ISSN: 2476-6887; Journal of Fisheries Science and Technology. 2019;8(3):175-181

The Role of Primary Productions of Avicenia marina in the Diet of *Thryssa setirostris* in Hara Bioshphere Reserve Mangrove Ecosystem Using Stable Carbon (δ13C) and Nitrogen (δ15N) Isotopes

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Ghodrati Shojaei M.*[1] *PhD,*
Taheri Mirghaed A.[2] *PhD,*
Mshhadi Farahani M.[1] *MSc,*
Delfan N.[1] *MSc,*
Weigt M.[3] *PhD*

How to cite this article
Ghodrati Shojaei M, Taheri Mirghaed A, Mshhadi Farahani M, Delfan N, Weigt M. The Role of Primary Productions of Avicenia marina in the Diet of *Thryssa setirostris* in Hara Bioshphere Reserve Mangrove Ecosystem Using Stable Carbon (δ13C) and Nitrogen (δ15N) Isotopes. Journal of Fisheries Science and Technology. 2019;8(3):175-181.

[1]Marine Biology Department, Natural Resources & Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Nur, Iran
[2]Veterinary Science Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran
[3]Alfred Wegener Institute for Polar & Marine Research, Bremerhaven, Germany

Correspondence
Address: Marine Biology Department, Natural Resources & Marine Science Faculty, Tarbiat Modares University, Nur, Iran, Postal code: 1461965381
Phone: +98 (11) 44999155
Fax: -
mshojaei@modares.ac.ir

Article History
Received: February 10, 2020
Accepted: April 17, 2020
ePublished: September 21, 2019

ABSTRACT

Aims The aim of the current study was to determine the role of *Avicennia marina's* primary productions as well as other food sources in the diet of *Thryssa setirostris* in Hara bioshphere reserve mangrove ecosystem using stable isotopes of carbon ($\delta^{13}C$) and nitrogen ($\delta^{15}N$).
Materials & Methods Primary food sources including fresh and senescent leaves of A*vicennia marina, microphytobenthos*, particulate organic matter, and sediment organic matter were collected for further stable isotope analysis. For this purpose, fishes were collected and the muscle tissue (boneless and skinned, 5g) was removed from the dorsum of fish.
Findings Significant differences were found between carbon and nitrogen isotopes of different food sources ($p<0.05$). Although, this was not significant for green and senescent leaves ($p>0.05$). The average values of carbon and nitrogen isotopic ratios of T. *setirostris* were 15.93 and 13.01‰, respectively. The SIMMR model showed that the contribution of fresh and senescent leaves in the diet of T. *setirostris* was 10 and 15%, respectively.
Conclusion The results of the present study depicted that the role of primary production of mangrove plants in the arid climate of the Persian Gulf is limited in feeding of T. *setirostris* or the organisms that this fish feed them.

Keywords Stable Isotopes; Food Web; Mangrove; *Thryssa setirostris*; Persian Gulf

CITATION LINKS

[1] Present state and future of the world's mangrove forests [2] Influence of plantation of an exotic mangrove species, Sonneratia caseolaris (L.) Engl., on macrobenthic infaunal community in Futian Mangrove National Nature Reserve, China [3] Utilization of the red mangrove prop root habitat [4] Why do juvenile fish utilise mangrove habitats? [5] Seasonal fisheries changes in low-rainfall mangrove ecosystems of Iran [6] Food partitioning of leaf-eating mangrove crabs (Sesarminae): Experimental and stable isotope (13C and 15N) evidence [7] Variations in structure of estuarine fish communities in relation to abundance of submersed vascular plants [8] Ecology and habitat use of juvenile rockfishes (Sebastes spp.) associated with artificial reefs in Puget Sound, Washington [9] Food web structure on Georges Bank from stable C, N, and S isotopic compositions [10] Determining trophic niche width: A novel approach using stable isotope analysis [11] Fish use of intertidal mangrove creeks at Qeshm Island, Iran [12] An analysis of the relationship between drought events and mangrove changes along the northern coasts of the Persian Gulf and Oman Sea [13] Microphytobenthos sustain fish food webs in intertidal arid habitats: A comparison between mangrove-lined and un-vegetated creeks in the Persian Gulf [14] Differential fractionation of δ13C and δ15N among fish tissues: Implications for the study of trophic interactions [15] Food web structure in a near-pristine mangrove area of the Australian Wet Tropics [16] Uncertainty in source partitioning using stable isotopes [17] Biodiversity and structure of Macrozoobenthos communities in the Hara biosphere reserve, Persian Gulf, Iran [18] Organic matter exchange and cycling in mangrove ecosystems: Recent insights from stable isotope studies [19] Advances in understanding the cyanobacterial CO2-concentrating-mechanism (CCM): Functional components, Ci transporters, diversity, genetic regulation and prospects for engineering into plants [20] FAO species catalogue: An annotated and illustrated catalogue of the Herrings, Sardines, Pilchards, Sprats, Shads, Anchovies and Wolf-Herrings [21] Tannin diagenesis in mangrove leaves from a tropical estuary: A novel molecular approach [22] Stable isotope ratio as a tracer of mangrove carbon in Malaysian ecosystems [23] Using stable isotopes in mangrove fisheries research-a review and outlook [24] Dual-gradient concept of detritus transport and processing in estuaries [25] Using stable isotopes to estimate trophic position: Models, methods, and assumptions

Copyright© 2019, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

تعیین نقش تولیدات اولیه گیاه حرا (*Avicenia marina*) در تغذیه گونه *Thryssa setirostris* در بوم‌سازگان مانگروی ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا به کمک ایزوتوپ‌های پایدار کربن ($\delta^{13}C$) و نیتروژن ($\delta^{15}N$)

مهدی قدرتی‌شجاعی* PhD
گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
علی طاهری‌میرقائد PhD
دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
ملیکا مشهدی‌فراهانی MSc
گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
نسترن دلفان MSc
گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
مریم ویجت PhD
موسسه تحقیقات قطبی و دریایی آلفرد وگنر، برمرهافن، آلمان

