

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و شش، شماره یازده، بهمن ماه ۱۴۰۳ (۱۵۸-۱۴۱)

شناسایی و الگوی پراکنش دیاتومه های بنتیک و مونوفیلتیک "راسته های Rhopalodiales و Surirellales" در خور مصب لافت-خمیر

نقیسه حسنی^۱

رضوان موسوی ندوشن^{۲*}

r_mousavi.nadushan@iau-tnb.ac.ir

محمدرضا فاطمی^۳

افشین دانه کار^۴

پرگل قوام مصطفوی^۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۶

چکیده

زمینه و هدف: در میان دیاتومه های استوانه ای شکل (Raphid Pennate) و براساس مبانی مورفولوژیک و ژنتیک دو راسته Rhopalodiales و Surirellales، با یکدیگر هم نیا و مونوفیلتیک بوده، گروه هایی بسیار بزرگ و متنوع را در اکوسیستم های آبی مختلف مانند آب های شیرین، خورها، مصب ها، آب های دریایی و به ویژه در زیستگاه های بنتیک تشکیل می دهند. در این تحقیق، به منظور شناخت کامل و دقیق از ساختار جمعیت دو راسته Rhopalodiales و Surirellales، نمونه برداری از سطح رسوبات در سه منطقه دلتایی، ساحلی و جزیره ای در مصب لافت-خمیر واقع در جزیره قشم انجام یافت.

روش بررسی: در هر منطقه سه ایستگاه انتخاب شد. نمونه برداری از پارامترهای آب (درجه حرارت، شوری، پ هاش، اکسیژن محلول، کدورت، هدایت الکتریکی و پارامترهای زیستی (میکروفیتوبنتوزها) در دو فصل سرد و گرم (فصل زمستان ۱۳۹۶ و فصل تابستان ۱۳۹۷) و در زمان جزر انجام گرفت.

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، تهران، ایران.

۲- دانشیار، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، تهران، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۳- استادیار، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، تهران، ایران.

۴- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۵- دانشیار، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، تهران، ایران.

یافته ها: براساس نتایج این مطالعه، از این دو راسته، ۱۰ گونه در ۶ جنس شناسایی شدند که تعداد ۹ گونه متعلق به راسته Surirellales و تنها یک گونه متعلق به راسته Rhopalodiales بود. جنس *Surirella* با ۴ گونه بیشترین تنوع گونه ای را به خود اختصاص داد و *Surirella sp.* با بیشترین تراکم به عنوان گونه غالب در منطقه جزیره ای و فصل سرد سال مشخص گردید.

بحث و نتیجه گیری: نتایج آنالیزهای آماری که جهت بررسی روابط بین پارامترهای زیستی و محیطی انجام شد، نشان داد که جمعیت میکروفیتوبنتوزهای راسته Surirellales، دارای پراکنش یکنواخت در مناطق دلتایی، جزیره ای، ساحلی و در فصول مورد مطالعه بودند ($P > 0.05$) در حالی که اختلاف این جمعیت در راسته Rhopalodiales در منطقه جزیره ای با مناطق ساحلی و دلتایی معنادار بود ($P < 0.05$) و دو راسته Surirellales و Rhopalodiales در فصول گرم نسبت به فصول سرد سال، تنوع بیشتری را در مناطق دلتایی و جزیره ای نشان دادند. همچنین بر اساس نتایج آنالیز CAP تغییرات پارامترهای دما و شوری مهمترین عوامل اثرگذار بر پراکنش گونه های *Surirella tenera*, *Campylodiscus sp.*, *Cymatopleura elliptica*, *Cymatopleura solea*، *Surirella pinniger*, *linearis* در منطقه دلتایی و تغییرات پارامترهای اکسیژن محلول مهمترین عامل اثرگذار بر پراکنش گونه *Entomoneis ornata* در منطقه جزیره ای مشخص گردید. و در نهایت گونه های *Surirella SP.*، *Stenopterobia sigmatella* به همراه *Rhopalodia gibba* به عنوان گونه های شاخص آبهای دارای شوری کمتر در منطقه جزیره ای مشخص شدند.

واژه های کلیدی : میکروفیتوبنتوز، خور مصب، لاف/خمیر، دیاتومه های استوانه ای، راف، مونوفلیتیک، Surirellales، Rhopalodiales

Identification and Distribution Pattern of Benthic Diatoms “Monophyletic Orders, Surirellales and Rhopalodiales” in Laft-Khamir Estuary

Nafiseh Hasani¹

Rezvan Musavi Nadushan^{2*}

r_mousavi.nadushan@iau-tnb.ac.ir

Mohamad Reza Seyed Fatemi¹

Afshin Danehkar³

Pargol GHavam Mostafavi¹

Date of Acceptance: January 22, 2025

Date of Submission: September 27, 2024

Abstract

Background and Objective: Among the elongate diatoms (Raphid Pennate) and based on morphological and genetic principles, two orders “Surirellales and Rhopalodiales” are monophyletic and form very large and diverse groups in different aquatic ecosystems such as freshwater, estuaries, seawater, and especially benthic habitats. In the present study, to fully and accurately understand the community structure of the two orders Surirellales and Rhopalodiales, sediment sampling was performed in three deltaic, coastal, and island zones at Laft-Khamir estuary on Qeshm Island

Material and Methodology: three stations were selected in each region. Water parameters (temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, turbidity, electrical conductivity, and total water-soluble solids), and biological parameters (microphytobenthos) were sampled in two cold and warm seasons (winter 2017 and summer 2018) during low tide time.

Findings: According to the results of this study, 10 species of these two orders were identified with 6 genera, of which 9 species belonged to the order Surirellales and only one belonged to the order Rhopalodiales. The genus *Surirella* with 4 species had the highest number of species and *Surirella sp.* with the highest density identified as the dominant species in the island zone and the cold season.

Discussion and Conclusion: The results obtained from statistical analysis that was performed to investigate the relationship between biological and environmental parameters showed that Microphytobenthos communities in the order Surirellales had a uniform distribution in deltaic, island, coastal zones in the studied seasons ($P < 0.05$). However, there was a significant difference between the island zone and the coastal and deltaic zones in terms of communities of order Rhopalodiales ($P < 0.05$), and the two orders Surirellales and Rhopalodiales showed more diversity in deltaic and

1- Department Subject Faculty of Agriculture, Water, Food and Parabens, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran..

2- Department of Fisheries and Marine Science, Faculty of Marine Sciences and Technology, North Tehran College, Islamic Azad University Tehran, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*

3- Department Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

island regions in warm seasons than in cold seasons. Additionally, based on the results of CAP analysis, changes in the parameters of temperature and salinity were recognized as the most important factors affecting the distribution of *Cymatopleura*, *Cymatopleura elliptica*, *Campylodiscus sp.*, *Surirella tenera*, *Surirella linearis*, *Surirella pinniger* in the delta zones. It was also identified that changes in dissolved oxygen were the most important factors affecting the distribution of *Entomoneis ornata* in the island zone. Finally, *Surirella sp.*, *Stenopterobia sigmatella*, and *Rhopalodia gibba* were identified as the dominant species in waters with lower salinity in the island zone.

Keywords: Microphytobentose, estuary, Laft-Khamir, pennate diatoms, raphe, Monophyletic, Surirellales, Rhopalodiales.

