مقاله علمی–پژوهشی:

مشارکت منابع غذایی اولیه در تغذیه *Parasesarma persicum* Naderloo and Schubart, 2010 در بوم‌سازگان مانگرو در ذخیره گاه زیست کره حرا با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار

ملیکا مشهدی فراهانی[۱]، مهدی قدرتی شجاعی*[۱]، مریم ویجت[۲]

*mshojaei@modares.ac.ir

۱- گروه زیست شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
۲- انستیتو تحقیقات قطبی و سردسیری آلفرد وگنر، برمرهاون، آلمان

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

چکیده

هدف از پژوهش حاضر تعیین ترکیب ایزوتوپی منابع غذایی اولیه در بوم‌سازگان حرای بندر خمیر و برآورد میزان مشارکت این منابع در تغذیه خرچنگ گونه *Parasesarma persicum* بود. در این بوم‌سازگان پنج منبع غذایی اولیه شامل برگ‌های سبز و زرد درخت حرا (*Avicennia marina*)، میکروفیتوبنتوزها، ذرات آلی معلق و ذرات آلی رسوب جمع‌آوری و مورد سنجش ایزوتوپی قرار گرفتند. به منظور سنجش ترکیب ایزوتوپی خرچنگ‌ها از بافت عضله سفید آنها نمونه‌برداری گردید. کمترین میانگین نسبت ایزوتوپی کربن ($\delta^{13}C$) در برگ‌های حرا مشاهده شد که به‌ترتیب ۲۸/۳۱- و ۲۸/۰۵- واحد در هزار برای برگ‌های سبز و زرد بود. میانگین نسبت ایزوتوپی نیتروژن ($\delta^{15}N$) برگ‌های سبز و زرد حرا نیز به‌ترتیب ۳/۷۹ و ۵/۰۸ واحد در هزار به‌دست آمد. میانگین و انحراف معیار نسبت ایزوتوپی کربن و نیتروژن گونه خرچنگ به ترتیب ۱/۱±۱۹/۴۸- واحد در هزار و ۱/۳۱±۴/۱۸ واحد در هزار به‌دست آمد. نتایج مدل ایزوتوپی نشان داد که برگ زرد گیاه حرا با ۲۸/۱٪ و ذرات آلی رسوب با ۱۳/۳٪ به ترتیب بیشترین و کمترین مشارکت را در تامین غذای این گونه بر عهده دارند. نتایج این پژوهش بر اهمیت تولیدات اولیه گیاه حرا در حمایت از شبکه غذایی نواحی ساحلی تاکید می‌کند. این نتایج همچنین بر نقش سازنده این گروه از خرچنگ‌ها در سلامت بوم‌سازگان حرا تاکید دارد.

لغات کلیدی: حرا، شبکه‌غذایی، ایزوتوپ کربن، ایزوتوپ نیتروژن، خلیج فارس

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

مقدمه

جنگل‌های مانگرو که در حد فاصل بین دریا و خشکی و در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان پراکنش دارند، جزو مهم‌ترین بوم‌سازگان های ساحلی می‌باشند (Alongi, 2002). این بوم‌سازگان‌ها مکان‌های مهمی برای تغذیه و تخم‌ریزی موجودات آبزی فراهم می‌کنند، محل‌های نوزادگاهی گونه‌های تجاری مانند میگوها و ماهیان می‌باشند و پناهگاه ارزشمندی برای برخی از آبزیان و پرندگان در فصل مهاجرت هستند (Spalding, 2010; Kon *et al*., 2011; Hogarth, 2015). از دیگر فواید بوم‌سازگان‌های مانگرو می‌توان به نقش آنها در چرخه مواد مغذی اشاره نمود که در کاهش آلودگی‌های ساحلی نقش انکارناپذیری دارد (Robertson and Duke, 1987). همچنین ساختار تنه و ریشه‌های هوایی گیاهان مانگرو با ایجاد سدی از نواحی ساحلی در برابر امواج و طوفان‌ها محافظت کنند (Alongi, 2002; Spalding, 2010). بوم‌سازگان‌های مانگرو منبع غنی از تولیدات اولیه می‌باشند (Bouillon *et al*., 2002; Shahraki *et al*., 2014). در کنار گیاهان مانگرو، میکروفیتوبنتوزها[1]، جلبک‌های ماکروسکوپی و همچنین فیتوپلانکتون‌ها نیز در تولیدات این بوم‌سازگان‌ها نقش دارند (Duke *et al*., 2007). میزان این تولیدات وابسته به ساختار بوم سازگان و شرایط هیدروبیولوژیکی زیستگاه ها است که بر همین اساس میزان مشارکت این تولیدات در شبکه غذایی بوم سازگان می‌تواند متغیر باشد (Fry and Ewel, 2003; Kon *et al*., 2007). در مورد گیاهان حرا، از آنجاییکه میزان فتوسنتز این گیاهان از لحاظ زمانی و مکانی متفاوت است، تولیدات اولیه و نیز میزان مشارکت آنها در تامین مواد آلی مورد نیاز مصرف‌کنندگان ساکن این زیستگاه‌ها نیز می‌تواند بسیار متفاوت باشد (Bouillon *et al*., 2002; Kon *et al*., 2011). از سویی، به دلیل توانایی مصرف‌کنندگان کفزی در تغییر رژیم غذایی خود در صورت کمبود منابع، فراوانی و تراکم منابع غذایی اولیه نقش مهمی در مشخص کردن وضعیت تغذیه‌ای مصرف کنندگان دارد (Shojaei *et al*., 2015; Degen *et al*., 2018).

خرچنگ های خانواده Campuandriidae و Sesarmidae فراوانترین گروه خرچنگ‌ها در جنگل‌های حرای ذخیره‌گاه زیست کره حرا و از مهمترین گروه‌های کارکردی ساکن این جنگل‌ها هستند (دلفان و همکاران، ۱۳۹۹). این خرچنگ‌ها به عنوان گونه‌های سازنده[2] می‌توانند از طریق فرآیند آشفتگی زیستی در ایجاد، حفظ و یا تغییر ساختار زیستگاه‌ها نقش دارند (Skov *et al*., 2002; Kristensen, 2008). نقش مهم دیگر این گروه در شبکه غذایی بوم‌سازگان‌های مانگرو، ارتباط بین تولیدات اولیه در سطح اول زنجیره غذایی و مصرف‌کننده‌ها در سطوح بالاتر است (Thongtham and Kristensen, 2005; Nordhaus and Wolff, 2007).

