

مقاله پژوهشی

اثر مانسون بر توان رشد دوکفه‌ای *Azumapecten ruschenbergerii* (Tryon, 1869) با تاکید بر شاخص‌های کارایی رشد در خلیج چابهار (دریای عمان)، تجربه آزمایشگاهی

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

تاریخ دریافت: دی ۹۶

تاریخ پذیرش: مرداد ۹۷

چکیده

توان رشد به عنوان بخشی از انرژی جذب شده حاصل از جیره غذایی و معیاری است برای اندازه‌گیری کارایی رشد که در طی آن غذا به بافت بدن تبدیل می‌شود. کارایی رشد به دو صورت خالص و ناخالص بیان می‌شود. در این مطالعه، توان و کارایی رشد در دوکفه‌ای *Azumapecten ruschenbergerii* در خلیج چابهار و در دو زمان قبل و بعد از مانسون تابستانه مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفت. مانسون پدیده اقلیمی غالب در بخش شمالی اقیانوس هند است که در دو مقطع تابستان و زمستان رخ می‌دهد و مقطع تابستانه با بادهای شدیدتری همراه است. بر این اساس، بررسی بیلان انرژی دوکفه‌ای مذکور در بازه دمایی ۱۹ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد نشان داد که میانگین هر دو شاخص توان و کارایی رشد دوکفه‌ای در مقطع بعد از مانسون (مانسون تابستانه) افزایش معنی‌دار یافت ($P < 0.001$). نتایج حاکی از شرایط بهتر و استرس کمتر در دوره بعد از مانسون برای صدف مذکور است.

واژگان کلیدی: توان رشد، کارایی رشد، *Azumapecten ruschenbergerii*، خلیج چابهار.

- ۱- استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.
 - ۲- استاد گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
 - ۳- دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
 - ۴- استادیار سازمان شیلات کشور، تهران، ایران.
- * نویسنده مسئول: m.tootooni@yahoo.com

مقدمه

است. واژه مانسون ریشه در زبان‌های آلمانی^۱، پرتغالی^۲ و عربی دارد و در زبان عربی به معنی «فصل، موسم^۳» یا «بادهای برگشت کننده فصلی^۴» است (Flexner and Hauck, 1987; Tomczak and Godfrey, 2003).

کارایی رشد به معنی بازده روندی است که در آن غذا به بافت بدن تبدیل می‌شود و برابر با خارج قسمت توان رشد^۵ بر انرژی جذب شده است (Widdows et al., 1990). بنابراین، توان رشد به عنوان بخشی از انرژی جذب شده حاصل از جیره غذایی، نشان دهنده کارایی رشد است و معیاری برای اندازه‌گیری کارایی رشد است که در طی آن غذا به بافت بدن تبدیل می‌شود. کارایی رشد به دو صورت خالص و ناخالص بیان می‌شود. کارایی رشد خالص (K_2)^۶ به عنوان یک شاخص استرس از معادله بیلان انرژی استخراج می‌شود تا اطلاعات تکمیلی برای شرایطی که جانور در آن بسر می‌برد به دست آید.

مانسون پدیده اقلیمی غالب در بخش شمالی اقیانوس هند است که آثار و تبعات آن به نیمکره جنوبی نیز سرایت می‌کند. مانسون شمال شرقی یا زمستانه، اقلیم بخش شمالی اقیانوس هند را در طی زمستان نیمکره شمالی ایجاد می‌کند (در فاصله ماه‌های دسامبر تا مارس یا دی تا اسفند). مشخصه این اقلیم، فشار زیاد هوای حاکم بر خشکی‌های قاره آسیا و بادهای شمال شرقی است که در نواحی گرمسیر و نیمه گرمسیر شمالی می‌وزند (Tomczak and Godfrey, 2003). مانسون جنوب غربی یا تابستانه، اقلیم بخش شمالی اقیانوس هند را در فصل تابستان نیمکره شمالی (در فاصله ماه‌های ژوئن تا سپتامبر یا اواخر خرداد تا شهریور) تعیین می‌کند. در این هنگام بادی با سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت یا بیشتر، به طور پیوسته و یکنواخت در شمال استوا می‌وزد. مانسون جنوب غربی ادامه بادهای تجاری نیمکره جنوبی است که بین مدارهای ۱۰ و ۲۰ درجه جنوبی با شدت خیلی بیشتری می‌وزند (Tomczak and Godfrey, 2003). چون این پدیده به صورت فصلی و منظم رخ می‌دهد به نام مانسون معروف شده

-
- 1- Monsooen
 - 2- Moucao or Moncao
 - 3- Mawsim Season
 - 4- Seasonally Reversing Winds
 - 5- Scope for Growth (SFG)
 - 6- Net-growth Efficiency

۱۳۹۱ به روش غواصی^۴ از سه ایستگاه در ساحل خلیج چابهار و از اعماق بین ۲ تا ۴ متر صورت گرفت.

