مطالعه تأثیر فاکتورهای اکولوژیک مختلف بر تنوع و پراکنش فیتوپلانکتون‌های سواحل جنوبی دریایی خزر (استان مازندران)

فؤاد البودویرج [۱]، سید صدرالدین قائم مقامی*[۱]، ابوالقاسم روحی[۲]، معصومه شمس کهریزسنگی[۳]

*s_sadra2003@yahoo.com

۱-گروه زیست شناسی، دانشکده علوم دریائی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریائی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲-پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۳- گروه زیست فناوری، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۸

چکیده

این تحقیق به مطالعه تأثیر فاکتورهای اکولوژیک بر تنوع و تراکم فیتوپلانکتون ها در سواحل جنوبی دریایی خزر می پردازد. نمونه برداری از ۵ ایستگاه در نواحی رامسر، نوشهر، نور، فریدونکنار و میانکاله (از سطح و اعماق ۳ و ۵ متری) از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۵ انجام شد. مجموعاً، ۵۶ گونه فیتوپلانکتون متعلق به ۵ شاخه جلبک ها شناسایی شدند که ماکزیمم تراکم و زی توده در گونه های *Pseudonitzschia seriata* ،*Nitzschia acicularis* ،*Thalassionema nitzschioides* ،*Skletonema costatum* و *Melosira moniliformis* مشاهده شدند. میانگین زی توده فیتوپلانکتون ها به ترتیب ۱۲/۳±۲/۷×۱۰^{۶} عدد در متر مکعب و ۳۵/۶±۷/۴ میلی گرم در متر مکعب بود، که بیشترین میزان تراکم در فصل زمستان برابر ۱۹/۱±۴/۴×۱۰^{۶} عدد در متر مکعب مشاهده شد. بیشترین و کمترین شاخص تنوع شانون در فصول مختلف بین ۱/۹۷ و ۱/۸۴ بود. سیلیس؛ دما و نیتروژن نقش مهمی در تراکم فیتوپلانکتون ها بویژه دیاتومه ها؛ سیانوفیتا و پیروفیتا ایفا می کنند. مطالعه اخیر نشان داد که نسبت بالای NP در فصل زمستان و خصوصیات همراه با استراتژی مناسب گونه های کلروفیتا از دلایل مهم و مطلوب برای افزایش جمعیت آنها است.

لغات کلیدی: فیتوپلانکتون، تراکم، زی توده، دریای خزر

*نویسنده مسئول

مقدمه

از آنجایی که فیتوپلانکتون ها نقش عمده و اساسی در ساختار هرم اکولوژیک هر بوم سامانه آبی دارند، شناخت فرآیندهای اکولوژیک آنها به منظور حفظ و نگهداری مناسب از اکوسیستم های آبی ضروری است. فیتوپلانکتون‌ها گروهی از جلبک‌های میکروسکوپی هستند که نقش مهمی در انتقال انرژی بین تولیدکنندگان اولیه و تغذیه آبزیان، تولید اکسیژن و بیواندیکاتورهای زیستی و شاخص آلودگی آب دارند و تنوع زیستی فیتوپلانکتونهای دریای خزر این منطقه را یکی از ارزشمندترین اکوسیستم های جهان ساخته است (Atici and Shams, 2017; Shams *et al*., 2012; Gowen *et al*., 2003). دریای خزر بزرگترین پیکره آبی لب شور در جهان است که مساحت آن بالغ بر ۳۷۸۴۰۰ کیلومتر مربع و حجم آب آن ۷۸۱۰۰ کیلومتر مکعب می باشد. مطالعاتی بر فیتوپلانکتون‌های دریای خزر صورت گرفته است (Roohi *et al*., 2010؛ Nasrollahzadeh et al., 2008؛ Dumont, 1995؛ لالوئی و همکاران، ۱۳۸۳؛ گنجیان و همکاران، ۱۳۸۷؛ فضلی و همکاران، ۱۳۸۹؛ فارابی و همکاران،۱۳۹۰؛ Bagheri و همکاران، ۲۰۱۲) که بترتیب جنس‌های دیاتومه‌ها و کلروفایتا غالب بوده‌اند. لذا، این تحقیق در نظر دارد با بررسی پراکنش فیتوپلانکتون‌ها در سواحل جنوبی دریای خزر گامی مهم در شناسائی و بررسی تغییرات اجتماعات و میزان تنوع گونه‌ای آنها و مطالعه اثرات فاکتورهای مهم فیزیکوشیمیائی بپردازد و نیز تاکیدی در حفظ گونه‌های این اکوسیستم ارزشمند بردارد.