درختان حرا در خلیج فارس در منطقه‌ای واجد اقلیمی بیابانی با متوسط بارش زیر ۲۰۰ میلی‌متر در سال زندگی می‌کنند (Sheppard *et al*., 2010). دمای زیاد در تابستان و بادهای شدید در زمستان سبب تبخیر ۲-۱ متر در سال می‌شود که باعث شوری زیادتر از ۳۵ واحد در هزار در بخش‌های ساحلی می شود (Shahraki *et al*., 2014). شرایط محیطی سخت می‌تواند تولیدات اولیه و عملکرد این گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد (Sheppard *et al*., 2010; Shahraki *et al*., 2014) با این وجود تولیدات اولیه کم این گیاهان لزوما به معنای عدم مشارکت آنها در تامین غذای آبزیان این بوم سازگان‌ها نیست (Cusack *et al*., 2018). برای نمونه نتایج پژوهشی در جنگل‌های حرا در سواحل شرقی قطر، آنالیز محتوای معده و روش آنالیز ایزوتوپی نشان داده است که میگوی گونه (*Palaemon khari*) در دوران لاروی خود وابسته به برگ گیاهان حرا برای تامین مواد آلی خود است (Al-Maslamani *et al*., 2012). در منطقه قشم، نقش تولیدات اولیه گیاه حرا در تامین غذای ماهیان ساکن نهرها به طور مشخصی مورد تاکید قرار گرفته است (Shahraki *et al*., 2014).

[1] Microphytobenthos

[2] Ecosystem engineer

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

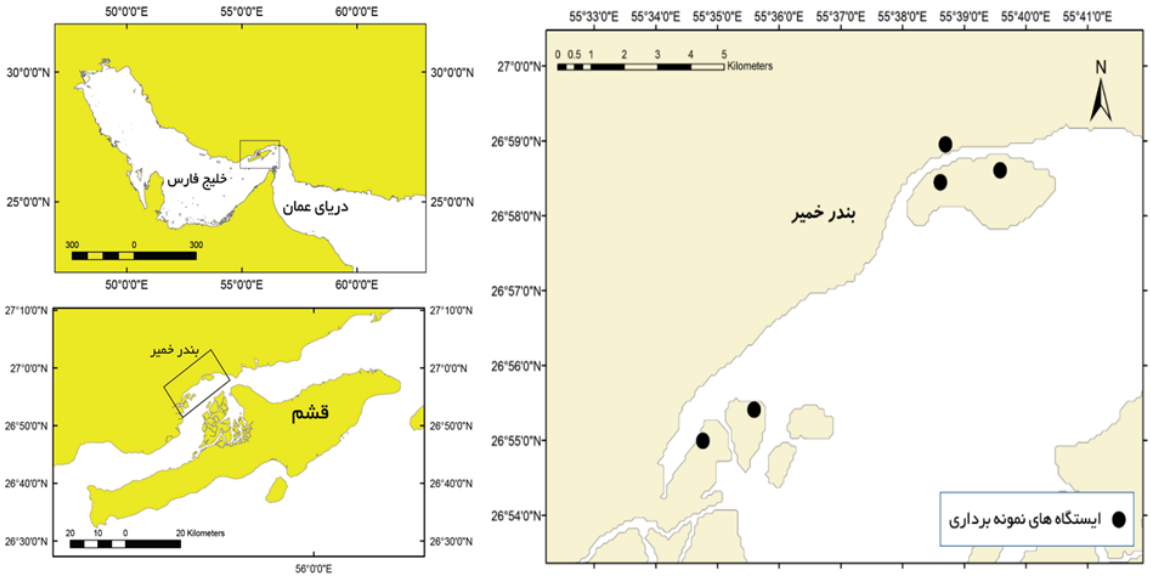
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

شناخت شبکه غذایی بوم‌سازگان‌های دریایی کمک می‌کند تا نحوه انتقال انرژی بین سطوح تغذیه‌ای بهتر شناخته شوند (Demopoulos *et al*., 2007) و پاسخ بوم‌سازگان‌ها به عوامل تنش‌زای محیطی مانند تغییرات اقلیم یا ورود گونه‌های خارجی با دقت بیشتری مطالعه گردد (Phillips and Gregg, 2001). امروزه برای بررسی بهتر ساختار شبکه غذایی بوم سازگان‌های دریایی از ایزوتوپ‌های پایدار استفاده می‌شود. دقت زیاد، قابلیت اندازه‌گیری در نمونه‌های بسیار کوچک، امکان سنجش آن در مجموعه‌ای از ترکیبات زنده و ترکیبات غیر زنده (رسوب، محلول در آب و غیره) از ویژگی‌های منحصربه فرد آنها برای استفاده در مطالعات بوم‌شناختی است (Fry, 2006; van Oevelen *et al*., 2009; Bouillon, 2011). در مورد بی‌مهرگان که امکان بررسی گوارشی آنها وجود ندارد، این روش‌ها گاهی تنها روش برای بررسی رژیم غذایی موجودات است (Fry, 2006; Leung, 2015). در پژوهش حاضر از ایزوتوپ‌های پایدار کربن و نیتروژن ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$) به منظور شناسایی منابع غذایی اولیه و نقش تغذیه‌ای آنها در جنگل حرای بندر خمیر در ذخیرهگاه زیست کره حرا استفاده شد. اهداف اصلی از انجام این پژوهش شامل: (۱) بررسی ترکیب ایزوتوپی منابع غذایی اولیه بوم‌سازگان حرا و تفاوت‌های احتمالی آنها و (۲) بررسی میزان مشارکت هر یک از این منابع در تغذیه گونه *Parasesarma persicum* در ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و آماده سازی نمونه‌ها

در این پژوهش، نمونه‌برداری در بوم‌سازگان حرای بندر خمیر در منطقه‌ای به نام جنگل مردو و در سه ایستگاه صورت گرفت (شکل ۱). گونه حرا، *Avicennia marina* تنها گونه‌ای است که به طور طبیعی در این منطقه رشد می‌کند. رژیم جزر و مدی در این منطقه به صورت دو بار در روز است که در حالت کمینه ۳-۱ متر و در حالت بیشینه ۴-۳ متر ارتفاع دارد (Shahraki *et al*., 2014).