صدف‌ها در ایستگاه‌های شهید بهشتی و شهید کلانتری از دیواره‌های صخره‌ای و در ساحل هتل لیپار، از لابه‌لای شاخه‌های مرجانی جمع‌آوری شدند. پس از زیست‌سنجی، نمونه‌های ۷۰-۸۰ میلی‌متری در آزمایش شرکت داده شدند. به منظور بررسی توان رشد، هر یک از شاخص‌های اصلی در بازه‌های دمایی ۱۹-۲۱، ۲۰-۲۲، ۲۵-۲۷، ۲۶-۲۸ و ۳۱-۳۳ درجه سانتی‌گراد محاسبه شدند. به این ترتیب که برای هر بازه دمایی، دوازده ظرف دو لیتری حاوی آب دریای فیلتر شده با فیلتر ۲۰ میکرون آماده شد و برای هر کدام یک جفت اسکالوپ با مشخصات بالا و ریزجلبک *Dunaliella* sp با غلظت حداقل ۲۵,۰۰۰ Cell/mL برای غذاهای در نظر گرفته شد. چهار تیمار غذایی نیز با استفاده از سه جنس ریزجلبک مورد تغذیه صدف شامل *Dunaliella* sp، *Spirulina* sp و *Tetraselmis* sp و نیز مخلوط آن‌ها با غلظت مذکور در نظر گرفته شد (Laing, 2002;)

Brown و Stenton (۱۹۸۸) اشاره کردند که کارایی رشد خالص یا K_2 مساوی است با توان رشد تقسیم بر انرژی جذب شده و کارایی رشد ناخالص^۱ یا K_1 عبارت است از توان رشد تقسیم بر انرژی مصرفی.

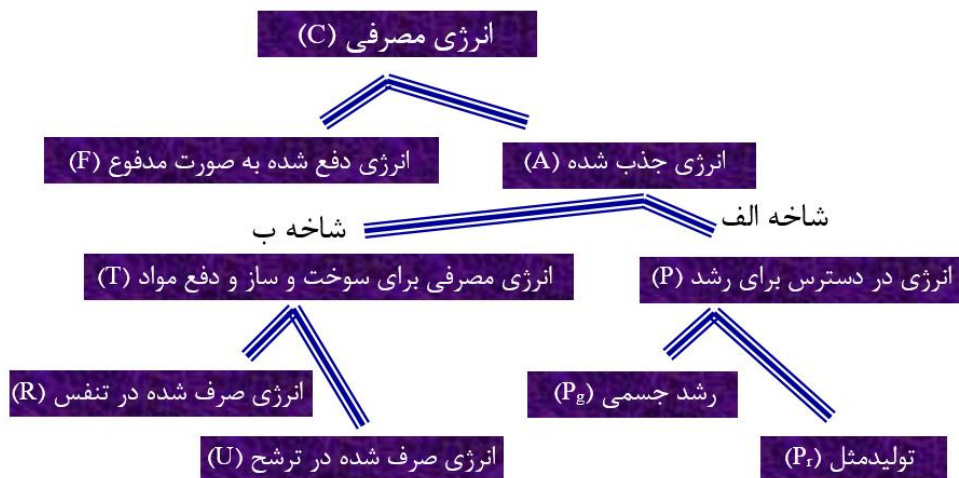
بر این اساس، مطابق شکل ۱، انرژی جذب شده شامل شاخه (الف) توان رشد جانور (انرژی در دسترس برای رشد یا P) و شاخه (ب) انرژی تلف شده در تنفس و ادرار (مایعات دفعی) جانور، باید محاسبه شود.

اهداف اصلی این پژوهش محاسبه اجزای معادله انرژی جذب شده (وابسته به نرخ صافی‌خواری^۲ و کارایی جذب غذا یا AE^۳)، انرژی تلف شده در تنفس و ادرار و توان رشد *Azumapecten ruschenbergerii* در دو دوره قبل و بعد از مانسون تابستانه است که از این پس برای اختصار، مانسون خوانده می‌شود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری صدف دوکفه‌ای (اسکالوپ) *Azumapecten ruschenbergerii* در خرداد (قبل از مانسون) و بهمن (بعد از مانسون)

- 1- Gross-Growth Efficiency
- 2- Filtration Rate
- 3- Absorption Efficiency



شکل ۱: عناصر تشکیل دهنده بیلان انرژی (Savari, 1988)

محاسبه نرخ صافی خواری

نرخ صافی خواری (CR)، تغذیه یا پمپاژ^۱ بر اساس حجم آب صاف شده به ازای هر گرم صدف در یک ساعت و مطابق رابطه ۱ محاسبه شد (Bayne et al., 1985; Widdows et al., 1997; Mubiana and Blust, 2007).

رابطه ۱:

$$CR (L/g/h) = V \times [(\log_e C_1 - \log_e C_2) / DW \times t]$$

V: حجم آب (لیتر); C₁: غلظت سلول‌های ریزجلبکی در آغاز آزمایش (تعداد بر لیتر); C₂: غلظت سلول‌های ریزجلبکی در انتهای آزمایش

Widdows and Staff, 2006; Ezgeta-Balic et al., 2011). به عبارت دیگر، تعداد ۱۲ جفت صدف به مدت دو ساعت برای هر یک از بازه‌های دمایی فوق، به عنوان تیمار در معرض آزمایش تغییر دما قرار گرفتند. ظرف شاهد نیز البته بدون حضور صدف دوکفه‌ای مورد استفاده قرار گرفت که انتظار می‌رود در پایان ۲ ساعت، تراکم ریزجلبک بدون تغییر باقی بماند. برای تعیین تراکم، لام شمارش سلول Sedgewick-Rafter Counting Cell (Pyser Optics) Glass 1mL / 1μL انگلستان) استفاده شد.

1- Clearance, Feeding or Pumping Rate

انرژی آزاد شده؛ ΔT : اختلاف دمای نهایی و دمای لحظه شروع.