مواد و روش کار

دریای خزر مساحت۳۷۸۴۰۰ کیلومتر مربع و حجم آب آن ۷۸۱۰۰ کیلومتر مکعب دارد که مشخصات جغرافیایی آن ۴۷°۰۷-۳۶°۳۳ شمالی و۵۴°۵۰- ۴۶°۴۳ شرقی می‌باشد. نمونه‌برداری فیتوپلانکتون ها شامل ۵ ترانسکت (۵ نیم خط) عمود بر ساحل در نواحی رامسر، نوشهر، نور، فریدونکنار و میانکاله (امیر آباد) بود که از پائیز ۱۳۹۵ لغایت شهریور ۱۳۹۶ به صورت فصلی انجام شد و نمونه‌برداری آنها از سطح آب و اعماق ۳ و ۵ متری با دستگاه نمونه‌بردار روتنر در سه تکرار صورت گرفت. نمونه ها در بطری‌های پلی‌اتیلن قرار داده شدند و سپس با فرمالین ۴٪ تثبیت گردیدند (Sorina, 1987). تغلیظ نمونه‌ها در آزمایشگاه توسط سانتریفوژ با ۳۰۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه و شمارش آنها توسط لام سدویک-رافتر صورت گرفت (Newell and Newell, 1977) و نمونه‌ها توسط میکروسکوپ olympus مدل CH30 مجهز به اکولر مدرج و با استفاده از کلیدهای معتبر شناسایی شدند (Newell, 1977; Desikachary, 1959; Cox 1996; Prescott, 1984; Patrick and Reimer, 1975). با شمارش تعداد فیتوپلانکتون‌ها و ضرب آنها در وزن حجمی حجم تقریبی هر فیتوپلانکتون بر اساس اندازه‌گیری ابعاد و محاسبه فرمول‌های هندسی با توجه به شکل فیتوپلانکتون ها محاسبه شد (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹). آنالیز پارامترهای فیزیکو-شیمیائی منطبق بر روش‌های استاندارد ۲۰۰۷ آب و فاضلاب صورت گرفت. همچنین آنالیز واریانس ANOVA و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال α =۰/۰۵ و رسم نمودارها با نرم افزار اکسل انجام گرفت. تنوع گونه‌ای نیز از رابطه شانون- واینر محاسبه گردید.