شکل ۱: نقشه محل نمونه‌برداری در بوم‌سازگان حرا بندر خمیر، ذخیره‌گاه زیست کره حرا، خلیج فارس

Figure 1: The map of sampling station at mangrove ecosystem in Hara Biosphere Reserve, Persian Gulf

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

رگ‌های سبز و زرد گیاه حرا، میکروفیتوبنتوزها، ذرات آلی معلق[1] و ذرات آلی رسوب[2] به عنوان منابع غذایی اولیه مورد نمونه برداری قرار گرفتند. برگ‌های سبز و زردگیاه حرا با دست از بخش‌های بالایی سه درخت به طور جداگانه چیده شدند. میکروفیتوبنتوزها هنگام جزر و به کمک اسکالپل از لایه سطحی رسوبات (عمق ۱-۰/۵ میلی‌متر) حاشیه نهرها و داخل جنگل جمع‌آوری شدند. سپس به منظور حذف رسوبات احتمالی، نمونه‌ها روی فیلترهای شیشه‌ای ۰/۷ میکرون واتمن (Whatmann GF/F) به کمک آب مقطر شستشو داده شده شدند. ذرات آلی رسوب سطحی توسط قاشقک از لایه سطحی تا عمق ۲ سانتی‌متر جمع‌آوری شدند. نمونه‌های میکروفیتوبنتوزها و ذرات آلی رسوب بلافاصله در ویال‌های شیشه‌ای قرار گرفتند و در داخل آب مخلوط با یخ قرار گرفتند و سپس فریز شدند (Abrantes and Sheaves, 2009). نمونه‌گیری از ذرات آلی معلق در زمان حداکثر مد صورت گرفت. برای این منظور، حدود ۱۰ لیتر آب دریا از تور پلانکتون‌گیری (چشمه ۴۵ میکرومتر) عبور داده شد (Levin and Currin, 2012). محلول داخل تور جمع‌آوری شد. سپس آب اضافی آن به کمک پمپ خلاء و پس از عبور دادن از روی فیلتر شیشه‌ای ۰/۷ میکرون واتمن گرفته شد. فیلترها سپس در فضای آزاد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نمونه‌برداری از گونه *P. persicum* به صورت تصادفی در حاشیه نهرهای جنگل مردو انجام شد. حدود پنج گرم از بافت عضلانی نرم آنها جدا شده و فریز گردید. در آزمایشگاه سپس تمام نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در خشک کن انجمادی خشک شدند و با استفاده از هاون به پودر یکدست تبدیل شدند. نمونه‌ها سپس در کپسول‌های قلع بسته‌بندی شده و با دستگاه طیف سنج جرمی ایزوتوپی[3] آنالیز شدند.

[1] Particulate Organic Matter
[2] Suspended Organic Matter
[3] Delta V Advantage isotope ratio mass spectrometer

تجزیه و تحلیل آماری

احتمال توزیع نرمال داده های ایزوتوپی به کمک آزمون Shapiro–Wilk مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون Kruskal–Wallis به منظور مقایسه نسبت‌های ایزوتوپی کربن و نیتروژن بین منابع غذایی مختلف استفاده گردید. همچنین برای مقایسه نسبت‌های ایزوتوپی بین برگ سبز و برگ زرد از آزمون Mann–Whitney U استفاده شد. نسبت ایزوتوپی کربن و نیتروژن در نمونه ها از طریق رابطه ذیل محاسبه شدند (Fry, 2006):

$$\delta X(‰) = \frac{\left[\left(R_{Sample} - R_{Standard}\right)\right]}{R_{Standard}} \times 1000$$

در این رابطه R_{sample} و $R_{Standard}$ به ترتیب میزان ایزوتوپ های پایدار در نمونه مورد بررسی و نمونه استاندارد می باشند. میزان استاندارد برای ایزوتوپ نیتروژن، نسبت ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ به نیتروژن ۱۴در نمونه هوا است. میزان استاندارد برای ایزوتوپ کربن، نسبت ایزوتوپ کربن ۱۳ به کربن ۱۲ در نمونه فسیل نوعی گونه دریایی *Belemnitella americana* است. ایزوتوپ‌ها با واحد در هزار (‰) بیان می شوند.

مشارکت نسبی منابع غذایی در تغذیه *P. persicum* به کمک مدل Baysian mixong model تعیین گردید. برای این منظور از بسته SIMMR در نرم‌افزار R 4.0.0 استفاده شد (Team, 2017). پیش فرض اول این مدل ایزوتوپی آن است که تمام منابع غذایی موجود در بوم‌سازگان در مدل مورد استفاده قرار گرفته باشند. برای اطمینان از این موضوع ترکیب ایزوتوپی گونه خرچنگ به همراه منابع غذایی اولیه در مدل Iso-space مورد بررسی اولیه قرار گرفت (Raoult *et al*., 2018). اگرچه این موضوع لزوما به معنای فقدان منابع دیگری بجز منابع مورد مطالعه نیست، ولی می‌تواند نشان دهد که آیا مصرف‌کننده از منابع غذایی انتخابی این مطالعه استفاده کرده است یا نه و بنابراین خروجی مدل قابل اعتماد خواهد بود (Phillips *et al*., 2014). در این مدل غنی شدگی به ازاء هر سطح غذایی[4] برای ایزوتوپ کربن یک

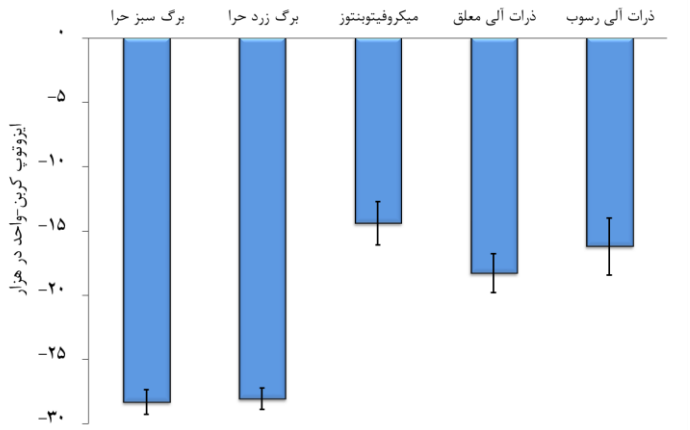
[4] Trophic Enrichment Factor

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

واحد در هزار و برای ایزوتوپ نیتروژن ۲/۶ واحد در هزار در نظر گرفته شد (Abrantes *et al.*, 2015). قبل از اجرای مدل برای تعیین سهم مشارکت هر یک از منابع غذایی، همبستگی بین منابع اولیه غذایی باید مورد بررسی قرار گیرد. در صورت وجود همبستگی بین این منابع، باید یکی از منابع از مدل حذف گردد.

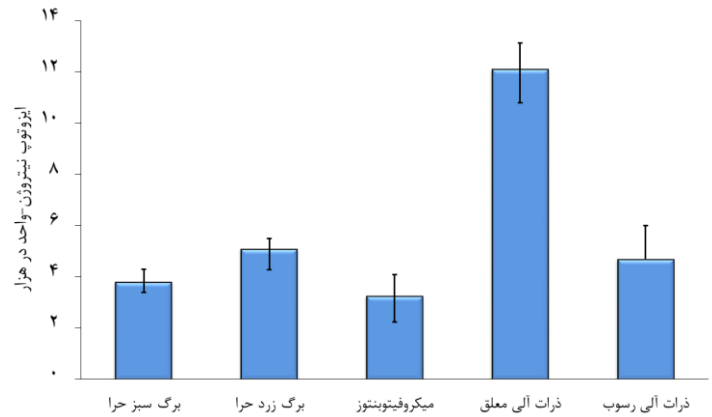
نتایج

میانگین نسبت ایزوتوپی کربن برگ سبز و زرد حرا به‌ترتیب از ۲۸/۳۱- و ۲۸/۰۵- واحد در هزار به‌دست آمد (شکل ۲). میانگین نسبت ایزوتوپ نیتروژن برگ سبز و زرد حرا نیز به‌ترتیب ۳/۷۹ واحد در هزار و ۵/۰۸ واحد در هزار برآورد شد (شکل ۳). به استثنای برگ زرد و سبز، ترکیب ایزوتوپی منابع غذایی با هم تفاوت معنی داری نشان دادند ($p<0.05$).