برای انجام آزمایش گرماسنجی، نمونه مطابق شکل ۲ در یک کاغذ شکلات پیچ شد و بعد سیم آهنی به دور گردن آن بسته شد. مقدار عددی ΔH یا آنتالپی (انرژی آزاد شده از مواد مورد استفاده) نیز می‌تواند منفی (واکنش گرمازا، انرژی‌زا) یا مثبت (واکنش گرماگیر) باشد.

محاسبه بازده جذب غذا

بازده جذب (AE)، مطابق نسبت کانوور (رابطه ۴) تعیین شد (Conover, 1966; Bayne et al., 1985; Savari, 1988; Liu et al., 2014).

رابطه ۴:

$$AE (\%) = [(F - E) / ((1 - E) \times F)] \times 100$$

$$F = F_{DWAF} / F_{DW}$$

$$E = E_{DWAF} / E_{DW}$$

F_{DW} : وزن خشک غذا (گرم)؛ F_{DWAF} : وزن خشک بدون خاکستر غذا (گرم)؛ E_{DW} : وزن خشک مدفوع (گرم)؛ E_{DWAF} : وزن خشک مدفوع بدون خاکستر مدفوع (گرم).

محاسبه انرژی معادل صافی خواری

انرژی هم‌ارز (EA) با نرخ صافی خواری از

رابطه ۵ به دست آمد (Widdows and

(تعداد بر لیتر)؛ DW : وزن خشک بافت نرم صدف (گرم)؛ t : مدت زمان آزمایش (ساعت).

رابطه ۱ مطابق آنچه در این پژوهش انجام شد به طور ساده‌تر درآمد و به صورت رابطه ۲ تغییر یافت.

رابطه ۲:

$$CR (L/g/h) = 2 \times [(\log_e C_1 - \log_e C_2) / DW \times 2]$$

$$CR (L/g/h) = (\ln C_1 - \ln C_2) / DW$$

عملیات گرماسنجی یا کالریمتری

میزان انرژی ریزجلیک‌ها به روش گرماسنجی (کالریمتری) ^۱ و با استفاده از دستگاه بمب کالریمتر (Julius Peters KG Berlin, آلمان) و در آزمایشگاه شیمی-فیزیک دانشکده شیمی دانشگاه فردوسی مشهد تعیین شد. طی این عملیات، مقدار مشخصی از نمونه مورد نظر (کمتر از یک گرم) در داخل محفظه دستگاه قرار داده شد و در معرض اکسیژن خالص منفجر و انرژی آزاد شده مطابق رابطه ۳ محاسبه شد (Levine, 2009).

رابطه ۳:

$$C_s (J) = (m_{Fe} \cdot \Delta H_{Fe} + m_p \cdot \Delta H_p + m_s \cdot \Delta H_s) / \Delta t$$

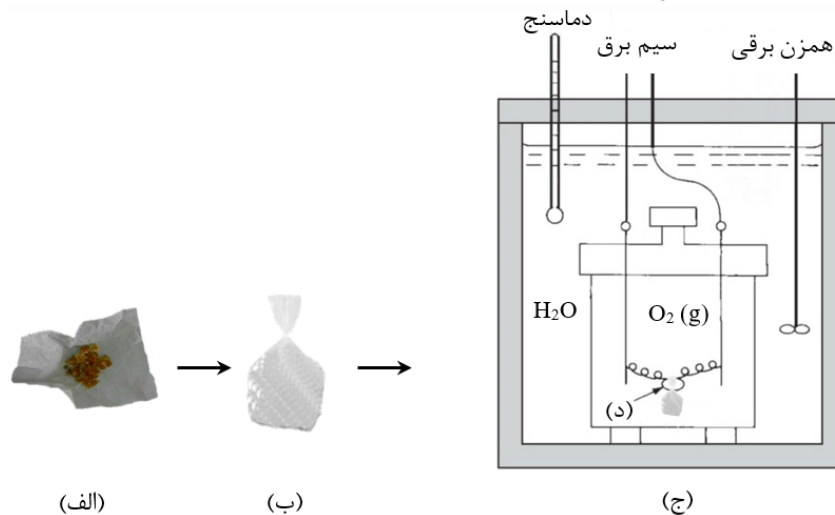
C_s : ظرفیت گرمایی دستگاه کالریمتر؛ m_{Fe} : جرم سیم آهنی؛ m_p : جرم کاغذ؛ m_s : جرم نمونه؛ ΔH :

CR: نرخ صافی خواری (لیتر بر گرم بر ساعت)؛ C_C : تراکم یا غلظت سلول‌های مورد تغذیه صدف؛ ΔH : انرژی ریزجلیک؛ AE: بازده جذب سلول‌های ریزجلیکی.

Staff, 2006; Mubiana and Blust, (2007).

رابطه ۵:

$$EA \text{ (J/g/h)} = CR \times C_C \times \Delta H \times AE]$$



شکل ۲: الف و ب) شکلات پیچ شدن نمونه مورد نظر برای کالریمتری. ج) مقطع شماتیک دستگاه کالریمتر که بمب حاوی گاز اکسیژن خالص در داخل آن نشان داده شده است (Levine, 2009). فلش «د» محل محکم شدن گره به دور گردن بسته شکلات پیچ شده را در داخل محفظه بمب و متصل به میله حامل برق ۲۴ ولت نشان می‌دهد.

CR: نرخ صافی خواری؛ AE: بازده جذب غذا؛ FE: انرژی غذا. در رابطه ۶، انرژی غذا (FE) طی عملیات کالریمتری محاسبه شد. محاسبه انرژی تلف شده

محاسبه انرژی جذب شده

انرژی جذب شده غذا (EA)، از ضرب نرخ صافی خواری در بازده جذب غذا مطابق رابطه ۶ به دست آمد که وابسته به نرخ صافی خواری (CR)، غلظت غذا و بازده جذب غذا (AE) بود (Widdows et al., 1990).