چکیده
اهداف: هدف از مطالعه حاضر، بررسی نقش تولیدات اولیه گیاه حرا *Avicennia marina* به همراه منابع غذایی دیگر در تغذیه گونه لچه آروارهبلند *Thryssa setirostris* در بوم‌سازگان مانگروی ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار کربن ($\delta^{13}C$) و نیتروژن ($\delta^{15}N$) بود.
مواد و روش‌ها: منابع غذایی اولیه شامل برگ سبز و زرد *Avicennia marina*، میکروفیتوبنتوزها، ذرات آلی معلق و ذرات آلی رسوب جمع‌آوری و مورد سنجش ایزوتوپی قرار گرفتند. ترکیب ایزوتوپی ماهیان، با نمونه‌برداری از بافت عضله پشتی ماهی‌ها (بدون استخوان و بدون پوست، ۵گرم) تعیین شد.
یافته‌ها: اختلاف معنی‌داری بین ایزوتوپ‌های کربن و نیتروژن منابع غذایی اولیه مشاهده شد ($p<0/05$)، در حالی که این اختلاف بین برگ‌های سبز و زرد حرا معنی‌دار نبود ($p>0/05$). میانگین ایزوتوپ کربن و نیتروژن گونه لچه آروارهبلند به ترتیب ۱۵/۹۳-واحد در هزار و ۱۳/۰۱واحد در هزار به دست آمد. به کمک مدل سیمر (SIMMR)، میزان مشارکت تولیدات برگ سبز و زرد درخت حرا در تغذیه *T. setirostris* به ترتیب حدود ۱۰ و ۱۵% تعیین شد.
نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نقش تولیدات اولیه گیاهان حرا در اقلیم خشک خلیج فارس، در تغذیه *T. setirostris* و یا موجوداتی که مورد تغذیه این ماهی قرار می‌گیرند، محدود است.
کلیدواژه‌ها: ایزوتوپ‌های پایدار، شبکه غذایی، بوم‌سازگان مانگرو، *Thryssa setirostris*، خلیج فارس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۹
*نویسنده مسئول: mshojaei@modares.ac.ir

مقدمه

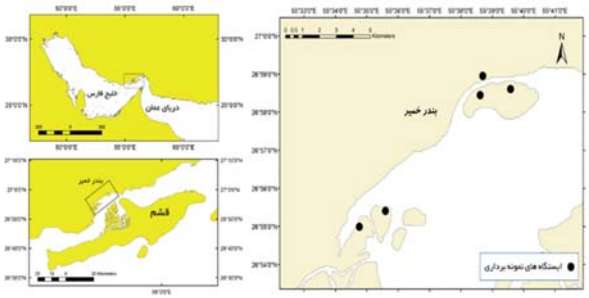
گیاهان مانگرو به مجموعه درختان و درختچه‌هایی گفته می‌شود که در ناحیه جزر و مدی، در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان و در بین عرض جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی، پراکنش دارند[1]. بوم‌سازگان‌های مانگرو که عمدتاً در نواحی بین جزر و مدی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری وجود دارند، نقش بسیار مهمی در فرآیندهای بوم‌سازگانی مناطق ساحلی ایفا می‌کنند[2]. مانگروها از لحاظ بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی دارای اهمیت هستند. از دیدگاه بوم‌شناختی، این بوم‌سازگان‌ها مکان‌های مهمی را برای تغذیه و تخم‌ریزی موجودات آبزی فراهم می‌کنند، پناهگاه ارزشمندی برای برخی از آبزیان در فصل مهاجرت هستند و محل‌های نوزادگاهی (Nursery grounds) گونه‌های تجاری مانند میگوها و ماهیان سطح‌زی هستند. برای نمونه جنگل‌های حرای خورخوران، محل تخم‌ریزی گونه‌های مهمی مانند حلوا سفید (*Pampus argenteus*) است. این منطقه همچنین محل نوزادگاهی ماهیان مهمی مانند سنگسر معمولی (*Pomadasys kakan*) و شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*) نیز است. مانگروها در حفظ کیفیت و شفافیت آب نقش مهمی دارند. ساختار پیچیده ریشه‌ها با به‌دام‌انداختن ذرات معلق رسوب، به حفظ کیفیت آب کمک می‌کنند. همچنین در پایدارکردن رسوبات و محافظت از سواحل در برابر طوفان‌ها و امواج نقش مهمی ایفا می‌کنند. از نظر اقتصادی و اجتماعی تقریباً در تمام جنگل‌های مانگرو در ایران فعالیت‌های گردشگری جریان دارد. بازدید از جنگل، قایق‌سواری، پرنده‌نگری و کمپینگ، مخصوصاً در فصل پاییز و زمستان که دمای هوا در مناطق جنوبی این کشور معتدل است، بسیار رواج دارد. در جنوب ایران، جمع‌آوری سرشاخه‌های گیاه حرا برای تغذیه دام (گاو، گوسفند، بز و شتر) نیز بسیار حایز اهمیت است. فروش این سرشاخه‌ها خود به‌عنوان منبع درآمدی برای برخی افراد محلی تبدیل شده است. در مقایسه با سایر زیستگاه‌ها مانند علفزارهای دریایی و مناطق گلی، نوزاد بسیاری از گونه‌های تجاری مهم منحصراً در زیستگاه‌های مانگرو یافت می‌شوند[3]. از علل نوزادگاهی‌بودن زیستگاه‌های مانگرو برای ماهی‌ها احتمالاً پیچیدگی ساختاری بیشتر مانگروها نسبت به سایر زیستگاه‌ها است که خطر شکارشدن را کاهش می‌دهد[4]. جنگل‌های مانگرو در بسیاری از نقاط جهان جزء بوم‌سازگان‌های پرتولید ساحلی هستند که نرخ تولیدکنندگان اولیه بالایی دارند و به همین دلیل منابع آلی یا تولیدات اولیه بالا و گسترده‌ای را برای اجتماعات کف‌زی و سطح‌زی فراهم می‌کنند[5]. این تولیدکنندگان اولیه شامل میکروفیتوبنتوزها، مواد آلی معلق (پلانکتون‌ها) و باقیمانده درختان مانگرو هستند[6]. بنابراین در این بوم‌سازگان‌ها دسترسی بیشتری به غذا برای موجودات فراهم است. این بوم‌سازگان‌ها منابع غنی از بی‌مهرگان که طعمه‌هایی مناسب برای ماهی‌های پلانکتون‌خوار کوچک محسوب می‌شوند، نیز هستند[7]. بنابراین در این زیستگاه‌ها نسبت به زیستگاه‌های مجاور غذای بیشتری برای ماهی‌های جوان در دسترس است. ماهی‌ها به‌طور طبیعی در اطراف ساختارهایی که برای آنها جذاب است جمع می‌شوند. بنابراین ممکن است ریشه‌های هوایی، تنه درختان و شاخه‌های درختان در جنگل‌های مانگرو جدای