مقدمه

Bacillariales (*Nitzschia* Hassall and allies) از دو راسته هم نیا شامل Surirellales و Rhopalodiales امکان پذیر گردیده است (۶). در دو راسته Surirellales و Rhopalodiales در مجموع بیش از ۲۰۰۰ گونه شناسایی شده است (۷). راسته سورپلا با بیش از ۱۳۰۰ گونه، (۷). دارای ۳ خانواده (Entomoneidaceae, Auriculaceae and Surirellaceae) و ۱۰ جنس است (۸ و ۵). که در انواع اکوسیستم ها مانند آب های شیرین، خورها، مصب ها، آبهای دریایی و حتی برخی از گونه های آن در آب های کاملاً اسیدی مشاهده شده اند (۹). در راسته Surirellales سلول ها، منفرد بوده و هنگام قرار گرفتن سلول در بسترهای رسوبی، وجود راف میله ای شکل در امتداد طول سلول و همچنین دیرک های عرضی، باعث استحکام کانال راف و ساختار سلول می شود. اشکال شناسایی شده در این راسته دایره ای شکل (*Campylodiscus Ehrenberg ex Kutzinger*) و به ویژه به شکل گلبرگ های بیضی بوده (Auricula Castracane, *Cymatopleura* W. Smith, *Entomoneis* (Ehrenberg, *Surirella* Turpin) و ساختار راف که از راس آغاز شده و در امتداد محور سلول قرار گرفته است، به شکل یک حلقه یا خط مستقیم (Entomoneidaceae) و یا در امتداد کناره کفه ها به صورت نیمه و یا کامل منظم شده اند (۵). در راسته Rhopalodiales معمولاً سلول ها در قسمت راس بصورت پشتی شکمی، صاف هستند و در قسمت میانی تا انتها، شکلی شبیه به گوه دارند (۵). ساختار کانالی راف ممکن است در امتداد سطح پشتی سلول، به صورت تیز و زاویه دار

خور/ مصب ها به علت دریافت مواد غذایی از منابع دریایی، خشکی و اخیراً منابع انسانی از غنی ترین اکوسیستم ها در جهان بوده (۱)، رشد جمعیت و همچنین فعالیت های انسانی تأثیرات مخرب بر وضعیت اکولوژیک آن ها داشته است (۲)، در نتیجه شناسایی ارگانیسم های شاخص، جهت تعیین وضعیت سلامت و مدیریت این منابع آبی، ضروری می باشد (۳). با توجه به حساسیت دیاتومه های بنتیک به تغییرات سطح آلاینده ها در آب و رسوبات، امروزه از آنها به عنوان شاخصهای زیستی، جهت ارزیابی و پایش اکوسیستم های آبی استفاده می شود (۴). این دیاتومه ها از اصلی ترین تولید کنندگان اولیه در مصب ها و رودخانه ها بوده و نقش مهمی را در تبدیل مواد غیر آلی به آلی دارند (۱). در مجموع دیاتومه های بنتیک عمدتاً از گروه دیاتومه های استوانه ای (pinnate diatom) بوده، کلیه راسته ها و گروه های متعلق به دیاتومه های استوانه ای، مونوفیلیتیک و دارای نیای مشترک می باشند. اما دیاتومه های استوانه ای خود به دو گروه پارافیلیتیک شامل دیاتومه های Bacillariophyceae Haeckel emend. (Raphid (Fragilariophyceae Round) Araphid و (Mann Raphid) تقسیم می شوند (۵). دیاتومه های استوانه ای شکل (Pinnate) با ساختاری به نام راف، در امتداد بستر حرکت می کنند (۵). طیف متنوعی از اشکال راف در دیاتومه های Pennate وجود دارد (۵). اگرچه نقش دقیق این ساختارها هنوز مشخص نشده اما کانال های راف در شناسایی دیاتومه ها از اهمیت ویژه برخوردار بوده و در روند تکامل براساس ساختار آنها، تفکیک دو گروه هرچند نزدیک به یکدیگر شامل راسته

مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اهمیت شناخت و مطالعه بیولوژی، تنوع و معرفی جوامع دیاتومه های بنتیک، به عنوان شاخص های زیستی جهت مدیریت و ارزیابی سلامت اکوسیستم های آبی از جمله خورها/ مصب ها، پژوهش حاضر با هدف شناسایی، معرفی و بررسی الگوی پراکنش جنس ها/ گونه های راسته های هم نیای Surirellales و Rhopalodiales در خور/ مصب لافت-خمیر واقع در جزیره قشم، انجام شد.

روش بررسی

-منطقه مورد مطالعه

ایستگاه های نمونه برداری در سه منطقه دلتایی (در سواحل بخش خمیر)، جزیره ای (جزایر پراکنده ترعه خوران) و ساحلی (در سواحل و جزایر مرتبط با کرانه های شمال غربی جزیره قشم) تعیین و انتخاب شد. در هر منطقه ۳ ترنسکت عرضی عمود بر خط ساحلی و در هر ترنسکت ۳ ایستگاه انتخاب شد. نمونه برداری طی ۲ فصل سرد و گرم (بهمن ماه سال ۱۳۹۶ و مرداد ماه سال ۱۳۹۷) و در زمان جزر انجام شد.

-روش تحقیق

درجه حرارت آب و اکسیژن محلول با دستگاه پرتابل اکسیژن سنج (مدل WTW-720)، شوری با دستگاه شوری سنج دستی (مدل AZ-8371)، پ هاش با دستگاه کرایسون (مدل MM-40) و پارامترهای کدورت، هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در آب با دستگاه مولتی پارامتر هوربیا (مدل U-53) در محل نمونه برداری در سطح آب در هر یک از ۲۷ نمونه برداری اندازه گیری شد.

به منظور بررسی جلبک های اپیلتیک سطح رسوبات ساحلی جنگل های حرا در لایه نورگیر (۵/۰ متری)، نمونه رسوب با استفاده از نمونه بردار Corer برداشت شد. لایه یک سانتی متری بالای سطح رسوب برش داده شد و در بطری های دهان گشاد مخصوص گذاشته و با افزودن فرمالین (۴ درصد) تثبیت و برای بررسی به آزمایشگاه منتقل گردید (۱۳). نمونه رسوب با اسید سولفوریک ۶۰ درصد (به نسبت یک پنجم) جوشانده شد (۱۴). شناسایی دیاتومه ها با تهیه لام ثابت و با بزرگنمایی

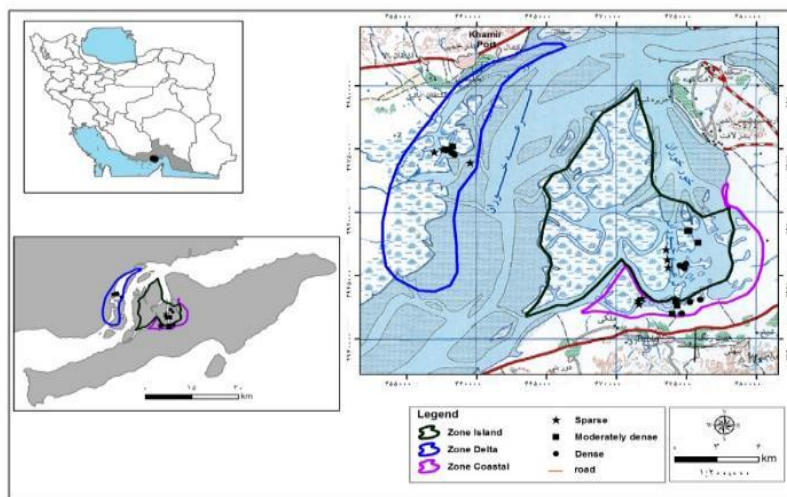
باشد (به عنوان مثال در *Rhopalodia* Muller) و این زاویه در حاشیه سطح شکمی سلول (به عنوان مثال در *Epithemia* Kutzing) یا در قسمت میانی سلول (به عنوان مثال *Tetralunata* Hamsher) قرار گرفته باشد (۱۰).

از ویژگیهای منحصر به فرد دیاتومه های خانواده Rhopalodiaceae در میان کلیه سلول های یوکاریوت این است که علاوه بر میتوکندری و پلاستید دارای تعدادی ارگانل درون سلولی به نام "spheroid bodies" یا اجسام ارگانل های شبه کره هستند که این ارگانل ها طی روند تکامل از سیانوباکترها مشتق، همزیست و نهادینه شده است. تحقیقات نشان داده است که این اجسام شبه کروی از همزیستی اجداد یک سیانوباکتر تک سلولی تثبیت کننده نیتروژن به نام *Cyanothece*، منشاء گرفته است. قابل توجه این که در حال حاضر این ارگانل شبه کروی یک اندامک ضروری و غیر قابل تفکیک از دیاتومه های میزبان بوده، طی تکثیر سلولی، تقسیم و به هر یک از سلول های دختر انتقال می یابد. پایه و اساس همزیستی میان دیاتومه/سیانوباکتر در قالب ارگانل های شبه کروی به اواسط دوره میوسن باز می گردد که نسبت به زمان تولد و شکل گیری میتوکندری و پلاستید در سلول های یوکاریوت، از قدمت کمتری برخوردار بوده، فرآیندی بسیار جدید محسوب می شود. در حال حاضر و تاکنون در خانواده Rhopalodiaceae ۳ جنس شامل *Rhopalodia*، *Epithemia* و *protokeelia* شناسایی شده است که دو جنس *Rhopalodia* و *Epithemia* علاوه بر پلاستید و میتوکندری دارای اجسام کروی هستند. این اجسام کروی در دیاتومه های دیگر موجود نبوده و وجود آن حتی در جنس *Protokeelia* مورد تردید است. مطالعات سلولی و مولکولی نشان داده است که اجسام کروی در گونه *Rhopalidia gibba* از خانواده Rhopalodiaceae مشخصا نقش تثبیت نیتروژن را بر عهده دارد و *Rhopalidia gibba* قادر است از گاز ازت (موجود در آب) به عنوان منبع نیتروژن استفاده نماید (۱۲ و ۱۱).