رابطه ۶:

$$EA \text{ (J/g/h)} = CR \times AE \times FE$$

معادله محاسبه نرخ تنفس در پژوهش حاضر، به صورت رابطه ۸ ساده شد.
رابطه ۸:

$$R_r (\mu\text{mol O}_2/\text{h}) = (C_{t_0} - C_{t_1}) \times 2 \times [60 / (2)]$$

$$R_r (\mu\text{mol O}_2/\text{h}) = (C_{t_0} - C_{t_1}) \times 60$$

محاسبه انرژی دفع شده به صورت آمونیا برای محاسبه انرژی دفع شده به صورت آمونیا ابتدا نرخ دفع آمونیا (AER) بر حسب گرم بر ساعت مطابق رابطه ۹ محاسبه شد. سپس انرژی از دست رفته به صورت آمونیا (E) مطابق رابطه ۱۰ به دست آمد (Mubiana and Blust, 2007).

رابطه ۹:

$$\text{AER} (\mu\text{mol NH}_3\text{-N/g/h}) = C_{\text{Am}} \times (W - t)$$

C_{Am} : غلظت آمونیا (میکرومول بر لیتر)؛ W : وزن صدف؛ t : طول مدت آزمایش.

در رابطه ۹، غلظت آمونیا مطابق روش Solórzano به دست آمد (Mubiana and Blust, 2007; Savari, 1988).

رابطه ۱۰:

$$E (\text{J/g/h}) = \text{AER} (\mu\text{mol NH}_3\text{-N/g/h}) \times 0.349$$

مطابق رابطه ۱۰، نرخ آمونیا تولید شده توسط هر صدف در عدد ۰/۳۴۹ ضرب شد. زیرا تولید هر میکرومول آمونیا توسط صدف با

انرژی تلف شده مساوی با مجموع انرژی از دست رفته در تنفس (R) و انرژی دفع شده از طریق ادرار به صورت آمونیا^۱ (E) است.

محاسبه انرژی تلف شده در تنفس

برای محاسبه انرژی تنفسی که مقدار انرژی از دست رفته در حین تنفس را نشان می‌دهد، از رابطه ۷ استفاده شد (Halldorsson et al., 2005).

رابطه ۷:

$$R_r (\mu\text{mol O}_2/\text{h}) = (C_{t_0} - C_{t_1}) \times V_r \times [60 / (t_0 - t_1)]$$

R_r : نرخ تنفس (میکرومول اکسیژن بر ساعت)؛ C_{t_0} : غلظت اکسیژن در آغاز و پایان آزمایش (میلی گرم بر لیتر)؛ C_{t_1} : غلظت اکسیژن در پایان آزمایش (میلی گرم بر لیتر)؛ V_r : حجم آب دریا در داخل ظرف آزمایش (لیتر)؛ t_0 : لحظه شروع آزمایش؛ t_1 : لحظه پایان آزمایش.

به منظور محاسبه انرژی معادل برای نرخ تنفس نیز نرخ تنفس در میزان انرژی معادل مصرف هر میکرومول اکسیژن بر ساعت، یعنی در عدد ۰/۴۵۶ ضرب شد (Mubiana and Blust, 2007). به این ترتیب، انرژی مصرف شده در تنفس بر حسب ژول بر گرم بر ساعت (J/g/h) به دست آمد.

1- Ammonia: $\text{NH}_3 - \text{N}$

مصرف انرژی ۰/۳۴۹ ژول بر ساعت همراه است.

محاسبه توان رشد

توان رشد (SFG) بر حسب ژول بر گرم بر ساعت، مطابق رابطه ۱۱ محاسبه شد (Bayne et al., 1985; Halldorsson et al., 2005; Mubiana and Blust, 2007).

رابطه ۱۱:

$$SFG (J/g/h) = EA - (R + E)$$

EA: انرژی جذب شده (ژول بر گرم بر ساعت)؛ R: انرژی تنفسی؛ E: انرژی دفعی.

برای انجام این محاسبه، در واقع نوعی استوکیومتری^۱ یا محاسبه جزبه‌جز انجام می‌شود. به این معنی که مقدار هریک از اجزای معادله تامین انرژی جانور باید قبلاً تعیین شود.

طبق رابطه ۱۱، SFG عبارت از تفاوت بین انرژی جذب شده از غذا و انرژی صرف شده برای متابولیسم است.

محاسبه کارایی رشد خالص

محاسبه کارایی رشد خالص مطابق رابطه ۱۲ صورت گرفت (Bayne et al., 1985).

رابطه ۱۲:

$$K_2 = [A - (R + U)] / A$$

A: انرژی جذب شده (ژول بر گرم بر ساعت)؛ R: انرژی مصرف شده در تنفس (ژول بر گرم بر ساعت)؛ U: انرژی مصرف شده در ترشح (ژول بر گرم بر ساعت).

محاسبه کارایی رشد ناخالص

محاسبه کارایی رشد ناخالص براساس رابطه ۱۳ به دست آمد (Stenton and Brown, 1988).

رابطه ۱۳:

$$K_1 = SFG / C$$

SFG: توان رشد (ژول بر ساعت بر گرم وزن خشک)؛ C: انرژی مصرفی (ژول).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمون کروسکال والیس برای مقایسه میانگین توان رشد ایستگاه‌ها و آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه، آزمون توکی و آزمون t برای مقایسه K_1 و K_2 در نرم‌افزار SPSS 20 به کار گرفته شد. و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2016 استفاده شد.