شکل ۲: میانگین و انحراف معیار ایزوتوپ پایدار کربن منابع غذایی اولیه در بوم‌سازگان حرای بندرخمیر

Figure 2: Mean (±SD) carbon stable isotope values of food sources in mangrove ecosystem, Bandar Khamir



شکل ۳: میانگین و انحراف معیار ایزوتوپ پایدار نیتروژن منابع غذایی اولیه در بوم‌سازگان حرای بندرخمیر

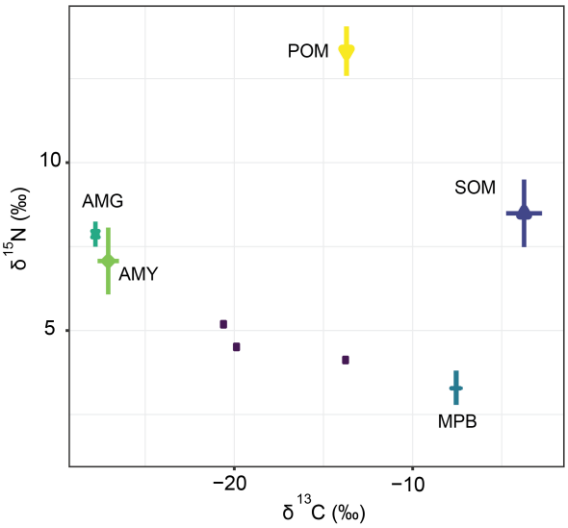
Figure 3: Mean (±SD) nitrogen stable isotope values of food sources in mangrove ecosystem, Bandar Khamir

میانگین و انحراف معیار نسبت ایزوتوپ نیتروژن و کربن در این خرچنگ به‌ترتیب ۱/۳۱±۴/۱۸ واحد در هزار و ۱/۱±۱۹/۴۸- واحد در هزار به‌دست آمد (شکل ۴). همبستگی معنی‌داری بین ترکیب ایزوتوپی منابع غذایی در این پژوهش مشاهده نشد (شکل ۵). بنابراین، هیچ منبع غذایی از مدل حذف نگردید. نتایج مدل ایزوتوپی

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

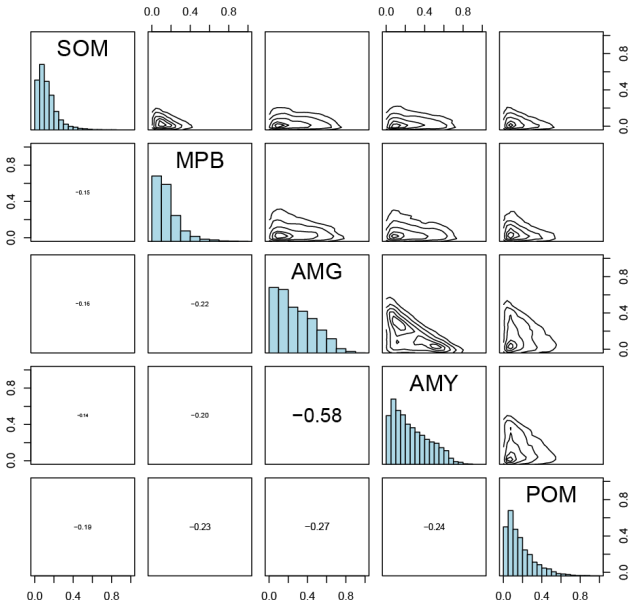
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

نشان داد که برگ زرد حرا با ۲۸/۱ درصد، برگ سبز حرا با ۲۴/۹، میکروفیتوبنتوزها با ۱۷/۳ درصد، ذرات آلی معلق با ۱۶/۴ درصد و ذرات آلی رسوب با ۱۳/۳ درصد به ترتیب بیشترین مشارکت را در تامین غذای گونه *P. persicum* بر عهده داشتند (شکل ۶).



شکل۴: میانگین و انحراف معیار نسبت ایزوتوپ کربن و نیتروژن منابع غذایی اولیه (MPB= میکروفیتوبنتوز، AMY= برگ زرد حرا، AMG= برگ سبز حرا، SOM= ذرات آلی رسوب، POM= ذرات آلی معلق) و گونه P. persicum (مربع‌های سیاه) در بوم‌سازگان حرای بندر خمیر

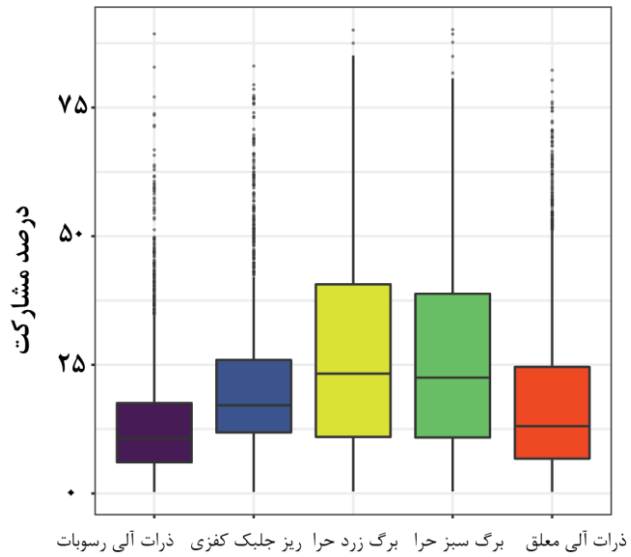
Figure 4: Mean carbon and nitrogen isotope proportion (±SD) of food sources and P. persicum (black cubes) in mangrove ecosystem of Bandar Khamir (MPB= microphytobenthos, AMY=A. marina yellow leaves, AMG= A. marina green leaves, SOM= sediment organic matter, POM= particulate organic matter)



شکل ۵: عدم همبستگی ترکیب ایزوتوپی منابع غذایی اولیه در بوم‌سازگان حرای بندر خمیر

Figure 5: The correlation among isotopic composition of different food in mangrove ecosystem, Bandar Khamir

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]



شکل ۶: سهم مشارکت منابع غذایی اولیه در تغذیه خرچنگ گونه *P. persicum* در بوم‌سازگان حرای بندر خمیر