از دسترسی بیشتر برای غذا و کاهش فشار شکارچی باعث جذب ماهی‌ها شوند[8]. در دهه‌های اخیر برای مطالعه تغذیه آبزیان از آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود که علت استفاده از این روش نسبت به روش‌های سنتی مانند آنالیز محتوای روده یا مشاهدات میدانی، دقت بالا، قابلیت اندازه‌گیری ایزوتوپ‌ها در نمونه‌های بسیار کوچک و امکان سنجش در مجموعه‌ای از ترکیبات زنده و ترکیبات غیرزنده (رسوب، محلول در آب و غیره) مرتبط با گونه‌ها است. از این رو، ایزوتوپ‌ها نه‌تنها در تعیین منابع غذایی موجودات و سطوح تغذیه‌ای آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند بلکه در مطالعه نقش آلاینده‌های طبیعی و انسانی در آلودگی منابع غذایی، تعیین مسیرهای مهاجرتی آبزیان، بازسازی شرایط آب و هوایی گذشته در مطالعات تغییرات آب و هوایی نیز کاربرد دارند[9]. نسبت ایزوتوپ‌های پایدار نیتروژن، $\delta^{15}N$، (N15:N14) و کربن، $\delta^{13}C$، (C13:C12) در بافت مصرف‌کننده‌ها به‌عنوان ابزاری مهم برای شناسایی سطوح تغذیه‌ای و منابع غذایی کاربرد دارند[10]. از آنجایی که بوم‌سازگان خلیج فارس در زمره بوم‌سازگان‌های خشک و کم‌بارش قرار می‌گیرند، ممکن است تولیدات گیاهان مانگرو برای استفاده در غذای آبزیان محدود باشد[11]. به‌منظور بررسی این فرضیه، در مطالعه حاضر نقش تولیدکنندگان اولیه موجود در بوم‌سازگان حرا در تغذیه ماهی سطح‌زی لچه‌ماهی آرواره‌بلند (*Thryssa setirostris*) به‌عنوان یک گونه با فراوانی بالا در بوم‌سازگان مانگروی ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا انتخاب شد. لچه آرواره‌بلند گونه‌ای سطحی‌زی است که متعلق به خانواده موتوماهیان (Engraulidae) است. این گونه معمولاً در آب‌های نزدیک به ساحل زندگی می‌کند و حداکثر تا عمق ۲۰متری پراکنش دارد. بخش عمده‌ای از حیات این ماهی در خورها و مصب‌های نزدیک ساحل سپری می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه نمونه‌برداری

منطقه نمونه‌برداری در بوم‌سازگان حرای بندر خمیر قرار داشت که بخشی از ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا است. سواحل شمالی خلیج فارس آب و هوای گرم و مرطوب (میانگین رطوبت سالانه بیش از ۶۵%) [12] و میانگین بارندگی سالانه حدود ۱۴۶میلی‌متر دارد که بیشترین میزان بارندگی در طول سال در ماه‌های دی و بهمن است. دمای میانگین سالانه حدوداً ۲۷/۲°C است و محدوده دمایی بین ۱۸/۱°C در سردترین ماه (دی) و ۳۴/۵°C در گرم‌ترین ماه (تیر) و میزان تبخیر بین ۱/۴ تا ۲متر در سال است. مساحت زیر پوشش جنگل‌های مانگرو در ایران حدود ۸۰کیلومترمربع است که از بندر ماهشهر در استان خوزستان (دست‌کاشت) تا کلات باهو در استان سیستان و بلوچستان پراکنش دارند. بیش از ۹۷% پوشش این جنگل‌ها در سواحل ایرانی مربوط به گیاه حرا است. گونه حرا همچنین تنها گونه موجود در حاشیه جنوبی خلیج فارس است. گونه چندل به‌طور طبیعی فقط در خورآذینی در منطقه سیریک استان هرمزگان پراکنش دارد. چندل به‌صورت دست‌کاشت در منطقه لافت و طبل قشم نیز به تعداد کم و معمولاً به‌صورت خطی و منظم کشت شده است. بیش از ۶۰% جنگل‌های حرای ایران در خورخوران در منطقه قشم و خمیر پراکنش دارد. این گونه اغلب در مناطق بالای جزر و مدی رشد می‌کند و ارتفاع متوسط آن در منطقه بندر خمیر حدود ۴متر است. منطقه مورد مطالعه واجد اقلیمی بیابانی و با متوسط بارش کمتر از ۲۰۰میلی‌متر در سال است. دمای بالا در تابستان و بادهای شدید در زمستان باعث تبخیر ۱ تا ۲متر در سال می‌شود که باعث شوری بالای ۳۹واحد در هزار (ppt) در بسیاری از بخش‌های منطقه مورد مطالعه شده است (شکل ۱) [13].