علیرغم اهمیت اکولوژیک و بیولوژیک انواع راسته ها و گونه های مختلف دیاتومه های بنتیک، شناسایی، پراکنش و ساختار جمعیت آن ها در مقایسه با سایر جوامع فیتوپلانکتونی کمتر

شناسایی دیاتومه ها از کلیدهای معتبر در این زمینه استفاده شد (۲۳-۱۷).

400× و 1000× انجام شد (۱۵). شمارش دیاتومه ها با لام سدویک رفته، به حجم ۱ سانتی متر مکعب و توسط میکروسکوپ نوری مدل XSB211 انجام شد (۱۶). برای



شکل ۱- نقشه مناطق نمونه برداری، مصب لافت-خمیر، جزیره قشم به صورت شماتیک

Figure 1. Map of the sampling sites Estuaries/Hara Laft-Khamir, on Qeshm Island

به منظور انجام آنالیزهای چند متغیره و تعیین الگوی پراکنش مکانی جمعیت گونه های شناسایی شده از پکیج پرایمر v6.1.16 (Permutational - Permanova) (multivariate analysis of variance) (۲۷ و ۲۶). جهت بررسی و تعیین روابط متغیرهای بیولوژیک و پارامترهای محیطی در قالب تصاویر گرافیکی از آنالیز مولفه های اصلی canonical analysis of principal coordinates (CAP) استفاده شد (۲۶).

یافته ها

-ساختار جمعیت راسته های Rhopalodiales & Surirellales

دراین تحقیق، طی فصول گرم و سرد، جمعیت جلبک های اپیلتیک شامل راسته های (Surirellales) و (Rhopalodiales) در سطح رسوبات ساحلی مصب لافت-خمیر واقع در جزیره قشم در مناطق دلتایی، جزیره ای و ساحلی مورد مطالعه قرارگرفت که درمجموع ۱۰ گونه در ۶ جنس از این دو راسته شناسایی شدند. تعداد ۹ گونه متعلق به راسته Surirellales (Entomoneis ornate)

ثبت داده ها در نرم افزار Excel (Microsoft, 2010) انجام گرفت و از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ جهت تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد. پس از کنترل نرمال بودن داده ها به وسیله آزمونهای Shapiro-wilk و Kolmogrov-Smirnov از آزمون One-Way ANOVA استفاده و از تست Tukey و LSD برای سطح معنی داری استفاده شد (مقدار $P < 0.05$). عنوان سطح خطا در نظر گرفته شد، همچنین آزمون T برای بررسی اختلاف بین زمان های مختلف نمونه برداری در دو فصل، انجام شد (۲۴). شاخص های تنوع گونه ای (شانون-واینر، H')، یکنواختی (پیلوس، J') و غنای گونه ای (مارگالف، D) برای مطالعه جمعیت جلبک های اپیلتیک سطح رسوبات ساحلی مصب لافت-خمیر در تناوب های مکانی و زمانی، با معادلات زیر محاسبه شدند،

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i = (\ln P_i),$$

$$J' = H' / \ln S,$$

$$D = (S - 1) / \ln N,$$

که H' شاخص تنوع، P_i نسبت جمعیت هر گونه به جمعیت کل گونه ها، S تعداد کل گونه ها و N تعداد کل افراد یک گونه است (۲۵).

-تفاوت مکانی و زمانی تراکم راسته و گونه های

Rhopalodiales & Surirellales

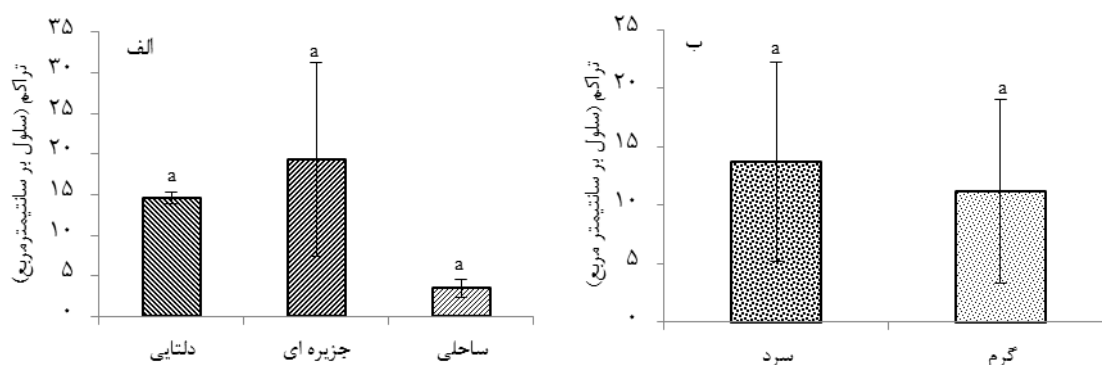
براساس آزمون های آنالیز وایانس و T' فیتوبنتوزهای راسته Surirellales در فصول مورد مطالعه، پراکنش یکنواختی را در مناطق دلتایی، جزیره ای و ساحلی نشان دادند ($P > 0.05$) (شکل ۳).

Cymatopleura elliptica, *Campylodiscus* sp., *Stenopterobia*, *Cymatopleura solea*, *Surirella linearis*, *Surirella* sp., *sigmatella*, *Surirella tenera* و *Surirella pinniger* گونه متعلق به راسته Rhopalodiales (*Rhopalodia gibba*) (شکل ۲) بود.



شکل ۲- تصویر گونه *Rhopalodia gibba* و spheroid bodies

Figure 2. Species picture *Rhopalodia gibba* and spheroid bodies



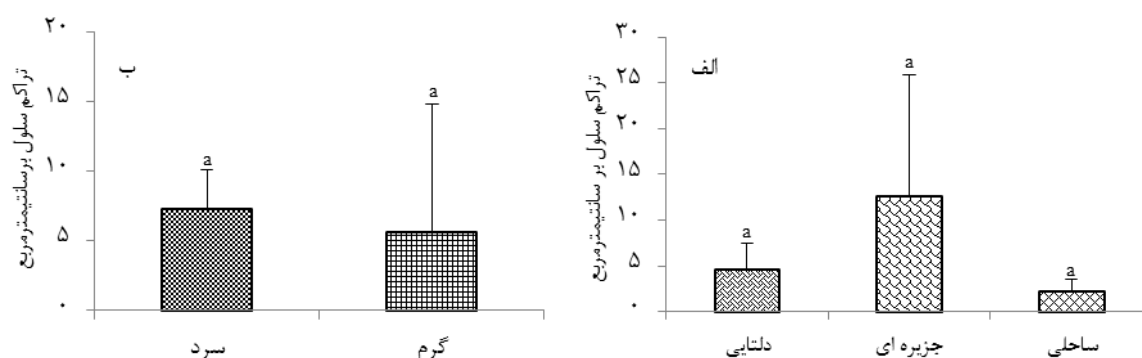
شکل ۳- تراکم راسته Surirellales در سه منطقه (دلتایی، جزیره ای و ساحلی) و دو فصل (سرد و گرم) - مصب لافت -

خمیر (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار یا خطای استاندارد)