Figure 6: The contribution of different food sources to the diet of *P. persicum* in mangrove ecosystem, Bandar Khamir

بحث

میانگین نسبت ایزوتوپ کربن برگ سبز ۰/۹۶±۲۸/۳۱- واحد در هزار و برگ زرد ۰/۸۴±۲۸/۰۵- واحد در هزار محاسبه شد. مقادیر نسبت ایزوتوپ کربن در گیاهان مانگرو کم و در بازه وسیعی از ۳۵/۱- واحد در هزار تا ۲۱/۹- واحد در هزار قرار می‌گیرد (Bouillon *et al.*, 2008). میانگین نسبت ایزوتوپ کربن برگ گیاه حرا در این پژوهش نیز در محدوده معرفی شده قرار گرفت. در پژوهشی در جنگل‌های حرای قشم میانگین نسبت ایزوتوپ کربن برگ سبز و برگ زرد حرا به‌ترتیب ۲۸/۲۰- واحد در هزار و ۲۸/۰۹- واحد در هزار به‌دست آمده است (Shahraki *et al.*, 2014). مقایسه نتایج این دو پژوهش می‌تواند نشان‌دهنده یکسان بودن شرایط محیطی برای رشد گیاه حرا در دو منطقه بندر خمیر و قشم باشد. میانگین نسبت ایزوتوپ نیتروژن برگ سبز و زرد حرا به‌ترتیب ۳/۷۹ واحد در هزار و ۵/۰۹ واحد در هزار به‌دست آمد که در برگ زرد به طور معنی‌داری از برگ سبز بیشتر بود ($p<0.05$). میزان نسبت ایزوتوپ کربن در ذرات آلی معلق (۱۸/۲۸- واحد در هزار) اندکی بیشتر از میزان میانگین گزارش شده آن در بوم‌سازگان مانگرو (۲۲/۳- واحد در هزار) است (Bouillon *et al.*, 2008; Abrantes and Sheaves, 2009). علت این موضوع می تواند وجود پلانکتون‌های باقی مانده در نمونه‌های گرفته شده باشد.

گونه *P. persicum*، از خانواده خرچنگ‌های Sesarmidae می‌باشد که عمدتاً ساکن جنگل‌های مانگرو می‌باشند و در خلیج فارس، دریای عمان و پاکستان پراکنش دارند (Naderloo and Schubart, 2010). در جنگل‌های حرا این گونه زیر پوشش تاج درختان زندگی می کند و از تنه درختان و نیوماتوفورها برای در امان ماندن از دست شکارچیان و نیز گرمای زیاد محیطی استفاده می‌کند (Thongtham and Kristensen, 2005). رفتار تغذیه‌ای این گروه از خرچنگ‌ها در کنار نقب‌هایی که آنها در رسوبات ایجاد می‌کنند، نقش مهمی در حفظ و فراگرد مواد آلی حاصل از گیاهان در داخل بوم‌سازگان‌های حرا ایفاء می‌کند. میانگین و انحراف معیار نسبت ایزوتوپی نیتروژن و کربن در این گونه خرچنگ به‌ترتیب ۱/۳۱±۴/۱۸ واحد در هزار و ۱/۱±۱۹/۴۸- واحد

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

در هزار به‌دست آمد. کم بودن ایزوتوپ کربن در این گونه که نزدیک ایزوتوپ کربن گیاه حرا است نشان می‌دهد که این گونه کربن آلی گیاه حرا را به‌خوبی استفاده می‌کند ولی به دلیل این که اختلاف میانگین ایزوتوپ کربن بافت خرچنگ و گیاه حرا حدود ۷ واحد در هزار است، این تغذیه انحصاری نیست. میانگین ایزوتوپ نیتروژن این گونه ۴/۱۸ واحد در هزار به‌دست آمد. از آنجایی که مقدار ایزوتوپ نیتروژن به ازاء هر سطح غذایی ۴-۳ واحد در هزار غنی می‌شود، این نتیجه نشان می‌دهد که این گونه در دومین سطح غذایی بوم سازگان قرار دارد (Fry, 2006). تولیدات اولیه گیاه حرا بیشترین نقش را در تامین غذای این گونه بر عهده داشتند (برگ زرد حرا با ۲۸/۱ درصد، برگ زرد حرا با ۲۴/۹). توانایی زیاد خرچنگ‌های خانواده Sesarmidae برای تغذیه از برگ‌های گیاهان مانگرو مربوط به فعالیت زیاد آنزیم سلولاز در ساختار گوارشی این گروه است که سبب جذب بهتر پوده‌ها و لاشبرگ‌های مانگرو می‌شود (Kawaida *et al*., 2019). زیاد بودن سهم تولیدات گیاهان مانگرو در تامین غذای خرچنگ‌های خانواده Sesarmidae در پژوهش‌هایی زیادی مورد تاکید قرار گرفته است (Lee, 1997; Slim *et al*., 1997; Thongtham and Kristensen, 2005). میزان ترکیبات پلی‌فنولیک مانند تانین‌های سطح برگ، می‌تواند در انتخاب خرچنگ‌ها از آن برگ‌ها به عنوان غذا تاثیرگذار باشد (Steinke *et al*., 1993; Nordhaus *et al*., 2011). تانین‌ها یک سد دفاعی در سطح برگ‌ها در برابر گیاهخواران است که باعث می‌شود تا طعم و مزه برگ نامطلوب باشد. طی فرآیند زرد شدن برگ یا تجزیه آن، تانین‌های سطح برگ‌ها به‌تدریج کم شده یا در آب حل می‌شوند. بنابراین، کیفیت غذایی و طعم برگ‌ها ممکن است بهبود پیدا کند (Robertson, 1988). خرچنگ‌های زیادی برگ‌های زرد را به برگ‌های سبز و تازه (به علت میزان کم نسبت کربن به نیتروژن و نیز میزان کم تانین) ترجیح می‌دهند (Micheli, 1993; Steinke *et al*., 1993). پژوهش‌هایی هم وجود دارند که نشان می‌دهد برخی از گونه‌های خرچنگ برگ‌های سبز را ترجیح می‌دهند (Micheli *et al*., 1991; Nordhaus and Wolff, 2007). با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت که گونه *P. persicum*، این گونه از هر دو نوع برگ تغذیه می‌نماید، هر چند تغذیه از برگ‌های زرد نسبتاً بیشتر است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گونه *P. persicum* بجز برگ‌های گیاه حرا از میکروفیتوبنتوزها هم به عنوان منبع غذایی استفاده می‌نماید. جوامع میکروفیتوبنتوزها شامل جلبک‌های یوکاریوتی تک‌سلولی، سیانوباکتری‌ها و اوگلناها هستند که در لایه سطحی رسوبات در مناطق ساحلی و جزرو مدی زندگی می‌کنند و به رنگ‌های سبز تا قهوه‌ای دیده می‌شوند (MacIntyre *et al*., 1996). این جوامع به زندگی در شرایط پرتنش ناحیه جزرو مدی که در آن دما، شوری، نور و حتی مواد مغذی به طور مداوم در حال تغییر است، به‌خوبی سازگار شده‌اند (Perkins *et al*., 2001). در ناحیه جزر و مدی وجود این تک‌سلولی‌های فتوسنتزکننده در تولیدات اولیه بوم‌سازگان، چرخه مواد مغذی، تولید اکسیژن و ثبات لایه‌های سطحی رسوبات نقش مهمی ایفاء می‌کند (Chen *et al*., 2017). در پژوهش‌هایی زیادی نقش این جوامع تک سلولی به عنوان منبع غذایی مهم در بوم سازگان مانگرو مورد تاکید قرار گرفته است (MacIntyre *et al*., 1996; Perkins *et al*., 2001). برای مثال، در منطقه قشم نقش مشارکتی میکروفیتوبنتوزها در تغذیه ماهی‌های سطحزی بیش از ۳۰٪ می‌باشد (Shahraki *et al*., 2014). میزان نیتروژن در میکروفیتوبنتوزها حدود ۱۰ برابر بیشتر از گیاهان مانگرو است که باعث می‌شود نسبت کربن به نیتروژن در این جلبک‌ها ۱۰-۷ باشد در حالی که این نسبت در گیاهان مانگرو ۱۰۰-۵۰ است (Kristensen, 2008). از این‌رو، به علت کم بودن میزان نیتروژن در تولیدات اولیه گیاهان مانگرو، خرچنگ‌های گیاه‌خوار مجبورند که بخشی از نیازهای خود را از طریق تغذیه از میکروفیتوبنتوزها و حتی گاهی شکار و لاشه‌خواری تامین کنند (Newell *et al*., 1995). مواد آلی معلق و رسوب کمترین نقش را در تغذیه این گونه خرچنگ بر عهده داشتند. با توجه به رفتارهای حرکتی و تغذیه ای این گونه چنین نتیجه ای دور از انتظار نیست