شکل ۱) نقشه محل و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در بوم‌سازگان حرا در بندر خمیر؛ ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا؛ خلیج فارس

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

در این مطالعه، پنج منبع غذایی بالقوه اولیه شامل برگ سبز و زرد گیاه حرا، میکروفیتوبنتوزها، ذرات آلی معلق (POM) و ذرات آلی رسوب به‌عنوان منابع غذایی اولیه در تغذیه این ماهی مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند. برگ‌های سبز و زرد گیاه حرا از سه درخت مجزا به‌طور جداگانه و با دست از بخش‌های بالایی درختان برداشته شدند. میکروفیتوبنتوزها به هنگام جزر از لایه سطحی رسوبات (عمق ۱-۰/۵میلی‌متر) حاشیه نهرها و داخل جنگل جمع‌آوری شدند. نمونه‌گیری از ذرات آلی معلق (مخلوطی از زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون) در زمان مد و طول روز انجام شد. برای این منظور، حدود ۱۰لیتر آب دریا با استفاده از تور پلانکتون‌گیری (چشمه ۴۵میکرومتر) جمع‌آوری شد[7]. نمونه‌ها از روی فیلتر شیشه‌ای ۰/۷میکرون واتمن (Whatmann GF/F) عبور داده شدند. از آنجایی که زئوپلانکتون‌ها به‌طور مستقیم از فیتوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند، در این مطالعه ساختار ایزوتوپی زئوپلانکتون‌ها به‌عنوان نماینده‌ای برای ساختار ایزوتوپی فیتوپلانکتون‌ها در نظر گرفته شد. ذرات آلی رسوب سطحی نیز با خراش لایه سطحی تا عمق ۲سانتی‌متر جمع‌آوری شدند. گونه *T. setirostris* به کمک تورهای دستی و با بستن دهانه خورهای حرا و یا از طریق مشتاهای موجود در منطقه جمع‌آوری شدند. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، از بافت عضلانی پشتی آنها نمونه‌های ۵گرمی جدا شد. علت استفاده از بافت عضلانی گونه، تغییرات کم مقادیر δ13C و δ15N آنها نسبت به سایر بافت‌ها است[14]. همه نمونه‌ها (هم منابع غذایی اولیه و هم

ماهی‌ها) بلافاصله پس از نمونه‌برداری در دمای ۲۰°C- منجمد و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در خشک‌کن انجمادی خشک و با استفاده از هاون به پودر یک‌دست تبدیل شدند. در نهایت نمونه‌ها بسته‌بندی و برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه ارسال شدند.

مدل‌های Iso-space و سیمر (SIMMER)

محاسبه نسبت δ13C و δ15N از طریق رابطه زیر انجام می شود که واحد آن نیز به‌صورت واحد در هزار است. میزان استاندارد برای δ15N، نسبت ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ به نیتروژن ۱۴ در نمونه هوا و میزان استاندارد برای δ13C، نسبت ایزوتوپ کربن ۱۳ به کربن ۱۲ در نمونه فسیل PDB (فسیل نوعی گونه دریایی با نام *Belemnitella americana*) است.

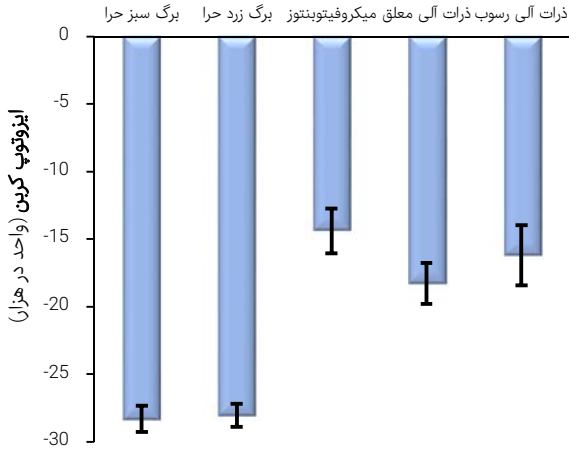
$$\delta X(‰) = \frac{[(R_{Sample} - R_{Standard})]}{R_{Standard}} \times 1000$$

به‌منظور بررسی نتایج ایزوتوپ‌های پایدار تولیدکنندگان اولیه و مصرف‌کنندگان (درشت بی‌مهرگان کف‌زی) از مدل Iso-Space استفاده شد که می‌تواند موقعیت‌های تغذیه‌ای را بین گروه‌های مختلف جانوری نشان دهد[15]. مدل مورد استفاده برای تعیین سهم مشارکت (صفر تا ۱۰۰%) هر یک از تولیدکنندگان اولیه در مطالعه حاضر مدل سیمر است[16]. برای اجرای این مدل از بسته‌ای با همین نام (SIMMR) در R استفاده شد. این مدل مقادیری را که هر موجود از منابع غذایی مختلف مصرف می‌کند، نشان می‌دهد. برای مقایسه میزان ایزوتوپ‌های پایدار در تولیدکنندگان اولیه از آزمون کروسکال‌والیس و یومن‌ویتنی استفاده شد.

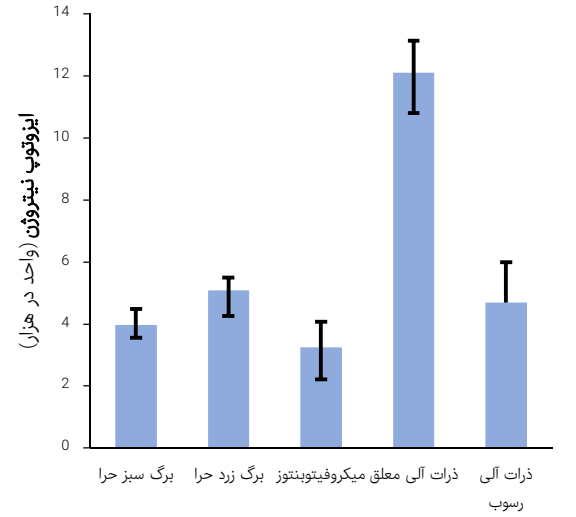
یافته‌ها

در مطالعه حاضر میانگین ایزوتوپ کربن برگ سبز و زرد حرا به ترتیب ۲۸/۳۱- و ۲۸/۳۱-واحد در هزار به دست آمد (نمودار ۱). میانگین ایزوتوپ نیتروژن برگ سبز و زرد حرا نیز به ترتیب ۳/۷۹ و ۵/۰۸واحد در هزار بود (نمودار ۲).