Figure 3. Mea ($\pm$ SE) total abundance Surirellales of within three Estuaries/Hara Laft-Khamir zones (deltaic, island and coastal), in two seasons (cold and warm); different lowercase letters indicate significant different between zones and seasons

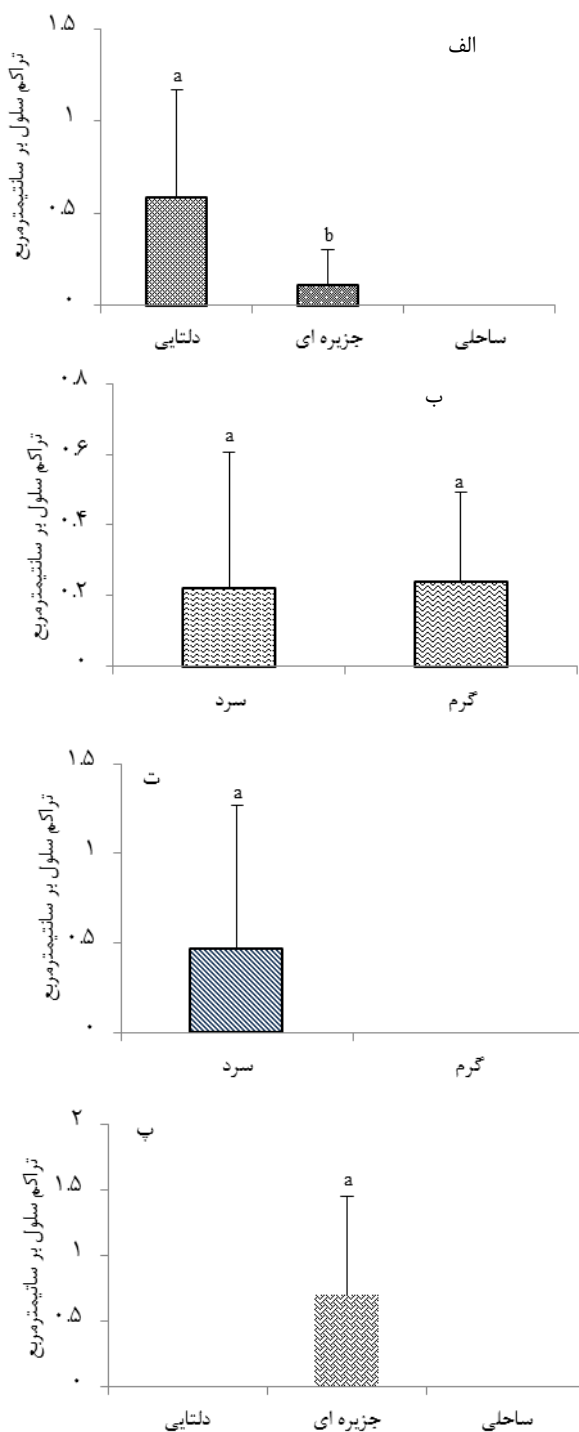
جنس های *Stenopterobia* و *Campylodiscus* هر کدام با یک گونه (*Stenopterobia* و *Campylodiscus sp.*) (*sigmatella*) معرفی شدند. بیشترین تراکم *Campylodiscus sp.* در منطقه دلتایی و در فصل گرم سال (شکل ۵-الف و ب) و بیشترین تراکم *Stenopterobia sigmatella* در منطقه جزیره ای و در فصل سرد سال گزارش شد (شکل ۵-پ و ت). درمقایسه مناطق سه گانه با یکدیگر، نتایج آزمون واریانس نشان داد که اختلاف معنی داری بین منطقه دلتایی با ساحلی در تراکم جنس *Campylodiscus* وجود دارد ($P < 0/05$) (شکل ۵-الف). از خانواده Entomoneidaceae تنها یک گونه *Entomoneis ornata* شناسایی شد که دارای بیشترین تراکم در منطقه جزیره ای و فصل سرد سال بود (شکل ۶-الف و ب).

در طول دوره مطالعه، از راسته Surirellales، ۲ خانواده شامل Surillaceae و Entomoneidaceae شناسایی شدند که خانواده Surillaceae دارای ۴ جنس و ۸ گونه بود. جنس *Surirella* با ۴ گونه بیشترین تعداد گونه را به خود اختصاص داد. بیشترین تراکم این جنس مربوط به منطقه جزیره ای و فصل گرم سال بود و *Surirella sp.* به عنوان گونه غالب با بیشترین تراکم در منطقه جزیره ای و فصول سرد سال گزارش شد (شکل ۴-الف و ب). گونه های *Surirella tenera*، *Surirella linearis* و *Surirella pinniger* به ترتیب در رتبه های بعدی قرار گرفتند. جنس *Cymatopleura* با ۲ گونه (*Cymatopleura* و *Cymatopleura elliptica*) در رتبه دوم قرار گرفت و بیشترین تراکم آن در منطقه دلتایی و فصل گرم سال مشاهده شد. از خانواده Surillaceae



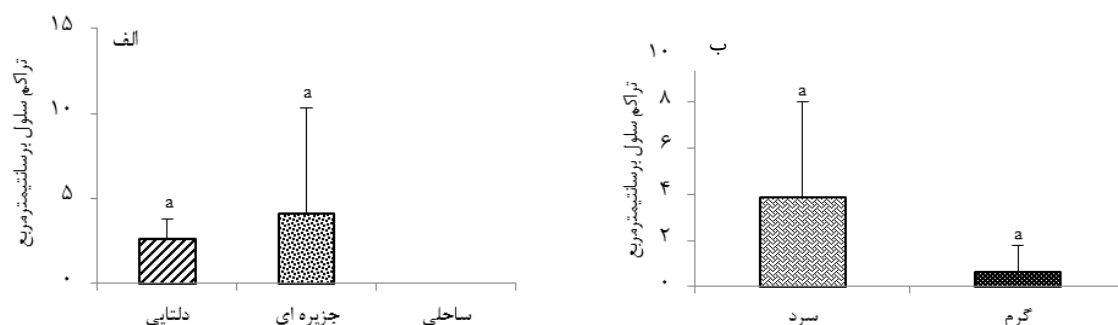
شکل ۴- تراکم *Surirella sp.* در سه منطقه (دلتایی، جزیره ای و ساحلی)، مصب لافت-خامیر، دو فصل (سرد و گرم) (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار یا خطای استاندارد)

Figure 4. Mea ($\pm$ SE) total abundance *Surirella sp.* of within three Estuaries/Hara Laft-Khamir zones (deltaic, island and coastal), in two seasons (cold and warm); different lowercase letters indicate significant different between zones and seasons



شکل ۵- تراکم *Stenopterobia sigmatella* و *Campylodiscus sp.* در سه منطقه (دلتایی، جزیره ای و ساحلی در دو فصل (سرد و گرم) - مصب لافت-خمیر (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار یا خطای استاندارد)

Figure 5. Mea ($\pm$ SE) total abundance *Stenopterobia sigmatella* and *Campylodiscus sp.* of within three Estuaries/Hara Laft-Khamir zones (deltaic, island and coastal), in two seasons (cold and warm); different lowercase letters indicate significant different between zones and seasons



شکل ۶- تراکم *Entomoneis ornata* بین سه منطقه (دلتایی، جزیره ای و ساحلی)، مصب لافت-خمیر، دو فصل (سرد و

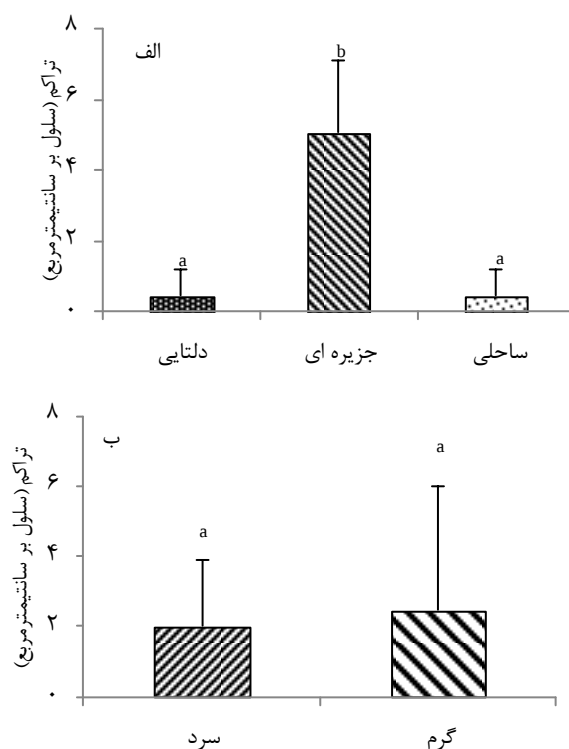
گرم) (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار یا خطای استاندارد)

Figure 6. Mea ($\pm$ SE) total abundance *Entomoneis ornata* of within three Estuaries/Hara Laft-Khamir zones (deltaic, island and coastal), in two seasons (cold and warm); different lowercase letters indicate significant different between zones and seasons

-تفاوت مکانی و زمانی تراکم راسته ردوپالودیا

میکروفیتوبنتوزهای گونه *Rhopalodia gibba* در منطقه جزیره ای با مناطق ساحلی و دلتایی معنادار بود ($P < 0.05$) (شکل ۷-الف).