نتایج

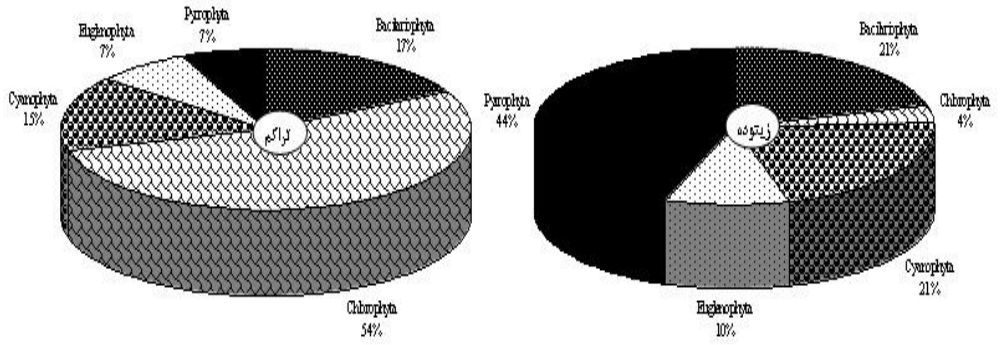
نتایج فیزیکی و شیمیائی

پارامترهای فیزیکی و شیمیائی دریای خزر در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج تاکسونومی در این تحقیق ۵۶ گونه فیتوپلانکتون در دریای خزر از ۵ شاخه Bacillariophyta، Pyrrophyta، Cyanophyta، Chlorophyta و Euglenophyta مورد شناسایی قرار گرفتند که شاخه باسیلاریوفیتا با ۲۵ گونه (۴۴/۶٪) بیشترین و شاخه اوگلنوفیتا با ۴ گونه (۷/۱٪) کمترین شاخه‌ها را بخود اختصاص داده بودند (شکل ۱). بررسی پراکنش گونه های فیتوپلانکتون طی مدت مطالعه نشان داد که گونه‌های *Th. nitzschioides*، *S. costatum*، *Rhizosolenia fragilissima* و *Cyclotella*

menenghiniana از شاخه های باسیلاریوفیتا طی فصول تابستان و زمستان حضور داشتند.

جدول ۱: تغییرات میانگین فصلی پارامترهای فیزیکی و شیمیائی دریای خزر
Table 1: Variation of seasonal means physical and chemical parameters in the Caspian Sea

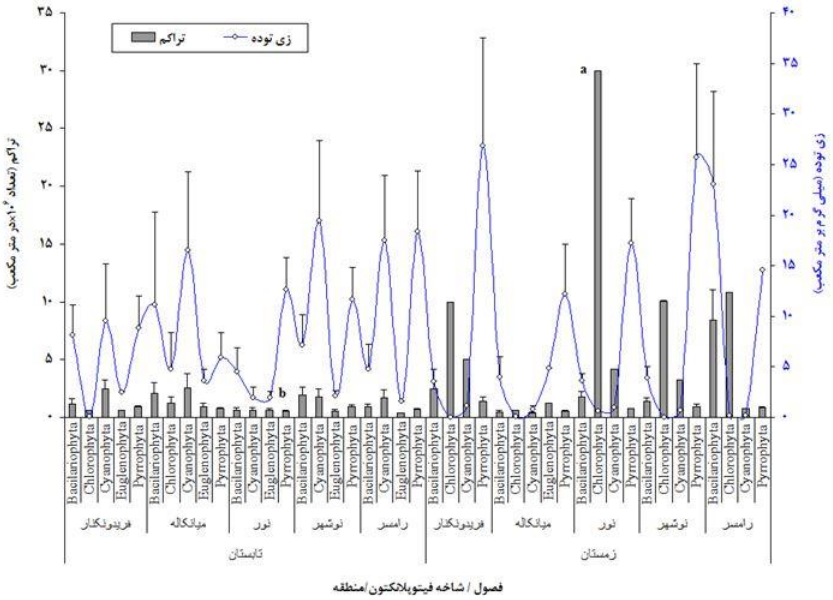
پارامتر	Temp. (°C)	Transparancy (m)	Salinity (ppt)	pH	DO (mg/l)	NO_2 (µg/l)
تابستان	۲۶±۱/۶	۱±۰/۴	۱۱/۲±۰/۲	۸/۲±۰/۱	۶/۲±۰/۵	۱/۲±۰/۴
زمستان	۹±۲/۱	۰/۷±۰/۳	۱۰/۷±۰/۳	۸/۵±۰/۱	۷/۹±۰/۷	۲/۲±۰/۵
پارامتر	NO_3 (µg/l)	NH_4 (µg/l)	TN (µg/l)	$PO_4^{(-3)}$ (µg/l)	TP (µg/l)	SiO_2 (µg/l)
تابستان	۳۳/۴±۰/۶	۲۳/۷±۰/۹	۹۹۴/۹±۵/۷	۱۱/۴±۰/۸	۲۴/۸±۰/۴	۱۷۶/۸±۳/۵
زمستان	۳۰/۲±۰/۹	۳۲/۷±۰/۷	۱۱۳۳/۹±۱۲/۸	۳۵/۳±۰/۹	۱۶/۱±۰/۸	۱۳۰±۲/۳



شکل ۱: مقایسه فراوانی شاخه های مختلف فیتوپلانکتون طی فصول مختلف
Figure 1: Comparision of frequency different divisions of phytoplankton among of different seasons.