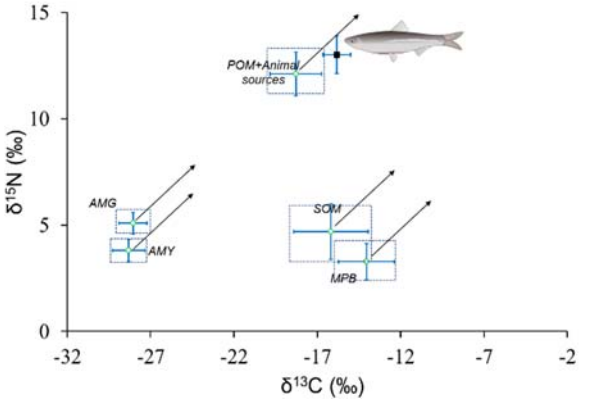
در مطالعه حاضر، میزان ایزوتوپ کربن و نیتروژن منابع غذایی اولیه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند ($p<0/01$). هر چند تفاوت معنی‌داری بین ترکیب ایزوتوپی برگ‌های زرد و برگ‌های سبز گیاه حرا مشاهده نشد ($p>0/01$). با این حال، میزان هر دو ایزوتوپ کربن و نیتروژن در برگ زرد کمتر از برگ سبز بود. مدل پراکنش فضایی ایزوتوپ‌های پایدار نشان داد که ترکیب ایزوتوپی برگ‌های زرد و سبز کاملاً شبیه یکدیگر است. این شباهت به نسبت کمتری در مورد ذرات آلی رسوب و میکروفیتوبنتوزها نیز وجود دارد. در حالی که نسبت ایزوتوپی ذرات آلی معلق تقریباً شبیه هیچ‌کدام از منابع غذایی دیگر نیست. مدل پراکنش فضایی ایزوتوپ‌های پایدار همچنین نشان داد که ترکیب ایزوتوپی ماهی لچه آرواره‌بلند به ترکیب ایزوتوپی ذرات آلی معلق شبیه است (نمودار ۳)، در حالی که برگ گیاه حرا، میکروفیتوبنتوزها و ذرات آلی رسوب ترکیب متفاوت‌تری از نظر میزان ایزوتوپ‌ها داشتند. مدل پراکنش فضایی همچنین نشان داد که این ماهی از منابع غذایی دیگری خارج از بوم‌سازگان مانگرو استفاده می‌کند که عمدتاً منابع سطح‌زی هستند. نتایج مدل سیمر نشان داد که ذرات آلی معلق و برگ سبز گیاه حرا به ترتیب با ۴۴% و ۱۰% بیشترین نقش را در تامین غذای مورد نیاز ماهی لچه آرواره‌بلند ایفا می کنند (جدول ۱ و نمودار ۴). ضریب همبستگی بین منابع اولیه غذایی نقش مهمی در دقت اندازه‌گیری‌های مدل سیمر ایفا می‌کند. اگر ضریب همبستگی بین منابع بیشتر از ۰/۹ برآورد شود به این معنی است که مدل توانایی تفکیک منابع غذایی را به‌منظور بررسی نقش هر کدام از آنها به‌طور جداگانه ندارد. در این مطالعه بیشترین ضریب همبستگی بین ذرات آلی معلق و ذرات آلی رسوب به دست آمد که حدود ۰/۶۵ بود (نمودار ۵).



نمودار ۱) میانگین آماری ایزوتوپ پایدار کربن منابع غذایی در بوم‌سازگان حرای بندر خمیر



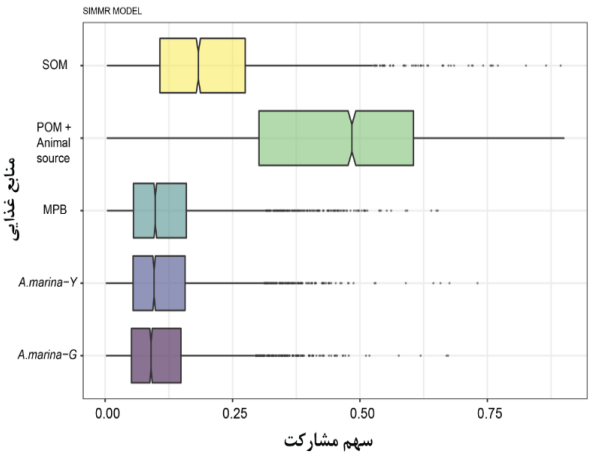
نمودار ۲) میانگین آماری ایزوتوپ پایدار نیتروژن منابع غذایی در بوم‌سازگان حرای بندر خمیر



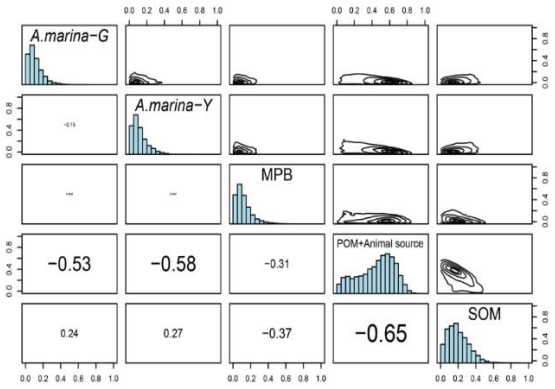
نمودار ۳) میانگین آماری ایزوتوپ‌های پایدار کربن ($\delta^{13}C$) و نیتروژن ($\delta^{15}N$) منابع اولیه غذایی (*Avicenia marina*-G: برگ سبز، *Avicenia marina*-Y: برگ زرد، POM+Animal source: ذرات آلی معلق و تولیدات جانوری، MPB: میکروفیتوبنتوز و SOM: ذرات آلی رسوب) به همراه میانگین آماری این ایزوتوپ‌ها در ماهی لچه آروارهبلند (*T. setirostris*) در بوم‌سازگان مانگروی ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا؛ مربع‌ها با ضلع‌های نقطه‌چین منابع غذایی اولیه را نشان می‌دهند. خطوط جهت‌دار نشان‌دهنده مسیر غنی‌شدگی ایزوتوپ‌های کربن و نیتروژن هستند.