از راسته Rhopalodiales، تنها یک گونه *Rhopalodia gibba* با فراوانی ۱۵ درصد شناسایی شد که بیشترین تراکم آن در منطقه جزیره ای و فصول گرم سال بود (شکل ۷-الف و ب). براساس نتایج آزمون آنالیز واریانس اختلاف جمعیت



شکل ۷- تراکم *Rhopalodia gibba*، بین سه منطقه (دلتایی، جزیره ای و ساحلی)، مصب لافت-خمیر، دو فصل

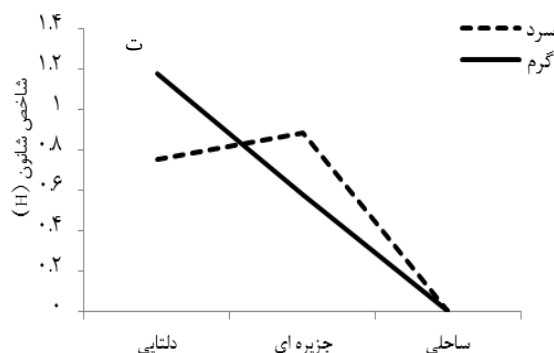
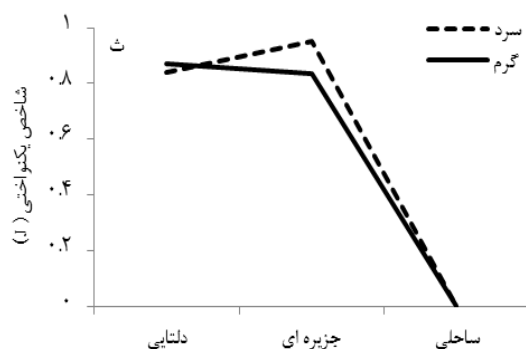
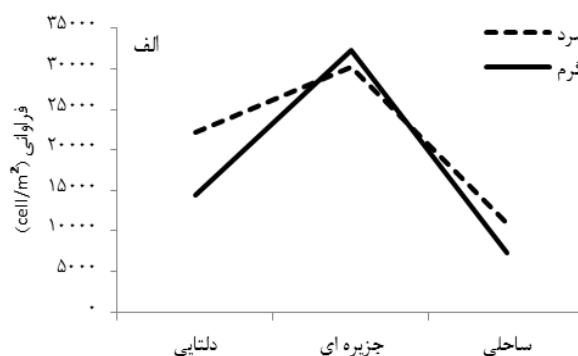
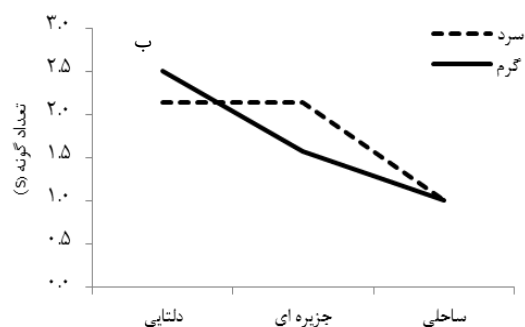
(سرد و گرم) (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار یا خطای استاندارد)

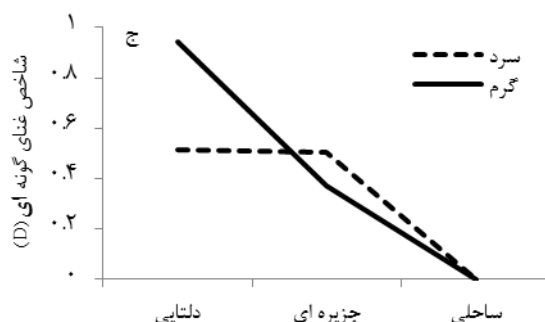
Figure 7. Mea ($\pm$ SE) total abundance *Rhopalodia gibba* of within three Estuaries/Hara Laft-Khamir zones (deltaic, island and coastal), in two seasons (cold and warm); different lowercase letters indicate significant different between zones and seasons

-شاخص های تنوع زیستی

گونه ای بود. مقدار شاخص یکنواختی در دو فصل سرد و گرم منطقه ساحلی و فصل سرد منطقه جزیره ای بین صفر- ۰/۹۵ متغیر بود (شکل ۸-ث). در شکل ۸-ج، میزان شاخص غنای گونه ای مارگالف طی فصول سرد و گرم سال در مناطق دلتایی، جزیره ای و ساحلی نشان داده شده است. بیشترین مقدار شاخص مارگالف به ترتیب در فصل گرم سال در منطقه دلتایی (۰/۹۴) و با حضور تنها یک گونه در تمام نمونه برداری ها در منطقه ساحلی به صفر رسید. در این مطالعه در هر دو فصل سال غنای گونه ای جمعیت فیتوبنتوزهای Surirellales و Rhopalodiales در منطقه دلتایی بالاترین مقادیر را به خود اختصاص داد.

طی دوره مورد مطالعه، بیشترین فراوانی جمعیت میکروفیتوبنتوزها مربوط به راسته های Surirellales و Rhopalodiales در فصل گرم سال در منطقه جزیره ای و کمترین مقدار در فصل گرم سال در منطقه ساحلی مشاهده گردید (شکل ۸-الف). اما بیشترین و کمترین تعداد تاکسون به ترتیب در منطقه دلتایی و ساحلی در فصل گرم سال شناسایی گردید (شکل ۸-ب). بیشترین و کمترین میزان شاخص تنوع گونه ای شانون-وینر به ترتیب در منطقه دلتایی (۱/۱۸) به دست آمد و در منطقه ساحلی با حضور تنها یک گونه در تمام نمونه برداری ها، به صفر رسید. باتوجه به شکل ۸-ت منطقه ساحلی در فصل سرد و گرم سال دارای کمترین میزان تنوع





شکل ۸- فراوانی (N)، تعداد تاکسون (S)، شاخص شانون-واینر (H)، شاخص یکنواختی (J)، شاخص غنای گونه ای (D)، بین سه منطقه (دلتایی، جزیره ای و ساحلی) - مصب لافت-خمیر

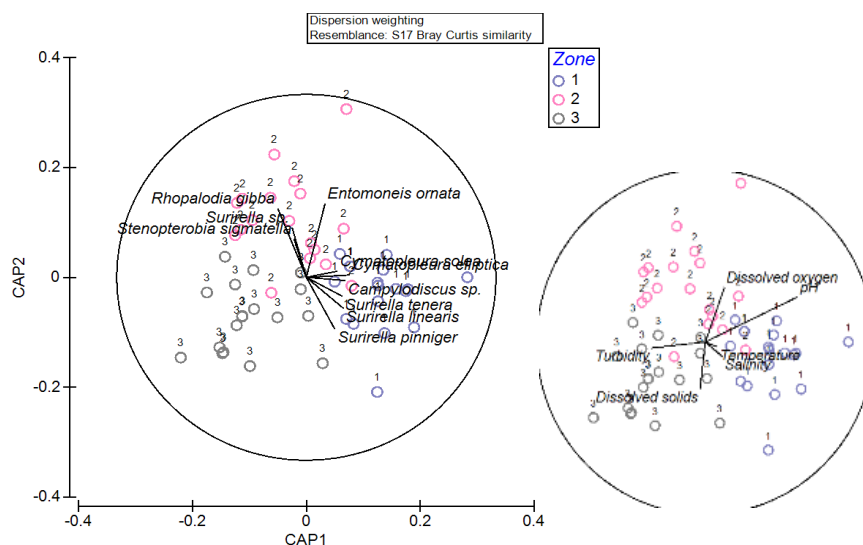
Figure 8. for MPB in study area (A) species abundance(N), (B) Taxa(S), (C) Shannon-Wiener diversity (H'), (D) Pielou's evenness (J'), (G) Margalef richness (D') within three Estuaries/Hara Laft-Khamir zones (deltaic, island and coastal) in three habitats (dense, moderately dense and sparse) in two seasons (cold and warm)