همچنین گونه‌های *N. acicularis*، *P. seriata* و *M. moniliformis* با فراوانی زیاد تنها در فصل زمستان مشاهده گردیدند. همچنین گونه‌های *Binuclearia lauterbornii* و *Senedesmus quadricauda* از گروه کلروفیتا بیشترین حضور را داشتند. گونه *Oscillatoria limosa* با بیشترین حضور تنها در فصل زمستان و گونه‌های *Anabaena spiroides* و *Merismopedia minima* متعلق به شاخه سیانوفیتا بودند که بیشترین تعداد و حضور را تنها در زمستان داشته‌اند. از گروه پیروفیتا، گونه‌های *Exuviaella cordata*، *Prorocentrum scutllum* و *Prorocentrum proximum* در هر دو فصل تابستان و زمستان حضور داشتند و گونه *Euglena* sp. با فراوانی بالا در فصل زمستان و گونه *Phacus* sp. تنها در فصل تابستان دارای بیشترین میزان حضور بودند. بیشترین میزان تراکم فیتوپلانکتون در فصل زمستان برابر $cell/m^3$ ۱۹/۱±۴/۴×۱۰۶ با زی‌توده ۳۳/۱±۵/۶ میلی‌گرم در متر مکعب بدست آمد. همچنین از نظر میانگین تراکم شاخه کلروفیتا با ۵۴٪ بیشترین میزان فراوانی و شاخه های پیروفیتا و اوگلنوفیتا با ۷٪ کمترین فراوانی را نشان دادند. نتایج آماری مقایسه میانگین تراکم و زی‌توده شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون با آزمون دانکن نشان داد که مقادیر شاخه‌های باسیلاریوفیتا، پیروفیتا، سیانوفیتا و کلروفیتا در فصول تابستان و زمستان دارای اختلاف معنی‌دار آماری در

سطح ۵ درصد می‌باشند ($p<۰/۰۵$). به طور کلی، شاخه‌های باسیلاریوفیتا، کلروفیتا، اوگلنوفیتا و پیروفیتا دارای بیشترین میزان تراکم در فصل زمستان و شاخه سیانوفیتا دارای بیشترین میزان تراکم در فصل زمستان بودند (شکل ۲). از شاخه باسیلاریوفیتا گونه‌های *S. costatum*، *Th. nitzschioides*، *N. acicularis* گونه‌های سمی *P. seriata* و *M. moniliformis* بیشترین تراکم و زی توده را طی این مطالعه داشتند و *Th. nitzschioides*، *N. acicularis*، *P. seriata* و *M. moniliformis* بترتیب دارای تراکم ۴/۵-۳۲/۴×۱۰^{۶} عدد در مترمکعب و زی‌توده ۲/۱-۱۵۲/۲ میلی‌گرم در مترمکعب بوده‌اند.

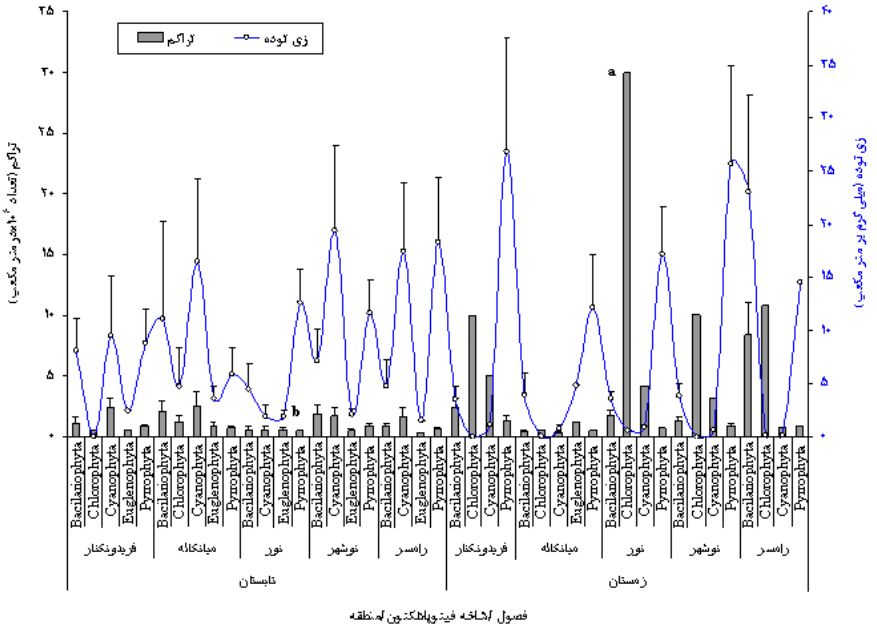


شکل ۲: تراکم و زی توده شاخه های مختلف فیتوپلانکتون طی فصول و اعماق مختلف در دریای خزر