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

(Kristensen, 2008). حتی این میزان کم مشارکت این دو منبع احتمالا ناشی از نشست آنها بر منابعی (بخصوص میکروفیتوبنتوزها) است که خرچنگ از آنها تغذیه می کند (Lee, 1997).

با توجه به نتایج حاضر می توان نتیجه گرفت که گونه *P. persicum* گونه‌ای سازنده است که با تغذیه خود از برگ‌های حرا نقش مهمی در چرخه مواد آلی در بوم‌سازگان حرا ایفاء می‌کند. در بوم‌سازگان حرا تجزیه برگ از دو طریق صورت می‌گیرد که شامل فعالیت‌های میکروبی و فعالیت‌های تغذیه‌ای خرچنگ‌های برگ‌خوار است (Kristensen, 2008). خرچنگ‌ها بعد از تغذیه از برگ‌ها، بخشی از مواد آلی آنها را جذب بدن خود می‌کنند در حالی‌که بخش جذب نشده دوباره از طریق مدفوع وارد رسوبات می‌شود. میزان جذب برگ‌های مانگروها در بدن خرچنگ‌های خانواده Sesarmidae ۷۰-۴۰ درصد است (Lee, 1997; Thongtham and Kristensen, 2005). این بدان معناست که نیمی از مواد خورده شده دوباره وارد چرخه میکروبی می‌شود یا با تبدیل شدن به پوده در اختیار سایر گونه‌های بی‌مهره قرار می‌گیرد (Kristensen, 2008). خرچنگ‌ها با ایجاد نقب اهداف مختلفی دارد که شامل استفاده از آن برای پنهان شدن از شکارچی، استراحت و نیز فرار از شرایط بد محیطی مانند گرماست (Botto and Iribarne, 2000). در کنار این کارکرد، بسیاری از خرچنگ‌های خانواده Sesarmidae تمایل دارند که طی ساختن نقب‌ها باقیمانده برگ‌ها را به داخل نقب بکشند. این عمل حتی بعد از ساخت نقب نیز به طور مداوم ادامه پیدا می‌کند (Skov *et al*., 2002). این عمل مانع از خروج لاشبرگ‌ها و در نتیجه مواد آلی به خارج از بوم‌سازگان مانگرو در اثر جریان‌های جزرو مدی می‌شود (Kristensen *et al*., 2010). در بوم‌سازگان‌های مانگروی مختلف، میزان مصرف و همچنین دفن برگ‌های ؟؟؟ توسط خرچنگ های خانواده Sesarmideas، ۹۰-۳۰ درصد برگ‌های افتاده شده تخمین زده شده است (Robertson, 1988; Slim *et al*., 1997). خرچنگ‌ها با ایجاد نقب سبب عملکرد بهتر درختان حرا می‌شوند زیرا باعث افزایش سطح رسوبات، افزایش فرایندهای میکروبی، افزایش اکسیژن رسانی به ریشه گیاهان و تبادل مناسب آب می‌شود (Lee, 1997; Skov *et al*., 2002; Thongtham and Kristensen, 2005). در مجموع، نتایج این پژوهش بر اهمیت تمامی منابع غذایی موجود در بوم‌سازگان حرا برای تغذیه این گونه تاکید دارد. نتایج، همچنین به طور آشکار بر نقش کلیدی این گروه از خرچنگ‌ها در بوم‌سازگان حرا تاکید دارد و می‌تواند در شناخت بهتر این بوم‌سازگان‌ها و اتخاذ تصمیم‌های مناسب برای حفاظت بهتر از بوم سازگان مانگرو یاری رساند.

تشکر و قدردانی

از آقای دکتر رضا ندرلو به دلیل شناسایی گونه‌های خرچنگ‌ها تشکر و قدردانی می‌شود. از جناب آقای جواد محمودی، شهردار محترم بندرخمیر، جناب آقای محمدرضا برترانگ، رئیس اداره میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی بندرخمیر، مدیر و کارکنان اداره شیلات قشم و سلخ و همچنین آقایان حامد بازماندگان و محمد شبان‌پیشه به‌منظور همکاری در جمع‌آوری نمونه‌ها تشکر و قدردانی می‌شود. این تحقیق با حمایت‌های مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (Iran National Science Foundation, INSF) با شماره طرح ۹۷۰۰۰۳۲۷ به انجام رسیده است که بدینوسیله از حمایت‌های ایشان تشکر و قدردانی می شود.

منابع

دلفان، ن.، قدرتی شجاعی، م.، و ندرلو، ر.، ۱۳۹۹. تنوع زیستی و ساختار اجتماعات درشت بی مهرگان کفزی ذخیره‌گاه زیست کره حرّا (بندر خمیر و جزیره قشم)، فصلنامه علمی محیط زیست جانوری، ۱۲ (۲): ۳۸۰-۳۷۳.