Surirella, *Surirella tenera*, *Campylodiscus* sp. گونه های *Surirella pinniger*, *linearis* شاخص منطقه دلتایی و *Surirella* sp.، *Rhopalodia gibba* و *Entomoneis ornata* و *Stenopteroberia sigmatella* شاخص منطقه جزیره ای هستند. همچنین نتایج آزمون CAP بر روی پارامترهای محیطی نشان داد، نوسانات پارامترهای دما و شوری عوامل اثرگذار بر پراکنش گونه های *solea*، *Cymatopleura elliptica*، *Cymatopleura*، *Surirella*، *Surirella tenera*، *Campylodiscus* sp.، *Surirella pinniger*، *linearis* در منطقه دلتایی و تغییرات پارامترهای اکسیژن محلول و پ هاش عوامل اثرگذار بر پراکنش گونه *Entomoneis ornata* در منطقه جزیره ای بوده اند ($P < 0.05$).

-پارامترهای محیطی اثر گذار بر الگوی مکانی گونه های

مورد مطالعه

در این تحقیق از آنالیز مولفه های اصلی CAP برای بررسی ارتباط بین جمعیت میکرووفیتوبنتوزهای دو راسته *Surirellales* و *Rhopalodiales* با پارامترهای فیزیکوشیمیایی استفاده شد که نتایج دسته بندی CAP، ارتباط بین جمعیت فیتوبنتوزها با متغیرهای محیطی را نشان می دهد (شکل ۹). براساس آزمون CAP، دو منطقه دلتایی و جزیره ای در امتداد محور افقی (CAP_1) از یکدیگر متمایز شده اند، در حالی که دو منطقه دلتایی و ساحلی در امتداد محور عمودی (CAP_2) از منطقه جزیره ای متمایز گردیده اند. نتایج آزمون CAP بر روی تراکم گونه ها نشان داد گونه های *Cymatopleura elliptica*، *Cymatopleura solea*



شکل ۹- نمودار آنالیز مولفه های اصلی (CAP) با استفاده از داده های فراوانی گونه های میکروفتوبنتوز و پارامترهای آب،

بین سه منطقه (دلتایی، جزیره ای و ساحلی) مصب لافت-خمیر، دو فصل (سرد و گرم)، در طول دوره مطالعه

Figure 9. Canonical analysis of principal coordinates (CAP) within three Estuaries/Hara Laft-Khamir zones (deltaic, island and coastal) in three habitats (dense, moderately dense and sparse) in two seasons (cold and warm), during the study period

بحث

این تحقیق از راسته Surirellales، Surirellaceae با ۱۰/۱۹ سلول بر سانتی متر مربع (۷۰ درصد) و *Surirella* با ۹/۲۸ سلول بر سانتی مترمربع (۶۳ درصد) به ترتیب به عنوان خانواده و جنس غالب مشخص گردید. جنس *Surirella* که اغلب در اکوسیستم های آب شیرین زندگی می کند، در خور و مصب ها به عنوان یک دیاتومه اپیفیتیک و مزوهایلین بنتیک شناخته می شود (۲۹). در مصب لافت خمیر ۴ گونه از جنس *Surirella* (*Surirella sp.*، *S. tenera*، *S. linearis* و *S. pinniger*) شناسایی شد. که از این میان گونه *S. linearis* در جنوب شرقی برزیل نیز در رودخانه ها، چشمه ها، مخازن آب و در وضعیت مزوتروفیک مشاهده شد (۲۳) اما در کراچی پاکستان از جنس *Surirella* تنها یک گونه *S. fastuosa* در جنگل های مانگرو شناسایی و گزارش شده است (۲۲). در مصب Nakdong در کره جنوبی نیز گونه غالب *Surirella sp.* و حداکثر تراکم را در دمای ۱۸/۰۹ درجه سانتی گراد نشان داد (۲۸). جنس دیگر از خانواده Surirellaceae، *Campylodiscus sp.* می باشد

راسته های هم نیای *Surirellales* و *Rhopalodiales* گروه هایی بسیار بزرگ و متنوع از دیاتومه ها هستند که در تمام آبهای دنیا زندگی کرده و اجداد آنها تماماً دریایی می باشند. در گذر زمان با ورود آبهای شیرین به دریاها و تداخل گونه های آب شیرین با گونه های موجود در آب شور، در هر دو راسته پاره ای از گونه ها به تدریج، قابلیت زندگی و سازگاری با آبهای لب شور را کسب نمودند. این دیاتومه ها دارای ساختارهای مورفولوژیک متفاوتی از راف بوده که به کمک آن در امتداد بستر حرکت کرده و به سطوح مختلف از جمله ذرات رسوب می چسبند (۲۰). براساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، از راسته *Surirellales*، ۹ گونه در ۵ جنس در مصب لافت-خمیر واقع در جزیره قشم شناسایی شد. از کل دیاتومه های شناسایی شده در مناطق گرمسیری جنوب شرقی برزیل نیز، از این راسته ۱۴ گونه در ۲ جنس گزارش گردید که جنس *Surirella*، *Stenopterobia* و گونه های *Surirella linearis* و *Surirella sp.* در مصب لافت-خمیر با گونه های مناطق جنوب شرقی برزیل مشابهت نشان داد (۲۳). در

که بیشترین تراکم آن در منطقه دلتایی و فصل گرم سال بود. این جنس به صورت جلبک های پلانکتونی و در آب های شیرین، لب شور و دریایی و معمولا به شکل جلبک های اپی پلیک، اپی فیتیک و اپی لیتیک یافت می شود (۵). گونه هایی از این جنس در نمونه برداری از دیاتومه های بنتیک در آب های ایتالیا (۳۰) و در غرب تبت (۳۱) نیز شناسایی و گزارش شده است. *Stenopterobia sigmatella* گونه ای از سومین جنس (*Stenopterobia*) متعلق به خانواده Surirellaceae بوده که متعلق به آب های شیرین می باشد (۳۳ و ۳۲) و بیشترین تراکم آن مربوط به منطقه جزیره ای مصب لافت-خمیر و در فصل سرد سال بود.