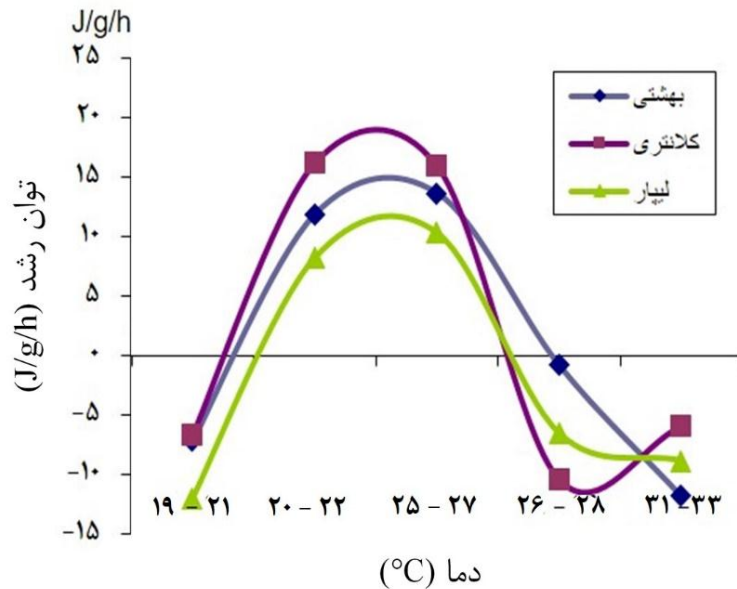
نتایج

کالریمتری

مواد تحت آزمون کالریمتری همگی انرژی‌زا بودند، بنابراین اعداد حاصل از کالریمتری منفی بودند. صدف‌های ایستگاه کلانتری در دمای ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد است. در ضمن، در این دما بین میانگین توان رشد ایستگاه‌ها تغییر معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.01$).

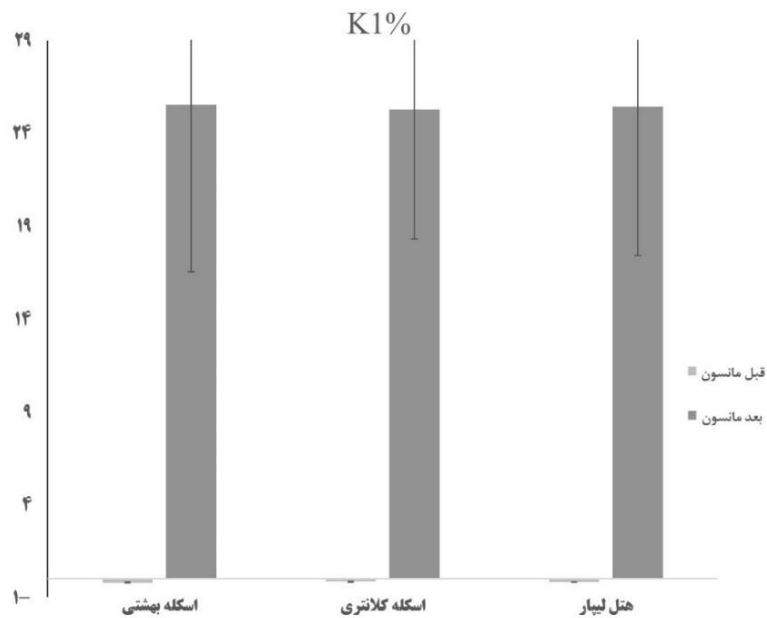
توان رشد *Azumapecten ruschenbergerii*

توان رشد به عنوان نماینده وضعیت کلی بیلان انرژی دوکفه‌ای *A. ruschenbergerii* محاسبه شد و شکل ۳ تغییرات توان رشد این دوکفه‌ای را در برابر تغییرات دمایی ۱۹ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. نمودار نشانگر آن است که بیشترین مقدار توان رشد به میزان ۱۹ ژول بر گرم بر ساعت متعلق به شاخص‌های کارایی رشد هر دو شاخص K_1 (شکل ۴) و K_2 (شکل ۵) بین دوره‌های قبل از مانسون و بعد از مانسون اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$).