Figure 2: Density and biomass of phytoplankton's different divisions among of different seasons and depths in the Caspian Sea.

گونه‌های غالب شاخه کلروفیتا *S. quadricauda* تنها در فصل تابستان و گونه *B. lauterbornii* با بیشترین تراکم تنها در فصل زمستان مشاهده گردیدند. از شاخه سیانوفیتا سه گونه *O. limosa*، *M. minima* و *A. spiroides* بیشترین تراکم را در فصل زمستان نشان دادند. از شاخه اوگلنوفیتا گونه *Euglena* sp. با بیشترین تراکم در فصول زمستان و تابستان حضور داشتند و گونه *Phacus* sp. بیشترین تراکم و زی توده را در فصل زمستان نشان دادند. از شاخه پیروفیتا گونه *E. cordata* بیشترین تراکم و زی‌توده را در فصل تابستان و گونه های *P. proximum* و *P. scutllum* بیشترین تراکم و زی توده را در فصل زمستان بخود اختصاص داده‌اند (شکل ۳). در بررسی عمقی فیتوپلانکتون های منطقه مورد مطالعه طی فصول تابستان و زمستان مشخص گردید که شاخه کلروفیتا با میانگین تراکم ۱۲/۳±۴/۸×۱۰^{۶} عدد در مترمکعب بیشترین میزان را در اعماق ۳ و ۵ متری فصل زمستان تشکیل دادند و شاخه سیانوفیتا نیز با میانگین تراکم ۲/۶±۰/۸×۱۰^{۶} عدد در مترمکعب در عمق ۵ متری فصل تابستان در رتبه دوم بودند در حالیکه بیشترین میزان زی‌توده با میانگین ۱۹/۷±۴/۷ میلی‌گرم در

مترمکعب متعلق به شاخه پیروفیتا در اعماق ۳ و ۵ متری فصل زمستان مشاهده گردید. شاخه کلروفیتا با میانگین تراکم $۳۰\pm۶/۸\times۱۰^{۶}$ عدد در مترمکعب بیشترین میزان فراوانی را در فصل زمستان در منطقه نور تشکیل دادند.



شکل ۳: تراکم و زی توده شاخه های مختلف فیتوپلانکتون در مناطق مورد مطالعه و فصول مختلف در دریای خزر

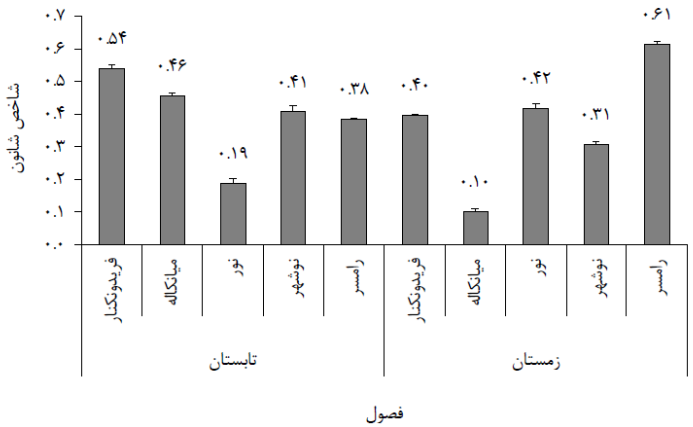
Figure 3: Density and biomass of phytoplankton's different divisions among of different seasons and stations in the Caspian Sea.