جدول ۱) میانگین مشارکت و انحراف معیار منابع غذایی مورد مطالعه در رژیم غذایی ماهی لچه آروارهبلند در بوم‌سازگان مانگروی ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا

منابع غذایی اولیه	میانگین مشارکت
برگ سبز گیاه حرا	۰/۱۰±۰/۰۸
برگ زرد گیاه حرا	۰/۱۵±۰/۰۸
میکروفیتوبنتوزها	۰/۱۲±۰/۰۹
ذرات آلی معلق (شامل تولیدات جانوری)	۰/۴۴±۰/۲۰
ذرات آلی رسوب (شامل بقایای جانوری و گیاهی)	۰/۱۹±۰/۱۲



نمودار ۴) درصد مشارکت منابع اولیه غذایی (*Avicenia marina*-G: برگ سبز، *Avicenia marin*-Y: برگ زرد، POM+Animal source: ذرات آلی معلق و تولیدات جانوری، MPB: میکروفیتوبنتوز و SOM: ذرات آلی رسوب) در رژیم غذایی ماهی لچه آروارهبلند (*T. setirostris*) در بوم‌سازگان مانگروی ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا



نمودار ۵) ضریب همبستگی نسبی بین منابع اولیه غذایی (*Avicenia marina*-G: برگ سبز، *Avicenia marin*-Y: برگ زرد، POM+Animal source: ذرات آلی معلق و تولیدات جانوری، MPB: میکروفیتوبنتوز و SOM: ذرات آلی رسوب) در تامین غذای ماهی لچه آروارهبلند (*T. setirostris*) در بوم‌سازگان مانگروی ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، میانگین ایزوتوپ کربن برگ سبز و برگ زرد گیاه حرا با میانگین این ایزوتوپ در برگ سبز و برگ زرد گیاه حرا در جزیره قشم مشابه بود که می‌تواند ناشی از وجود شرایط محیطی نسبتاً یکسان (دما، شوری و مواد آلی اولیه) برای رشد گیاه حرا در دو منطقه بندر خمیر و قشم باشد[5, 17]. به‌طور کلی مقادیر ایزوتوپ کربن در گیاهان مانگرو کم و در بازه وسیعی از ۳۵/۱-واحد در هزار تا ۲۱/۹-واحد در هزار قرار می‌گیرد[18]. همچنین میانگین ایزوتوپ کربن در میکروفیتوبنتوزها به‌طور معنی‌داری از سایر تولیدکنندگان اولیه بیشتر بود که دلیل آن وجود سیانوباکتری‌هایی است که دارای مکانیزم تجمع دی‌اکسیدکربن هستند[19]. میکروفیتوبنتوزها در مناطق دارای پوشش گیاهی حرا در منطقه قشم شامل سیانوباکتری‌ها و دیاتومه‌ها هستند که فراوانی نسبی گروه دوم مورد تایید قرار گرفته است[13].

در این مطالعه، میانگین ترکیب ایزوتوپی کربن ذرات آلی معلق در محدوده معرفی‌شده برای این ذرات در مناطق گرمسیری (۲۲- تا ۱۸- واحد در هزار) قرار دارد[20]. تعیین منشا برای ذرات آلی معلق در بوم‌سازگان مانگرو کار ساده‌ای نیست. این ذرات می‌توانند دو منشا اصلی داشته باشند که شامل پلانکتون‌ها و بقایای آنها و ذرات آلی ناشی از سایر تولیدکنندگان اولیه (میکروفیتوبنتوزها و گیاهان مانگرو) است. با توجه به جریان دایمی آب به داخل و خارج بوم‌سازگان مانگرو در زمان جزر و مد، منشا ذرات آلی معلق می‌تواند خارج از این بوم‌سازگان نیز باشد. از آنجایی که در این مطالعه ترکیب ایزوتوپی ذرات آلی معلق در فاصله معنی‌داری از سایر تولیدکنندگان اولیه قرار گرفته است، می‌توان نتیجه گرفت که در بوم‌سازگان حرای مورد مطالعه منشا ذرات آلی معلق عمدتاً پلانکتون‌ها و یا خارج از بوم‌سازگان مانگرو است. ترکیب ایزوتوپی ذرات آلی معلق نزدیک به

محدوده تعریف‌شده برای پلانکتون‌ها (۲۳-واحد در هزار تا ۲۱-واحد در هزار) قرار دارد که نشان‌دهنده مشارکت بالای پلانکتون‌ها (فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها) در تامین ذرات آلی معلق در منطقه مورد مطالعه است. میانگین ایزوتوپ کربن ذرات آلی رسوب در مطالعه حاضر نزدیک به میانگین این ایزوتوپ در میکروفیتوبنتوزها به دست آمد. از این رو، همانند منطقه قشم، در حرای بندر خمیر نیز مشارکت بالای میکروفیتوبنتوزها در تامین ذرات آلی رسوب به‌خوبی قابل مشاهده است[13].

بالاتربودن میانگین ایزوتوپ نیتروژن برگ زرد گیاه حرا نسبت به برگ سبز آن می‌تواند به‌دلیل وجود ترکیبات تری‌ترپنوئیدی در برگ‌های زرد باشد[21]. تری‌ترپنوئیدها حدود ۳/۵% جرم برگ‌ها را تشکیل می‌دهند که مقدار آن در برگ زرد سه برابر افزایش می‌یابد که دلیل آن تضعیف غشای کوتیکولی محافظ طی فرآیند تجزیه است. یکی دیگر از دلایل بالاتربودن میانگین ایزوتوپ نیتروژن برگ زرد نسبت به برگ سبز، وجود تانین در برگ سبز است. تانین نقش مهمی در تثبیت نیتروژن دارد و از این رو بین مقدار تانین و نیتروژن رابطه معکوسی برقرار است. با زردشدن برگ مقدار تانین کم می‌شود و درنتیجه مقدار نیتروژن افزایش می‌یابد[21]. در این مطالعه، بیشترین میانگین ایزوتوپ نیتروژن در ذرات آلی معلق مشاهده شد که می‌تواند به‌دلیل وجود تعداد زیاد زئوپلانکتون‌ها و لارو ماهی‌ها در نمونه‌های گرفته‌شده از دریا باشد.