Abrantes, K. and Sheaves, M., 2009. Food web structure in a near-pristine mangrove area of the Australian Wet Tropics. Estuar. *Coastal* and *Shelf Science*, 82, 597–607.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

Abrantes, K.G., Johnston, R., Connolly, R.M. and Sheaves, M., 2015. Importance of mangrove carbon for aquatic food webs in wet–dry tropical estuaries. *Estuaries and Coasts*, 38, 383–399. DOI:10.1007/s12237-014-9817-2

Al-Maslamani, I., Walton, M.E.M.,Kennedy, H. and Le Vay, L., 2012. Sources of primary production supporting food webs in an arid coastal embayment. *Marine Biology*, 159, 1753–1762.

Alongi, D.M., 2002. Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29, 331–349. DOI:10.1017/S0376892902000231

Botto, F. and Iribarne, O., 2000. Contrasting effects of two burrowing crabs (Chasmagnathus granulata and Uca uruguayensis) on sediment composition and transport in estuarine environments. *Estuarine*, *Coastal* and *Shelf Science*, 51, 141–151. DOI:10.1006/ecss.2000.0642

Bouillon, S., Koedam, N., Raman, A. and Dehairs, F., 2002. Primary producers sustaining macro-invertebrate communities in intertidal mangrove forests. *Oecologia*, 130, 441–448. DOI:10.1007/s004420100814

Bouillon, S., Connolly, R.M. and Lee, S.Y., 2008. Organic matter exchange and cycling in mangrove ecosystems: recent insights from stable isotope studies. *Journal of Sea Research*, 59, 44–58. DOI:10.1016/j.seares.2007.05.001

Bouillon, S., 2011. Carbon cycle: Storage beneath mangroves. *Nature Geoscience*., 4, 282. DOI:10.1038/ngeo1130

Chen, X.D., Zhang, C.K., Paterson, D.M., Thompson, C.E.L., Townend, I.H., Gong, Z., Zhou, Z. and Feng, Q., 2017. Hindered erosion: The biological mediation of noncohesive sediment behavior. *Water Resources Research*, 53, 4787–4801. DOI:10.1002/2016WR020105

Cusack, M., Saderne, V., Arias-Ortiz, A., Masque, P., Krishnakumar, P.K., Rabaoui, L., Qurban, M.A., Qasem, A.M., Prihartato, P. and Loughland, R.A., 2018. Organic carbon sequestration and storage in vegetated coastal habitats along the western coast of the Arabian Gulf. *Environmental Research Letters*, 13, 74007.

Degen, R., Aune, M., Bluhm, B.A., Cassidy, C., Kędra, M., Kraan, C., Vandepitte, L., Włodarska-Kowalczuk, M., Zhulay, I. and Albano, P.G., 2018. Trait-based approaches in rapidly changing ecosystems: A roadmap to the future polar oceans. *Ecological Indicators*, 91, 722–736. DOI:10.1016/j.ecolind.2018.04.050

Demopoulos, A.W.J., Fry, B. and Smith, C.R., 2007. Food web structure in exotic and native mangroves: a Hawaii–Puerto Rico comparison. *Oecologia*, 153, 675–686. DOI:10.1007/s00442-007-0751-x

Duke, N.C., Meynecke, J.-O., Dittmann, S., Ellison, A.M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K.C. and Field, C.D., 2007. A world without mangroves? *Science*, 317, 41–42.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

10.1126/science.317.5834.41b

Fry, B., 2006. Stable isotope ecology. Springer.

Fry, B. and Ewel, K.C., 2003. Using stable isotopes in mangrove fisheries research—a review and outlook. Isotopes Environ. *Health Studies*, 39, 191–196. DOI:10.1080/1025601031000160106 7

Hogarth, P.J., 2015. The biology of mangroves and seagrasses. Oxford University Press.

Kawaida, S., Nanjo, K., Ohtsuchi, N., Kohno, H. and Sano, M., 2019. Cellulose digestion abilities determine the food utilization of mangrove estuarine crabs. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 222, 43–52.

Kon, K., Kurokura, H. and Hayashizaki, K., 2007. Role of microhabitats in food webs of benthic communities in a mangrove forest. *Marine Ecology Progress Series*, 340, 55–62. DOI:10.3354/meps340055

Kon, K., Kurokura, H. and Tongnunui, P., 2011. Influence of a microhabitat on the structuring of the benthic macrofaunal community in a mangrove forest. *Hydrobiologia*, 671, 205. DOI:10.1007/s10750-011-0718-0

Kristensen, E., 2008. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. *Journal of Sea Research*, 59, 30–43. DOI:10.1016/j.seares.2007.05.004

Kristensen, D.K., Kristensen, E. and Mangion, P., 2010. Food partitioning of leaf-eating mangrove crabs (Sesarminae): Experimental and stable isotope (13C and 15N) evidence. *Estuarine, Coastal* and *Shelf Science*, 87, 583–590. DOI:10.1016/j.ecss.2010.02.016

Lee, S.Y., 1997. Potential trophic importance of the faecal material of the mangrove sesarmine crab Sesarma messa. *Marine Ecology-Progress Series*, 159, 275–284. DOI:10.3354/meps159275

Leung, J.Y.S., 2015. Original research article: Habitat heterogeneity affects ecological functions of macrobenthic communities in a mangrove: Implication for the impact of restoration and afforestation. Global Ecology and *Conservation*, 4, 423–433. DOI:10.1016/j.gecco.2015.08.005

Levin, L.A. and Currin, C., 2012. Stable isotope protocols: sampling and sample processing.

MacIntyre, H.L., Geider, R.J. and Miller, D.C., 1996. Microphytobenthos: the ecological role of the "secret garden" of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. *Estuaries*, 19, 186–201. DOI:10.2307/1352224

Micheli, F., Gherardi, F. and Vannini, M., 1991. Feeding and burrowing ecology of two East African mangrove crabs. *Marine Biology*, 111, 247–254. DOI:10.1007/BF01319706

Micheli, F., 1993. Feeding ecology of mangrove crabs in North Eastern Australia: mangrove litter consumption by Sesarma

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

messa and Sesarma smithii. *Journal* of *Experimental Marine Biology and Ecology*, 171, 165–186. DOI:10.1016/0022-0981(93)90002-6

Naderloo, R. and Schubart, C.D., 2010. Description of a new species of Parasesarma (Crustacea; Decapoda; Brachyura; Sesarmidae) from the Persian Gulf, based on morphological and genetic characteristics. *Zoologischer* Anzeiger - A Journal *of Comparative* Zoology, 249, 33–43. DOI:10.1016/j.jcz.2010.01.003