از سویی، بیشترین میزان زی‌توده در منطقه فریدونکنار با ۱۰/۸±۲۶/۸ میلی گرم در متر مکعب مربوط به شاخه پیروفیتا نیز در فصل زمستان مشاهده شدند، سپس با زی‌توده ۹/۳±۲۵/۷ میلی‌گرم در مترمکعب در منطقه نوشهر از همین گروه و در نهایت دو شاخه باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا بترتیب در منطقه رامسر و نوشهر با زی‌توده بترتیب با ۹/۲±۲۳ و ۷/۹±۱۹/۴ میلی‌گرم در مترمکعب دارای بیشترین مقدار در فصل زمستان و تابستان بودند.

مطالعه روابط اکولوژیک مواد مغذی با تراکم شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون نشان داد که نسبت نیتروژن به فسفر (N:P) در فصل زمستان ۱:۸ برابر آن در فصل تابستان است که در شاخه کلروفیتا سبب افزایش زیاد تراکم جمعیت آن در فصل زمستان در مقایسه با فصل تابستان گردید. مطالعه تراکم فیتوپلانکتون و مقدار سیلیس نشان داد که در فصل تابستان با افزایش میزان سیلیس (متوسط ۱۷۷ میلی‌گرم در لیتر) تراکم فیتوپلانکتون کل کاهش می‌یابد در حالیکه در فصل زمستان با کاهش میزان سیلیس (متوسط ۱۳۰ میلی‌گرم در لیتر) تراکم فیتوپلانکتون‌ها بیشتر گردید. این وضعیت بخصوص در مورد شاخه باسیلاریوفیتا بیشتر قابل ملاحظه است. بررسی شاخص تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌ها در فصول مختلف نشان داد که تنوع زیستی در فصل تابستان ۱/۹۷ و در زمستان ۱/۸۴ بود (شکل ۴).

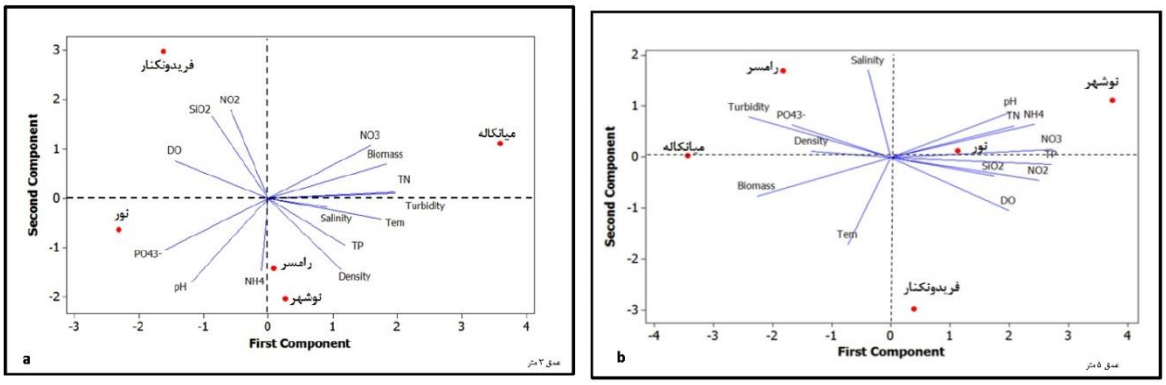
بررسی همبستگی میان فاکتورهای محیطی و تراکم کل فیتوپلانکتون‌ها نشان داد که تراکم فیتوپلانکتون‌ها رابطه معکوس با دمای آب دارد. همچنین همبستگی بین تراکم فیتوپلانکتون‌ها با مواد مغذی نشان داد که ارتباطی بین میزان سیلیس و باسیلاریوفایتها و نیز مقدار غلظت نیتروژن و فسفر با کلروفیتا و اوگلنوفیتا وجود دارد. با توجه به آنالیز PCA، در فصل تابستان عمق ۳ متر بیشترین میزان در مؤلفه اول بین فاکتورهای غیرزیستی بترتیب سیلیکات و نیترات با اثر معکوس و دما، نیتریت،؛

نیتروژن کل و فسفات کل با تاثیر مستقیم مشاهده شد. اسیدیته و آمونیاک مستقیماً و شوری به طور معکوس بر میزان زی توده موثر بوده است (شکل ۵).