چهارمین جنس از خانواده Surirellaceae جنس *Cymatopleura* بوده که بیشتر در میان جوامع جلبک های اپیپلیک در اکوسیستم های آبی دیده می شود، به رسوبات گلی یا ماسه ای نرم چسبیده و به وفور در آب های قلیایی یافت می شود (۲۱). *Cymatopleura* همچنین به منظور شناسایی انواع آلاینده های انسانی در اکوسیستم های آبی، به عنوان نشانگرهای همزیست نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۳۴). از این جنس دو گونه *C. solea* و *C. elliptica* در مصب لافت-خمیر شناسایی شد. Jahn و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تهیه چک لیستی از گونه های مربوط به راسته Surirellales و مطالعه در زمینه تمایز و افتراق گونه های جنس *Iconella* از *Surirella* و *Cymatopleura* در روند تکامل، دو گونه *C. solea* و *C. elliptica* را در اکوسیستم های آبی آفریقا گزارش دادند (۲۱). دومین خانواده و گونه غالب از راسته Surirellales در مصب لافت-خمیر به ترتیب، خانواده Entomoneidaceae و گونه *Entomoneis ornate* بود که گونه *Entomoneis ornate* در آبهای لب شور مصب Incheon واقع در کره جنوبی در گروه گونه های فراوان (۱۶) و در اکوسیستم های جزرومدی کراچی پاکستان گونه *Entomoneis alata* به عنوان تنها گونه مربوط به جنس *Entomoneis* گزارش شد (۲۲). در این تحقیق، از راسته Rhopalodiales در مصب لافت-خمیر جزیره قشم، تنها گونه *Rhopalodia gibba* که در آب های دریایی و

شیرین نیز به فراوانی دیده می شود، شناسایی شد (۳۵). این گونه، پریفیتیک بوده و در آبهای لب شور و بتا مزوساپروب وجود دارد (۳۶) اما در مطالعه ای که توسط Anton-Garrido و همکاران در سال ۲۰۱۳ درباره ساختار گونه ای دیاتومه ها و تعیین وضعیت اکولوژیکی دریاچه های مدیترانه ای اسپانیا انجام شد، گونه *Rhopalodia gibba* به صورت اپی فیتون در دریاچه های آب شیرین نیز مشاهده گردید. به منظور بررسی تغییرات اکوسیستم، شناخت شاخص های بیولوژیک معتبر جهت ارزیابی و پایش اکوسیستم های آبی مانند تالاب های ساحلی، امری ضروری می باشد (۳۷-۴۰). از آن جمله می توان به دیاتومه های بنتیک به عنوان شاخص های زیستی اشاره نمود که تنوع جوامع آنها می تواند بیانگر وضعیت حاکم بر اکوسیستم های آب و رسوب بوده، انواع آنها در سراسر جهان وجود دارند. لذا در این تحقیق از شاخص های تنوع، غنا و یکنواختی گونه ای جهت بررسی تنوع و پراکنش جمعیت گونه های دیاتومه های دو راسته هم نیا شامل Surirellales و Rhopalodiales استفاده گردید. مقادیر شاخص های مورد بررسی نشان داد که جمعیت فیتوبنتوزهای دو راسته Surirellales و Rhopalodiales در مناطق دلتایی و جزیره ای تنوع بالاتری نسبت به منطقه ساحلی داشتند (شکل ۸-ب، ت و ث). وجود تنش های محیطی در منطقه ساحلی نسبت به دو منطقه دیگر، باعث کاهش تنوع زیستی و گونه ای شده و مشخص گردید به دلیل شرایط و نوسانات پارامترهای محیطی در منطقه ساحلی، جمعیت فیتوبنتوزهای این منطقه نسبت به مناطق دلتایی و جزیره ای، تحت استرس می باشند. در تحقیق انجام شده توسط Vahidi و همکاران (۲۰۲۰) مشخص شد که سرشاخه زنی، تردد روزانه قایق های صیادی، سوانح غیر مترقبه، فعالیت های گردشگری، توسعه بندرگاه ها و سکونتگاه ها در منطقه ساحلی مصب لافت-خمیر بیشتر از دو منطقه دیگر می باشد (۴۰). شوری نیز به عنوان یک فاکتور محدود کننده در پراکندگی موجودات زنده نقش مهمی دارد و در اکوسیستم های آب های لب شور مانند مصب ها، تالاب های ساحلی و نواحی جزرومدی جنگل های حرا به علت ورود آب های

- permanently open temperate estuary in relation to physico-chemical variables. *South African Journal of Botany*, 107, pp.31-38.
2. Chariton, A.A., Stephenson, S., Morgan, M.J., Steven, A.D., Colloff, M.J., Court, L.N. and Hardy, C.M., (2015). Metabarcoding of benthic eukaryote communities predicts the ecological condition of estuaries. *Environmental pollution*, 203, pp.165-174.
 3. Oeding, S. and Taffs, K.H., (2015). Are diatoms a reliable and valuable bio-indicator to assess sub-tropical river ecosystem health. *Hydrobiologia*, 758, pp.151-169.
 4. ALEXEI PETROV, E. and Nevrova, A.N.N.A., (2010). Structure and taxonomic diversity of benthic diatom assemblage in a polluted marine environment (Balaklava Bay, Black Sea). *Polish Botanical Journal*, 55(1), pp.183-197.
 5. Round, F.E., (1990). *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera* (Vol. 747). Cambridge University Press.
 6. Ruck, Elizabeth C., and Edward C. Theriot. "Origin and evolution of the canal raphe system in diatoms." *Protist* 162, no. 5 (2011):723-737doi: 10.1016/j.protis.02.003.
 7. Fourtanier, E. and Kociolek, J.P., (2009). *Catalogue of diatom names*. San Francisco, CA: California Academy of Sciences.
 8. Guiry, M.D. and Guiry, G.M., (2017). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of
- شیرین و جریانات ورودی آب های رودخانه ای و بادهای موسمی و پدیده جزرومد تغییرات و نوسانات شوری بیشتر به وقوع می پیوندد (۴۳ و ۴۲) در این تحقیق نیز، مشخص گردید تغییرات پارامترهای شوری و دما بر پراکنش گونه های *Cymatopleura elliptica*، *Cymatopleura solea*، *Surirella*، *Surirella tenera*، *Campylodiscus sp.*، *Surirella pinniger*، *linearis* در منطقه دلتایی (مصب خمیر) اثر گذار بوده است (شکل ۹). در اکوسیستم مصبی کراچی پاکستان نیز جنس *Surirella* به عنوان گونه شاخص آبهای دارای شوری بالاتر مشخص گردیده است (۲۸). در مطالعه انجام شده در زمینه تغییرات ساختاری و تنوع زیستی جمعیت دیاتومه های بنتیک ۹ گونه متعلق به دو راسته هم نیا *Surirellales* و *Rhopalodiales* در خلیج Balaklava کریمه دریای سیاه، خانواده Entomoneidaceae با جنس *Entomoneis* (۲گونه)، خانواده Surirellaceae با جنس *Surirella* (۲گونه) و جنس *Campylodiscus* (۳گونه) از راسته *Surirellales* و خانواده *Rhopalodiaceae* با جنس *Rhopalodia* (۲گونه) از راسته *Rhopalodiales* مورد بررسی قرار گرفتند و اندازه ذرات رسوب بیشترین ارتباط را با ساختار جمعیت و تنوع زیستی دیاتومه های بنتیک نشان داد (۴). در مجموع بر اساس یافته های این پژوهش مشخص گردید که تراکم گونه های میکروفیتوبنتوز متعلق به دو راسته *Surirellales* و *Rhopalodiales* در مناطق مصبی لافت-خمیر از تنوع بالایی برخوردارند. انواع گونه های غالب و شاخص، درصد فراوانی آنها (*Surirella sp.*، *Entomoneis*، *Rhopalodia gibba*، *ornate* و *Surirella tenera*) و شاخص های تنوع گونه های و یکنواختی مبتنی بر گونه های راسته های یادشده به خوبی منعکس کننده شرایط متعادل اکولوژیک در منطقه جزیره و نوسانات شدید محیطی و استرس های اکولوژیک در منطقه ساحلی است.