براساس نتایج دو مدل ایزوتوپی در این مطالعه نسبت ایزوتوپی ماهی گونه لچه آرواره‌بلند به‌طور عمده مشابه نسبت‌های ایزوتوپی ذرات آلی معلق است. از طرفی بالابودن نسبت ایزوتوپ نیتروژن در این گونه تغذیه آن از بی‌مهرگان را نیز نشان می‌دهد. البته در تغذیه این بی‌مهرگان نیز تولیدات اولیه گیاه حرا نقش بالایی نداشتند. این نتیجه در راستای نتایجی است که در این جنس از طریق بررسی محتوای معده و یا با استفاده از ترکیبات ایزوتوپی به دست آمده است[13, 19]. عدم ارتباط تغذیه‌ای این گونه با تولیدات اولیه گیاه حرا می‌تواند ناشی از عدم حضور دایمی این گونه در نهرهای دارای پوشش گیاهی در بوم‌سازگان مانگرو باشد. همچنین ممکن است تغذیه این ماهی از بی‌مهرگانی باشد که از برگ‌ها، پوده‌ها و یا میکروفیتوبنتوزهای مانگرو به‌عنوان منبع اصلی غذایی تغذیه نمی‌کنند. علی‌رغم عدم تغذیه ماهی‌ها از مواد آلی تولیدشده توسط گیاه حرا، این بوم‌سازگان به‌دلیل فراهم‌کردن پناهگاه و محل نوزادگاهی برای بسیاری از ماهی‌ها همواره مهم است، زیرا از طریق کم‌کردن فشار شکارچی باعث بقای این گونه‌ها می‌شود. علاوه بر این تغذیه این ماهی از منبعی به غیر از کربن آلی گیاه حرا نشان‌دهنده وابستگی این گونه به بوم‌سازگان‌های مجاور برای تغذیه و استفاده از بوم‌سازگان مانگرو به‌عنوان پناهگاه است که پیوندهای قوی بین بوم‌سازگان‌های دریایی را نشان می‌دهد.

برخی از مطالعات گذشته که در مورد حفاظت و یا احیای جنگل‌های مانگرو انجام شده است بر اهمیت این جنگل‌ها در پایداری شبکه غذایی بوم‌سازگان‌های ساحلی و یا اهمیت آنها در صید و صیادی تمرکز داشته است. این مطالعات غالباً بر تولیدات اولیه گیاهان مانگرو و نقش آن در تغذیه ماهی‌ها و یا بی‌مهرگان تاکید کرده‌اند. با این وجود اخیراً استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار نشان داده است که برخلاف تصورات قبل برخی از آبزیان از تولیدات گیاهان مانگرو مانند برگ یا ریشه آنها استفاده نمی‌کنند و یا در صورت استفاده این ترکیبات در بدن آنها جذب نمی‌شود. به‌عنوان مثال در جنگل‌های مانگروی مالزی اگرچه باقیمانده گیاهان مانگرو توسط میگوها مصرف می‌شود، ولی مواد در بدن میگوها جذب نمی‌شود[22]. این یافته‌ها هم‌راستا با مدل‌هایی است که نشان می‌دهند تولیدات گیاهان حرا می‌تواند سریعاً در آب حل و به خارج از بوم‌سازگان انتقال یابند. هر چند ممکن است وابستگی گونه‌های ماهی به مانگروها به‌عنوان مکانی برای تغذیه، ناشی از تفاوت در گونه مورد مطالعه، رژیم جزر و مدی، موقعیت جغرافیایی و یا تنوع مکانی و زمانی در ساختار جوامع ماهی باشد[17]، ولی به‌طور کلی اکثر مطالعات موجود در بوم‌سازگان‌های مانگرو نشان می‌دهند که نقش تولیدکنندگان اولیه گیاه مانگرو در زنجیره غذایی ماهیان این مناطق کم است[23]. به‌طور معمول تنها گونه‌هایی مانند بی‌مهرگان کف‌زی که به‌طور دایم در این بوم‌سازگان‌ها زندگی می‌کنند دارای ترکیب ایزوتوپی کربنی مشابه با گیاهان مانگرو (۲۸- تا ۲۰-واحد در هزار) هستند[23]. عدم ارتباط تغذیه‌ای گونه لچه آرواره‌بلند با تولیدات اولیه گیاه حرا می‌تواند مطابق با فرضیه‌ای باشد که نشان می‌دهد بیشتر تولیدات اولیه گیاهان مانگرو با سرعت زیاد در آب حل و از اکوسیستم مانگرو خارج می‌شوند[24]. با توجه به اینکه میانگین ایزوتوپ نیتروژن بین ۲/۵ تا ۳/۵واحد در هزار به ازای هر سطح غذایی غنی می‌شود[25]، بالابودن نسبت ایزوتوپ کربن ماهی لچه آرواره‌بلند نسبت به ذرات آلی معلق خود عامل دیگری بر اولویت تغذیه این ذرات و نیز بی‌مهرگان دیگر در تغذیه ماهی است.

نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا نقش پناهگاهی بوم‌سازگان مانگرو برای گونه‌های کوچک سطح‌زی در مقایسه با نقش تغذیه‌ای تولیدات گیاهان آن، دارای ارزش بالایی است. این بوم‌سازگان‌های مهم ساحلی امکان وجود یک مکان نوزادگاهی مناسب با امکان شکارشدن کم را برای بسیاری از گونه‌ها فراهم می‌کنند.