شکل ۴: شاخص تنوع شانون فیتوپلانکتون در فصول و ایستگاه های مختلف

Figure 4: Diversity index of Shannon in phytoplankton among different seasons and stations.



شکل ۵: الگوی PCA؛ زی توده فیتوپلانکتون تحت پارامترها در ایستگاه های مختلف (اعماق ۳ و ۵ متر)

Figure 5: PCA pattern, phytoplankton biomass under parameters in different stations (depths 3, 5 m).

بحث

تغییرات جمعیت فیتوپلانکتون های مناطق ساحلی دریای خزر بخصوص در قسمت جنوبی آن مشاهده شده است بطوریکه نتایج آماری نشان دهنده کاهش تنوع گونه‌ای از مجموع ۳۳۴ گونه فیتوپلانکتون طی سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۸۲ گونه (Tahami, 2017) در سال ۱۳۸۹ به ۴۳ گونه (Bagheri *et al.*, 2012) در سال ۲۰۰۸ و نیز به ۵۶ گونه در مطالعه اخیر بوده است که احتمالاً به علت افزایش جمعیت زئوپلانکتون ها، میزان تغذیه از فیتوپلانکتون‌ها رو به افزایش بوده است. لذا، تنوع گونه‌ای و تراکم فیتوپلانکتون‌ها کاهش چشمگیری نشان دادند. در این پژوهش باسیلاریوفیتا و پیروفیتا بیشترین تعداد گونه را نشان دادند که با نتایج Bagheri و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد. از سویی، نتایج این تحقیق نشان داد که شاخه باسیلاریوفیتا هم اکنون٪۴۴ تنوع گونه‌ای و ٪۱۵ تراکم فیتوپلانکتون‌ها را تشکیل می‌دهد در حالیکه در مطالعات گذشته ٪۴۳ تنوع گونه و ٪۴۷ تراکم فیتوپلانکتونی را بخود اختصاص داده بودند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). شاخه کلروفیتا که در مطالعات گذشته تنها سهم اندکی از تنوع گونه‌ای و تراکم فیتوپلانکتون‌ها را