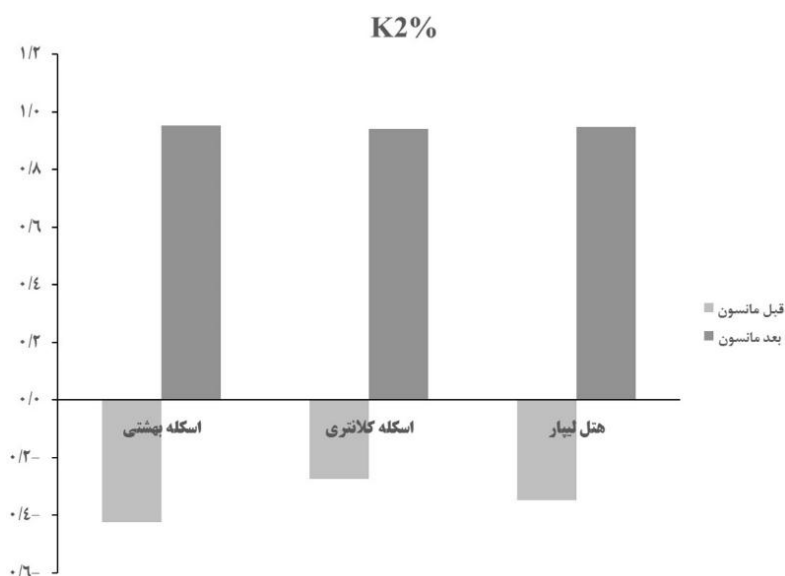


شکل ۳: مقایسه توان رشد صدف *Azumapecten ruschenbergerii* در برابر تغییرات دما

هدف اصلی این پژوهش مقایسه شاخص‌های بیلان انرژی در دو موعده قبل و بعد از مانسون بوده است و مقایسه هر کدام از شاخص‌های K_1 و K_2 با نظیر خود در دو دوره قبل و بعد از مانسون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آن‌ها بود ($P < 0.05$). به علاوه، مقایسه K_1 و K_2 بین ایستگاه‌های مختلف نشان داد که در موعده قبل از مانسون در میانگین شاخص کارایی رشد ناخالص (K_1)، مطابق رابطه ۱۳، قبل از مانسون 0.19 ± 0.16 درصد و بعد از مانسون 0.30 ± 0.05 درصد بود و تفاوت آن‌ها معنی‌دار بود ($P < 0.001$). میانگین شاخص کارایی رشد خالص (K_2)، مطابق رابطه ۱۲، قبل از مانسون -0.26 ± 0.33 درصد و بعد از مانسون 0.94 ± 0.03 درصد و تفاوت آن‌ها معنی‌دار بود ($P < 0.001$).



شکل ۴: مقایسه شاخص کارایی رشد ناخالص (K_1) در صدف *Azumapecten ruschenbergerii* قبل و بعد از مانسون



شکل ۵: مقایسه شاخص کارایی رشد خالص (K_2) در صدف *Azumapecten ruschenbergerii* قبل و بعد از مانسون

مورد شاخص K_1 اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P > 0.05$) اما در مورد شاخص K_2 اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$) و در ادامه، آزمون توکی این اختلاف را بین ایستگاه‌های بهشتی و کلانتری معنی‌دار نشان داد.

بحث

برای مقایسه بهتر دو شاخص K_1 (SFG/C) و K_2 در صدف دوکفه‌ای *Azumapecten ruschenbergerii* رابطه

۱۲ برای محاسبه K_2 ساده شده و به صورت SFG/A درآمد. در این دو معادله SFG یا توان رشد مشترک است اما به جای انرژی مصرفی (C) در معادله K_1 و انرژی جذب شده (A) در معادله K_2 جایگزین شده است. به این ترتیب، مقایسه انرژی مصرفی قبل از مانسون نشان داد که در بین ایستگاه‌ها تغییر معنی‌داری وجود نداشت، اما در انرژی جذب شده تفاوت معنی‌داری بین دو ایستگاه بهشتی (میانگین $27/13 \pm 20/29$ ژول بر گرم بر

ویژه هنگامی که در برابر غلظت و تراکم مناسبی از ریز جلبک‌ها قرار بگیرند به عنوان یک فیلتر زیستی مهم تلقی می‌شوند. تاکنون مطالعه بر دوکفه‌ای‌های فیلتر کننده به دفعات، فقط در مورد ماسل گورخری یا زبرا (*Dreissena polymorpha*) به انجام رسیده است و مشخص شده است که این ماسل در مقابله با شکوفایی جلبک سبز- آبی جنس *Microcystis* بهترین فیلتر کننده بوده است (Caraco et al., 1997; Liu et al., 2014).

از سوی دیگر، تغییرات شاخص‌های زیست‌محیطی و فصلی، از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر آبیان به شمار می‌رود (Macleod and Helidoniotis, 2006). تغییرات فصلی اکسیژن محلول در خلیج چابهار نشان داد که میانگین غلظت اکسیژن در هنگام مانسون کاهش شدیدی داشت و فقط فصل مانسون با دو دوره قبل و بعد از مانسون تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$) (لقمانی دوین، ۱۳۹۴). بنابراین، با وجود این که در فرآیندهای متابولیکی ارگانیسم‌های آبی پرسلولی، اکسیژن محلول یک عامل اصلی محسوب می‌شود و منشا آن، اتمسفر و تولیدکنندگان اولیه هستند (Breitburg et al., 2003)، به نظر می‌رسد که غلظت اکسیژن عامل اثرگذار

ساعت) و کلانتری ($31/34 \pm 15/17$) ژول بر گرم بر ساعت) مشاهده شد.

در موعده بعد از مانسون، شاخص K_1 اختلاف معنی‌داری را بین ایستگاه هتل لیپار با ایستگاه‌های بهشتی و کلانتری نشان داد ($P < 0.05$). برای شاخص K_2 نیز همانند شاخص K_1 اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه هتل لیپار با ایستگاه‌های بهشتی و کلانتری وجود داشت ($P < 0.05$). بنابراین، به نظر می‌رسد که صدف‌های ایستگاه هتل لیپار هم از نظر انرژی جذب شده و هم از نظر انرژی مصرفی با دو ایستگاه دیگر تفاوت داشتند. بستر مرجانی ایستگاه هتل لیپار همراه با تماس آب ایستگاه با آب آزاد خلیج چابهار موید این نکته و حضور استرس کمتر است.