تشکر و قدردانی: از آقای دکتر رضا دهقانی به‌دلیل شناسایی گونه‌های ماهی‌ها تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از جناب آقای جواد محمودی، شهردار محترم بندرخمیر، جناب آقای محمدرضا برترانگ، رئیس اداره میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی بندر خمیر، مدیر و کارکنان اداره شیلات قشم و سلخ و همچنین آقایان حامد بازماندگان و محمد شبان‌پیشه به‌منظور همکاری در جمع‌آوری نمونه‌های ماهی تشکر می‌شود. این مطالعه با حمایت‌های مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران ایران (کد طرح: ۹۷۰۰۰۳۲۷) انجام شده است که بدین وسیله از حمایت‌های انجام‌شده قدردانی می‌شود.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.
تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.
سهم نویسندگان: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.
منابع مالی: این مطالعه با حمایت‌های مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران ایران (کد طرح: ۹۷۰۰۰۳۲۷) انجام شده است.

منابع

1- Alongi DM. Present state and future of the world's mangrove forests. Environ Conserv. 2002;29(3):331-49.
2- Leung JY, Tam NF. Influence of plantation of an exotic mangrove species, Sonneratia caseolaris (L.) Engl., on macrobenthic infaunal community in Futian Mangrove National Nature Reserve, China. J Exp Mar Biol Ecol. 2013;448:1-9.
3- Thayer GW, Colby DR, Hettler Jr WF. Utilization of the red mangrove prop root habitat. Mar Ecol Prog Ser. 1987;35:25-38.
4- Laegdsgaard P, Johnson C. Why do juvenile fish utilise mangrove habitats?. J Exp Mar Biol Ecol. 2001;257(2):229-53.
5- Shahraki M, Fry B. Seasonal fisheries changes in low-rainfall mangrove ecosystems of Iran. Estuar Coasts. 2016;39(2):529-41.
6- Kristensen DK, Kristensen E, Mangion P. Food partitioning of leaf-eating mangrove crabs (Sesarminae): Experimental and stable isotope (13C and 15N) evidence. Estuar Coast Shelf Sci. 2010;87(4):583-90.
7- Lubbers L, Boynton WR, Kemp WM. Variations in structure of estuarine fish communities in relation to abundance of submersed vascular plants. Mar Ecol Prog Ser. 1990;65(1):1-14.
8- West JE, Buckley RM, Doty DC. Ecology and habitat use of juvenile rockfishes (Sebastes spp.) associated with artificial reefs in Puget Sound, Washington. Bull Mar Sci. 1994;55(2-3):344-50.
9- Fry B. Food web structure on Georges Bank from stable C, N, and S isotopic compositions. Limnol Oceanogr. 1988;33(5):1182-90.
10- Bearhop S, Adams CE, Waldron S, Fuller RA, MacLeod H. Determining trophic niche width: A novel approach using stable isotope analysis. J Anim Ecol. 2004;73(5):1007-12.
11- Shahraki M, Saint-Paul U, Krumme U, Fry B. Fish use of intertidal mangrove creeks at Qeshm Island, Iran. Mar Ecol Prog Ser. 2016;542:153-66.
12- Mafi-Gholami D, Mahmoudi B, Zenner EK. An analysis of the relationship between drought events and mangrove changes along the northern coasts of the Persian Gulf and Oman Sea. Estuar Coast Shelf Sci. 2017;199:141-51.
13- Shahraki M, Fry B, Krumme U, Rixen T. Microphytobenthos sustain fish food webs in intertidal arid habitats: A comparison between mangrove-lined and un-vegetated creeks in the Persian Gulf. Estuar Coast Shelf Sci. 2014;149:203-12.
14- Pinnegar JK, Polunin NV. Differential fractionation of δ13C and δ15N among fish tissues: Implications for the study of trophic interactions. Funct Ecol. 1999;13(2):225-31.
15- Abrantes K, Sheaves M. Food web structure in a near-pristine mangrove area of the Australian Wet Tropics. Estuar Coast Shelf Sci. 2009;82(4):597-607.
16- Phillips DL, Gregg JW. Uncertainty in source partitioning using stable isotopes. Oecologia. 2001;127(2):171-9.
17- Delfan N, Shojaei MG, Naderloo R. Biodiversity and structure of Macrozoobenthos communities in the Hara biosphere reserve, Persian Gulf, Iran. Anim Environ J. 2020. [In Press; Persian]
18- Bouillon S, Connolly RM, Lee SY. Organic matter exchange and cycling in mangrove ecosystems: Recent insights from stable isotope studies. J Sea Res. 2008;59(1-2):44-58.
19- Price GD, Badger MR, Woodger FJ, Long BM. Advances in understanding the cyanobacterial CO_2-concentrating-mechanism (CCM): Functional components, Ci transporters, diversity, genetic regulation and prospects for engineering into plants. J Exp Bot. 2008;59(7):1441-61.
20- Whitehead PJ. FAO species catalogue: An annotated and illustrated catalogue of the Herrings, Sardines, Pilchards, Sprats, Shads, Anchovies and Wolf-Herrings. Rome: Food and Agriculture Organization; 1988.
21- Hernes PJ, Benner R, Cowie GL, Goñi MA, Bergamaschi BA, Hedges JI. Tannin diagenesis in mangrove leaves from a tropical estuary: A novel molecular approach. Geochimica et Cosmochimica Acta. 2001;65(18):3109-22.
22- Rodelli MR, Gearing JN, Gearing PJ, Marshall N, Sasekumar AN. Stable isotope ratio as a tracer of mangrove carbon in Malaysian ecosystems. Oecologia. 1984;61(3):326-33.
23- Fry B, Ewel KC. Using stable isotopes in mangrove fisheries research-a review and outlook. Isot Environ Health Stud. 2003;39(3):191-6.
24- Odum WE. Dual-gradient concept of detritus transport and processing in estuaries. Bull Mar Sci. 1984;35(3):510-21.
25- Post DM. Using stable isotopes to estimate trophic position: Models, methods, and assumptions. Ecology. 2002;83(3):703-18.