Newell, R.I.E., Marshall, N., Sasekumar, A. and Chong, V.C., 1995. Relative importance of benthic microalgae, phytoplankton, and mangroves as sources of nutrition for penaeid prawns and other coastal invertebrates from Malaysia. *Marine Biology*, 123, 595–606. DOI:10.1007/BF00349238

Nordhaus, I. and Wolff, M., 2007. Feeding ecology of the mangrove crab Ucides cordatus (Ocypodidae): food choice, food quality and assimilation efficiency. *Marine Biology*, 151, 1665–1681. DOI:10.1007/S00227-006-0597-5

Nordhaus, I., Salewski, T. and Jennerjahn, T.C., 2011. Food preferences of mangrove crabs related to leaf nitrogen compounds in the Segara Anakan Lagoon, Java, Indonesia. *Journal of Sea Research*, 65, 414–426. DOI:10.1016/j.seares.2011.03.006

Perkins, R.G., Underwood, G.J.C., Brotas, V., Snow, G.C., Jesus, B. and Ribeiro, L., 2001. Responses of microphytobenthos to light: primary production and carbohydrate allocation over an emersion period. *Marine Ecology Progress Series*, 223, 101–112. DOI:10.3354/meps223101

Phillips, D.L. and Gregg, J.W., 2001. Uncertainty in source partitioning using stable isotopes. *Oecologia*, 127, 171–179. DOI:10.1007/s004420000578

Phillips, D.L., Inger, R., Bearhop, S., Jackson, A.L., Moore, J.W., Parnell, A.C., Semmens, B.X. and Ward, E.J., 2014. Best practices for use of stable isotope mixing models in food-web studies. Canadian *Journal of Zoology*, 92, 823–835. DOI:10.1139/cjz-2014-0127

Raoult, V., Gaston, T.F. and Taylor, M.D., 2018. Habitat–fishery linkages in two major south-eastern Australian estuaries show that the C4 saltmarsh plant Sporobolus virginicus is a significant contributor to fisheries productivity. *Hydrobiologia*, 811, 221–238. DOI:10.1007/s10750-017-3490-y

Robertson, A.I. and Duke, N.C., 1987. Mangroves as nursery sites: comparisons of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia. *Marine Biology*, 96, 193–205. https://doi.org/10.1007/BF00427019

Robertson, A.I., 1988. Decomposition of mangrove leaf litter in tropical Australia. *Journal* of *Experimental Marine Biology and Ecology*, 116, 235–247. https://doi.org/10.1016/0022-0981(88)90029-9

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

Shahraki, M., Fry, B., Krumme, U. and Rixen, T., 2014. Microphytobenthos sustain fish food webs in intertidal arid habitats: a comparison between mangrove-lined and un-vegetated creeks in the Persian Gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 149, 203–212. DOI:10.1016/j.ecss.2014.08.017

Sheppard, C., Al-Husiani, M., Al-Jamali, F., Al-Yamani, F., Baldwin, R., Bishop, J., Benzoni, F., Dutrieux, E., Dulvy, N.K. and Durvasula, S.R.V., 2010. The Gulf: a young sea in decline. Marine *Pollution Bulletin*, 60, 13–38.

Shojaei, M.G., Gutow, L., Dannheim, J., Pehlke, H. and Brey, T., 2015. Functional diversity and traits assembly patterns of benthic macrofaunal communities in the southern North Sea. In: Towards an Interdisciplinary Approach in Earth System Science. Springer, pp. 183–195.

Skov, M., Vannini, M., Shunula, J., Hartnoll, R. and Cannicci, S., 2002. Quantifying the density of mangrove crabs: Ocypodidae and Grapsidae. *Marine Biology*, 141, 725–732. DOI:10.1007/s00227-002-0867-9

Slim, F.J., Hemminga, M.A., Ochieng, C., Jannink, N.T., De La Moriniere, E.C. and Van der Velde, G., 1997. Leaf litter removal by the snail Terebralia palustris (Linnaeus) and sesarmid crabs in an East African mangrove forest (Gazi Bay, Kenya). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215, 35-48. DOI:10.1016/S0022-0981

Spalding, M., 2010. World atlas of mangroves. Routledge.

Steinke, T.D., Rajh, A. and Holland, A.J., 1993. The feeding behaviour of the red mangrove crab Sesarma meinerti De Man, 1887 (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) and its effect on the degradation of mangrove leaf litter. *South African Journal of Marine Science*, 13, 151–160. DOI:10.2989/025776193784287455

Team, R.C., 2017. R: a language and environment for statistical computing. R Found. Stat. Comput. Vienna, Austria.

Thongtham, N. and Kristensen, E., 2005. Carbon and nitrogen balance of leaf-eating sesarmid crabs (Neoepisesarma versicolor) offered different food sources. Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, 65, 213–222. DOI:10.1016/j.ecss.2005.05.014

van Oevelen, D., Van den Meersche, K., Meysman, F.J.R., Soetaert, K., Middelburg, J.J. and Vézina, A.F., 2009. Quantifying Food Web Flows Using Linear Inverse Models. *Ecosystems*, 13, 32–45. DOI:10.1007/s10021-009-9297-6

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]

The contribution of different food sources to the diet *of Parasesarma persicum* Naderloo and Schubart 2010 in the mangrove ecosystem of Hara Biosphere Reserve; a stable isotope approach

Mashhadi Farahani M.[1]; Ghodrati Shojaei M.[1*]; Weigt M.[2]

*mshojaei@modares.ac.ir

1- Department of Marine Biology, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, 4641776489 Noor, Iran

2- Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Germany

Abstract

The current study aimed to determine the isotopic composition of different food sources and their contribution to the diet of *Parasesarma persicum* inhibiting a mangrove ecosystem in the Persian Gulf. The potential food sources, i.e., *Avicennia marina* green and yellow leaves, Particulate Organic Matter (POM), Microphytobenthos (MPB), and Sediment Organic Matter (SOM) were collected for stable isotope analysis. The most ^{13}C-depleted values were observed for mangroves with mean $\delta^{13}C$ values of -28.31‰ and -28.05‰ for green and yellow leaves, respectively. The mean $\delta^{15}N$ values of mangrove leaves were 3.79‰ and 5.08‰ for green and yellow leaves, respectively. The crab *P. persicum* had an average value of carbon and nitrogen isotopes of -19.48‰, and 4.18, respectively. The results showed that the *A. marina* yellow leaves (28.1%) and SOM (13.3%) had the highest and lowest contribution to the diet of *P. persicum* in the mangrove ecosystem, respectively. The results emphasize the role of mangroves in supporting estuarine food webs. This also further confirms the ecological role of sesarmid crabs as ecosystem engineers in mangrove ecosystems.

Keywords: Mangrove, Food web, Carbon stable isotopes, Nitrogen stable isotope, Persian Gulf

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.16.2]