همان طور که Bayne و همکاران (۱۹۸۵) و Liu و همکاران (۲۰۱۴) مطرح کردند، بی‌مهرگان ساکن در مصب‌ها و خلیج‌ها از بهترین گزینه‌ها برای ارزیابی آثار استرس حاکم بر این گونه محیط‌ها هستند. زیرا توان جا به جایی زیاد و فرار از محیط را ندارند. از این رو، بررسی آثار فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بر آن‌ها، با سهولت و سرعت، وضعیت رشد موجودات تحت استرس را مشخص می‌کند. دوکفه‌ای‌ها به

مانسون دمای آب به حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد، انتظار می‌رود بعد از مانسون استرس و انرژی مورد نیاز صدف‌ها کاهش یابد. مطالعه حاضر، نمودار ۱ نیز نشان می‌دهد که در دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد توان رشد *A. ruschenbergii* افزایش یافته است. همچنین، کارایی رشد ناخالص و خالص نیز افزایش یافت. با توجه به افزایش معنی‌دار شاخص‌های کارایی رشد ($P < 0/001$) در دمای حاکم بر دوره بعد از مانسون، نتایج بر کاهش استرس و افزایش توان رشد به ازای واحد انرژی جذب شده دلالت می‌کند. نتایج Bayne و همکاران (۱۹۸۵) و Stenton و Brown (۱۹۸۸) نیز موید این مطلب است و نشان می‌دهد که هر دو شاخص توان و کارایی رشد در مقادیر نزدیک به صفر حاکی از جیره غذایی حداقلی و مقادیر منفی آن‌ها بر وجود استرس و مصرف انرژی ذخیره شده دلالت دارد. همچنین Tomczak و Godfrey در سال ۲۰۰۳ اشاره کردند که در مانسون تابستانه بادهای بسیار شدیدی در منطقه می‌وزد. به نظر می‌رسد این وضعیت باعث اختلاط بهتر آب، صعود مواد مغذی به سطح و نفوذ اکسیژن به عمق شود و همه این شرایط دلالت بر وضع بهتر تغذیه برای

بر تغییر توان رشد در قبل و بعد از مانسون نباشد.

مطابق مطالعات لقمانی دوین (۱۳۹۴)، میزان آلاینده‌های خلیج چابهار در دوره مانسون و دو مقطع قبل و بعد از آن تغییر معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$). بنابراین، با توجه به عدم تغییر معنی‌دار غلظت اکسیژن و آلاینده‌های خلیج چابهار، به نظر می‌رسد که مهم‌ترین عامل اثرگذار بر تغییر توان رشد، عواملی مانند دما و تغییر غلظت و ترکیب ریزجلبکی در این خلیج باشد. مطابق این مطالعه، دمای قبل از مانسون و بعد از مانسون دارای اختلاف معنی‌داری بود و میانگین دمایی کل، قبل از مانسون بیشتر از بعد از مانسون بود (لقمانی دوین، ۱۳۹۴). این تغییرات دمایی مشابه مطالعات شکوری (۱۳۸۸)، اعتمادی و همکاران (۱۳۹۱)، سلیمانی‌راد و همکاران (۱۳۹۲)، Taheri و همکاران (۲۰۱۰) و Fazeli و همکاران (۲۰۱۳) است.

مطابق بررسی Gosling (۲۰۰۴) صدف‌هایی که دمای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند دمای مطلوب تولیدمثل آن‌ها در حدود دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد است و با توجه به این که بعد از

و به عبارت دیگر، استرس کمتری را متحمل خواهد شد.

تشکر و قدردانی

از کلیه عزیزانی که در انجام این پژوهش به هر صورت یاری رسان بوده‌اند سپاسگزاری می‌شود، به ویژه آقایان دکتر مهران لقمانی و دکتر حسین جعفری که در زمینه تحلیل‌های آماری کمک نمودند. کلیه کارکنان محترم مرکز تحقیقات شیلات چابهار که امکانات انجام این پژوهش را در اختیار قرار دادند و از دانشکده شیمی دانشگاه فردوسی مشهد، آقای دکتر ایزدیار مسئول آزمایشگاه و خانم مهندس ضیایی کارشناس آزمایشگاه که در رابطه با کالریمتری، مواد، دستگاه‌ها و همه امکانات مورد نیاز در این پژوهش را در اختیار گذاشتند.

A. ruschenbergerii در شرایط طبیعی خلیج چابهار پس از مانسون تابستانی دارد.

شاخص‌های رشد خالص و ناخالص نمایه‌ای تکمیلی برای پیش‌بینی یا تفسیر وضعیت زیستی صدف *A. ruschenbergerii* و معیاری است که میزان غذای تبدیل شده به بافت بدن را نشان می‌دهد. کاهش هر دو شاخص رشد به سمت منفی در دوره قبل از مانسون نشان دهنده میزان بیشتر انرژی جذب شده از غذا برای حفظ حیات صدف است. به عکس، در دوره بعد از مانسون که یکی از تغییرات بارز آن کاهش نسبی دما بوده است، افزایش شاخص‌ها به سمت مثبت، دلالت بر کاهش انرژی جذب شده دارد. به این معنی که صدف انرژی بیشتری را صرف رشد خواهد کرد