References

1. Dalu, T., Richoux, N.B. and Froneman, P.W., (2016). Distribution of benthic diatom communities in a

- Rioual, P., Echeverría-Galindo, P., Vences, M., Wang, J. and Schwalb, A., (2021). Diatom metabarcoding and microscopic analyses from sediment samples at Lake Nam Co, Tibet: The effect of sample-size and bioinformatics on the identified communities. *Ecological Indicators*, 121, p.107070.
16. Pandey, L.K., Sharma, Y.C., Park, J., Choi, S., Lee, H., Lyu, J. and Han, T., (2018). Evaluating features of periphytic diatom communities as biomonitoring tools in fresh, brackish and marine waters. *Aquatic Toxicology*, 194, pp.67-77.
17. Wehr, J.D., Sheath, R.G. and Kociolek, J.P. eds., (2015). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Elsevier.
18. Dhargalkar, V.K., Ingole, B.S. (2004). *Phytoplankton identification manual*. National Institute of Oceanography.
19. Tan, T.H., Leaw, C.P., Leong, S.C.Y., Lim, L.P., Chew, S.M., Teng, S.T. and Lim, P.T., (2016). Marine micro-phytoplankton of Singapore, with a review of harmful microalgae in the region. *Raffles Bulletin of Zoology*.
20. Ruck, E.C., Nakov, T., Alverson, A.J. and Theriot, E.C., (2016). Phylogeny, ecology, morphological evolution, and reclassification of the diatom orders Surirellales and Rhopalodiales. *Molecular phylogenetics and evolution*, 103, pp.155-171.
21. Jahn, R., Kusber, W.H. and Cocquyt, C., (2017). Differentiating Iconella from Surirella (Bacillariophyceae): typifying four Ehrenberg names and a preliminary checklist of the African taxa. *PhytoKeys*, (82), p.73.
- Ireland, Galway. 2017. URL: <http://www.algaebase.org>.
9. Lowe, R.L., (2003). Keeled and canalled raphid diatoms. In *Freshwater Algae of North America* (pp. 669-684). Academic Press.
10. Hamsher, S.E., Graeff, C.L., Stepanek, J.G. and Kociolek, J.P., (2014). Frustular morphology and polyphyly in freshwater Denticula (Bacillariophyceae) species, and the description of Tetralunata gen. nov.(Epithemiaceae, Rhopalodiales). *Plant ecology and evolution*, 147(3), pp.346-365.
11. Nakayama, T., Ikegami, Y., Nakayama, T., Ishida, K.I., Inagaki, Y. and Inouye, I., (2011). Spheroid bodies in rhopalodiacean diatoms were derived from a single endosymbiotic cyanobacterium. *Journal of plant research*, 124, pp.93-97. DOI 10.1007/s10265-010-0355-0.
12. Nakayama, T. and Inagaki, Y., (2017). Genomic divergence within non-photosynthetic cyanobacterial endosymbionts in rhopalodiacean diatoms. *Scientific reports*, 7(1), p.13075.
13. Desianti, N., Potapova, M., Enache, M., Belton, T.J., Velinsky, D.J., Thomas, R. and Mead, J., (2017). Sediment diatoms as environmental indicators in New Jersey coastal lagoons. *Journal of Coastal Research*, (78), pp.127-140.
14. Taylor, J. C., Harding, W. R., & Archibald, C. G. M. (2007). A methods manual for the collection, preparation and analysis of diatom samples. *Version*, 1, 60.
15. Kang, W., Anslan, S., Börner, N., Schwarz, A., Schmidt, R., Künzel, S.,

- Bagheri, K., 2020. Ecological adaptation of the Persian Gulf polychaete in a polluted area: proteomics concerning dominant defensive biomarkers. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(4), pp.1937-1946.
28. Du, G., Chung, I.K. and Xu, H., (2016). Insights into community-based bioassessment of environmental quality status using microphytobenthos in estuarine intertidal ecosystems. *Acta Oceanologica Sinica*, 35, pp.112-120.
29. Hendrarto, I.B. and Nitisuparjo, M., (2011). Biodiversity of benthic diatom and primary productivity of benthic micro-flora in mangrove forests on central Java. *Journal of Coastal Development*, 14(2), pp.131-140.
30. Ramrath, A., Nowaczyk, N.R. and Negendank, J.F., (1999). Sedimentological evidence for environmental changes since 34,000 years BP from Lago di Mezzano, central Italy. *Journal of Paleolimnology*, 21, pp.423-435.
31. Van Campo, E. and Gasse, F., (1993). Pollen-and diatom-inferred climatic and hydrological changes in Sumxi Co Basin (Western Tibet) since 13,000 yr BP. *Quaternary Research*, 39(3), pp.300-313.
32. Gregory, W., (1855). On a post-Tertiary lacustrine sand, containing Diatomaceous exuviae, from Glenshira, near Inverary. *Journal of Cell Science*, 1(9), pp.30-43.
33. Kociolek, J.P., Blanco, S., Coste, M., Ector, L., Liu, Y., Karthick, B. (2021). Diatom base *Stenopterobia sigmatella* (Gregory).
34. Oksiyuk, O.P., Davydov, O.A. and Karpezo, Y.I., (2011).
22. Mahwish Shoaib, M.S., Zaib-un-Nisa Burhan, Z.U.N.B., Seema Shafique, S.S., Hina Jabeen, H.J. and Siddique, P.J.A., (2017). Phytoplankton composition in a mangrove ecosystem at Sandspit, Karachi, Pakistan
23. Morais, K.S.D., Bartozek, E.R., Zorzal-Almeida, S., Bicudo, D.C. and Bicudo, C.E.D.M., (2018). Taxonomy and ecology of order Surirellales (Bacillariophyceae) in tropical reservoirs in Southeastern of Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30, p.e204. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X9817>.
24. Cocquyt, C. and Jahn, R., (2005). Rare Surirella taxa (Bacillariophyta) from East Africa described by Otto Müller: typifications, recombinations, new names, annotations and distributions. *Willdenowia*, 35(2), pp.359-371. <https://doi.org/10.3372/wi.35.35218>.
25. Lai GG, Beauger A, Wetzel CE, Padedda BM, Voldoire O, Lugliè A, Allain E, Ector L (2019) Diversity, ecology and distribution of benthic diatoms in thermo-mineral springs in Auvergne (France) and Sardinia (Italy). *Peer J* 7: 7238. <https://doi.org/10.7717/peerj.7238>.
26. Johnson, V.R., Brownlee, C., Milazzo, M. and Hall-Spencer, J.M., (2015). Marine microphytobenthic assemblage shift along a natural shallow-water CO₂ gradient subjected to multiple environmental stressors. *Journal of Marine Science and Engineering*, 3(4), pp.1425-1447.
27. Roohi-Shalmaee, N., Mousavi-Nadushan, R., Mostafavi, P.G., Shahbazzadeh, D. and Pooshang

- Marine Science and Technology Research 8(4): pp. 75-88.
40. Borja, A., Elliott, M., Henriksen, P. and Marbà, N., (2013). Transitional and coastal waters ecological status assessment: advances and challenges resulting from implementing the European Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, 704, pp.213-229. doi.org/10.1007/s10750-012-1276-9.
 41. Vahidi, F., Fatemi, S.M.R., Daneshkar, A., Mashinchian, A. and Musavi Nadushan, R., (2020). Benthic macrofaunal dispersion within different mangrove habitats in Hara Biosphere Reserve, Persian Gulf. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, pp.1295-1306.
 42. Gibson, R.N., (1982). Recent studies on the biology of intertidal fishes. *Oceanography and marine biology: an annual review*, 20, p.902.
 43. Costa-Böddeker, S., Thuyên, L.X., Schwarz, A., Huy, H.Đ. and Schwalb, A., (2017). Diatom assemblages in surface sediments along nutrient and salinity gradients of Thi Vai estuary and Can Gio mangrove forest, Southern Vietnam. *Estuaries and coasts*, 40, pp. 479-492.
 - Microphytobenthos as bioindicator of the state of aquatic ecosystems. *Hydrobiological Journal*, 47(1).
 35. Kravesky, D.M., Meave del Castillo, E., Zamudio, E., Norris, J.N., Fredericq, S., Tunnell Jr, J., Felder, D. and Earle, S., (2009). Diatoms (Bacillariophyta) of the Gulf of Mexico. *Felder, DL & DK Camp. Gulf of Mexico origin, waters, and biota*, 1, pp.155-186.
<https://www.researchgate.net/publication/255181247>.
 36. Garrido, B. A., Romo, S., & Villena, M. J. (2013). Diatom species composition and indices for determining the ecological status of coastal Mediterranean Spanish lakes. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 70, No. 2, pp. 122-135). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
 37. Kosari, S., Mousavi Nadushan, R., Faremi, R., Ejlali Khanghah, K. and Mashinchian, A., 2021. Macrobenthos as bioindicator of ecological status in the Yekshabe creek-estuary, Persian Gulf. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(2).
doi.org/10.22092/ijfs.2021.123874
 38. Borja, A. and Dauer, D.M., (2008). Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: comparing methodologies and indices. *Ecological indicators*, 8(4), pp.331-337.
doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.05.004
 39. Ghiyas Abadi, M., Mousavi Nadushan, R., Fatemi, M. R., Jozi, S. A., 2014. Assessment of Gahar Lake Trophic Status using TLI Index. – *Journal of*