction to marine phytoplankton. Narendra publishing house, Delhi, India, 88P.
- 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*. *science direct, Marine Environmental Research*, 63: 219-235.

- mussels. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences, 40: 1-30.
- Wong, W.H.; Cheung, S.G., 2003. Seasonal variation in the feeding physiology and scope for growth of green mussels, *Perna viridis* in estuarine MaWan, Hong Kong. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 83: 543-552.
- Widdows, J.; Nasci, C.; Fossato, V.U., 1997. Effects of Pollution on the scope for growth of Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Venice Lagoon, Italy. Elsevier, Marine Environmental Research, 43(1/2): 69-79.
- Widdows, J.; Staff, F., 2006. Biological effects of contaminants: measurement of scope for growth in