منابع

- مجله اقیانوس‌شناسی، ۱۶(۱۰): ۴۴-۵۳.
- شکوری ا. ۱۳۸۸. بررسی ساختارهای ناهمگن اجتماعات خیارهای دریایی در خلیج چابهار با استفاده از مدل اکولوژیکی. رساله دکتری، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۶۴ص.
- لقمانی دوین م. ۱۳۹۴. بررسی بیوسنتز متالوتیونین و تنوع پرتاران پهنه زیرکشدی خلیج چابهار متأثر از مانسون و فلزات سنگین با استفاده از GIS. رساله دکتری، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۸۵ص.
- اعتمادی ا.، سواری ا.، ولی‌نسب ت. و سخایی ن. ۱۳۹۱. شناسایی گونه‌ای و بررسی تاثیر پدیده مانسون بر خرچنگ‌های خانواده Ocypodidae (Decapoda: Brachura) در مناطق جزر و مدی دریای عمان، استان هرمزگان. مجله علوم و فنون دریایی، ۱۱(۱): ۳۲-۱۸.
- سلیمانی‌راد آ.، کامرانی ا.، کشاورز م.، وزیری‌زاده ا. و بهره‌مند م. ۱۳۹۲. مقایسه تنوع و پراکنش پرتاران جاسک شرقی و غربی در منطقه حفاظت شده جاسک (دریای عمان). increased grazing. Ecology, 78: 588-602.
- Conover R.J. 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. Limnology and Oceanography, 11(3): 338-345.
- Ezgeta-Balic D., Rinaldi A., Peharda M., Prusina I., Montalto V., Niceta N. and Sara G. 2011. An energy budget for the subtidal bivalve *Modiolus barbatus* (Mollusca) at different temperatures. Marine Environmental Research, 71: 79-85.
- Fazeli N., Savari A., Nabavi S.M.B. and 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.
- 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. and Widdows J. 1985. The effects of stress and pollution on marine animals. Praeger Publishers, USA. 402P.
- Breitburg D.L., Adamack A., Rose K.A., Kolesar S.E., Decker M.B., Purcell J.E., Keister H.E. and Cowan J.H. 2003. The pattern and influence of low dissolved oxygen in the Patuxent River, a seasonally hypoxic estuary. Estuaries, 26: 280-297.
- Caraco N.F., Cole J.J., Raymond P.A., Strayer D.L. and Pace M.L. 1997. Zebra mussel invasion in a large, turbid river: Phytoplankton response to

- Flexner S.B. and Hauck L.C. 1987.** The Random House Dictionary of the English Language (RHD). Random House Incorporation, USA. 2478P.
- Gosling E. 2004.** Bivalve Molluscs, Biology, Ecology and Culture, Fishing News Books. Blackwell, UK. 443P.
- Halldorsson H.P., Svavarsson J. and Granmo A. 2005.** The effect of pollution on scope for growth of the mussel *Mytilus edulis* L. in Iceland. Marine Environmental Research, 59: 47–64.
- Laing I. 2002.** Scallop cultivation in the UK: A guide to site selection. CEFAS and University of Southampton, England. 26P.
- Levine I.N. 2009.** Physical Chemistry. McGraw-Hill, USA. 994P.
- Liu Y, Hao A., Iseri Y., Kuba T. and Zhang Z. 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.
- Macleod C. and Helidoniotis F. 2006.** Biological Status of the Derwent and Huon Estuaries, Marine Research Laboratories. Tasmanian Aquaculture and Fisheries Institute, Tasmanian. 109P.
- Mubiana V.K. and 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: 219 – 235.
- Savari A. 1988.** Ecophysiology of the common cockle (*Cerastoderma edule* L.) in Southampton water, with particular reference to pollution. Ph.D. Thesis, University of Southampton, UK. 323P.
- Stenton J.M.E. and Brown A.C. 1988.** Feeding, assimilation, and scope for growth in the scavenging sandy-beach neogastropod *Bullia digitalis* (Dillwyn). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 119: 253–268.
- Taheri M., Yazdani Foshtomi M. and 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.
- Tomczak M. and Godfrey J.S. 2003.** Regional Oceanography, An Introduction. Daya Publishing House, India. 391P.
- Widdows J. and Staff F. 2006.** Biological effects of contaminants: Measurement of scope for growth in mussels. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences, 40: 1–30.

Widdows J., Burns K.A., Menon N.R., Page D.S., and 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.

Widdows J., Nasci C. and Fossato V.U. 1997. Effects of pollution on the scope for growth of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Venice Lagoon, Italy. *Marine Environmental Research*, 43(1/2): 69–79.



Research Paper

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

Mohammad Mansur Toutouni^{1*}, Ahmad Savari², Babak Doustshenas³,
Nasrin Sakhaei³, Daniel Azhdari⁴

Received: January 2018

Accepted: August 2018

Abstract

The scope for growth as a proportion of the energy absorbed and is a measure of the efficiency with which the food is converted into body tissues. It is mentioned in both net and gross growth efficiency. In this study, the scope for growth and growth efficiency of the bivalve *Azumapecten ruschenbergerii* have been investigated at Chabahar Bay before and after summer monsoon, as a laboratory experiment. Monsoonal climate dominates the northern Indian Ocean, and its effects felt in summer and winter with stronger winds in summer. According to this, the study on the energy budget of mentioned bivalve at 19 to 33 °C showed that the average of both indices has significant increase after summer monsoon ($P < 0.001$). The results indicated that *A. ruschenbergerii* is opposed to better condition and less stress after the monsoon.

Key words: *Growth Scope*, *Growth Efficiency*, *Azumapecten ruschenbergerii*, *Chabahar Bay*.

1- Assistant Professor in Marine Biology Department, Faculty of Marine Science, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran.

2- Professor in Marine Biology Department, Faculty of Marine and Ocean Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

3- Associate Professor in Marine Biology Department, Faculty of Marine and Ocean Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

4- Assistant Professor in Iran Fisheries Organization, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: m.tootooni@yahoo.com