تشکیل می داد، در مطالعات اخیر ٪۹ تنوع گونه‌ای و بیش از ٪۵۰ تراکم فیتوپلانکتون‌ها را شامل می‌شود. بنظر می‌رسد که تغییرات فیزیکوشیمیائی آب نظیر کاهش میزان سیلیس (Nasrollahzadeh Saravi *et al.*, 2008) و به طور کلی، تغییر اقلیم سبب گردید تا گونه‌های فیتوپلانکتونی از گروه باسیلاریوفیتا که نیاز به مصرف سیلیس زیاد برای تکثیر و رشد و نمو دارند، به سمت گونه‌های مصرف‌کننده فسفر و نیتروژن تغییر پیدا کنند که ازدیاد جمعیت شاخه کلروفیتا در این مطالعه ناشی از این پدیده می‌باشد که با مشاهدات Shams و Afsharzadeh (۲۰۰۷) نیز مطابقت دارد. بر اساس نظر Bagheri و همکاران (۲۰۱۲) شرایط جدید ایجاد شده در دریای خزر سبب گردید که گونه‌های سرما دوست و در اندازه پیکوپلانکتون‌ها از غالبیت نسبی بیشتری نسبت به گونه‌های گرمادوست برخودار شوند و از اینرو مشاهده می‌شود که گونه‌هایی نظیر *P. calcar-avis*، *P. seriata* و *B. lauterbornii* در فصل زمستان از تراکم بسیار بیشتری نسبت به فصل تابستان برخوردار بودند. در این مطالعه شاخه‌های پیروفیتا، سیانوفیتا و اوگلنوفیتا از تنوع گونه‌ای و تراکم پائین‌تری نسبت به سایر شاخه‌های فیتوپلانکتونی برخوردار بودند. به طور کلی، جایگزینی گونه‌های سمی و کوچک دیاتومه‌ها نظیر *P. seriata*، *Cerataulina pelagica* و *Chaetoceros peruvianus* به جای دیاتومه‌هایی با اندازه سلولی بزرگ مانند *calcar avis Rhizosolenia* و *Dactyliosolen fragilissimus* که در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۸۰ به طور معمول در دریای خزر وجود داشتند، مشاهده گردید (Bagheri and Fallahi, 2014). از سویی، در بعضی ایستگاه‌ها جایگزینی گونه‌های کلروفیتا به جای گونه‌های باسیلاریوفیتا در آبهای ساحلی دریای خزر در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که ورود شانه دار مهاجم و غیر بومی به آبهای این حوزه و سکنی گزیدن آنها سبب افزایش جمعیت فیتوپلانکتون‌های مذکور می شود که نتایج یافته‌های آن در مطالعه حاضر (بخصوص در فصل زمستان) می‌تواند زنگ خطری محسوب گردد. علاوه بر این، حضور گونه *P. seriata* نیز که جزء گونه‌های با پتانسیل تولید سم نوروتوکسینی می‌باشد، می‌تواند ناشی از عواملی نظیر ورود مواد مغذی رودخانه‌ها باشد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). غالبیت کلروفیتا در فصل زمستان بیانگر افزایش سطح تروفیک با دخالت انسانی است که با نتایج Soylu و Gonulol (۲۰۱۰) مطابقت دارد. در مطالعه حاضر، آزمون‌ها بیانگر ارتباط مثبت شاخه کلروفیتا (بخصوص گونه *B. lauterbornii*) و فسفر کل (PT) و تا حدودی آمونیوم است که سبب افزایش آنها شده است. بعضی از گونه‌های شاخه‌های باسیلاریوفیتا (*M. moniliformis* و *P. seriata*) با وجود فسفر آلی محلول مطلوب و نیز با سیلیس محلول (DSi) مناسب، توانایی غالب شدن در فصل زمستان را داشته‌اند. مطالعه اخیر نشان داد که نسبت بالای N/P در فصل زمستان و خصوصیات همراه با استراتژی مناسب گونه‌های کلروفیتا از دلایل مهم و مطلوب برای افزایش جمعیت آنهاست که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Atici and Shams, 2017; Nasrollahzadeh Saravi, 2015; Reynolds *et al.*, 2002). همچنین با توجه به اثر عوامل اکولوژیک و فیزیکی و شیمیایی مختلف مطالعه اخیر نشان داد که با روند سنجش میزان نوترینت‌ها (فسفر، نیتروژن و فسفر) طی فصول تابستان، جمعیت غالب فیتوپلانکتونی به سمت گروه‌هایی پیش می‌رود که به جای شاخه باسیلاریوفیتا که در سال‌های قبل، از تراکم و زی‌توده بیشتری نسبت به سایر گروه‌ها برخوردار بودند، هم اکنون توسط شاخه کلروفیتا جایگزین شده‌اند. مطالعه شاخص تنوع زیستی شانون در فصول مختلف در دریای خزر نشان داد که مقدار آن در فصل تابستان ۱/۹۷ و در زمستان ۱/۸۴ بوده است که نشان‌دهنده تنوع پائین منطقه می‌باشد و نتایج آزمون همبستگی حاکی از افزایش همبستگی تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌ها با دمای آب در فصل تابستان بوده است.

منابع

حسینی، س.ع.، گنجیان، ع.، مخلوق،آ.، ۱۳۹۰. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوزه جنوبی دریای خزر. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ایران، ۵۰۴ صفحه.

فارابی، م.و.؛ فضلی، ح.؛ واردی، س.ا.، ۱۳۹۰. طرح پروژه هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلودگی های زیست محیطی حوزه جنوبی دریای خزر .ساری :پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۳۴۶ صفحه.

فضلی، ح.، فارابی، م.و.، دریانبرد، غ.ر.، ۱۳۸۹. پروژه تجزیه و تحلیل داده های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر. ساری. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۲۸۶ صفحه.

گنجیان، ع.، حسینی، س.ع.، خسروی، م. و کیهان ثانی، ع.، ۱۳۸۷. بررسی تراکم و پراکنش گروه های عمده فیتوپلانکتونهای حوضه جنوبی دریای خزر. مرکز تحقیقات شیلاتی استان مازندران. مجله علمی شیلات ایران. ۲ (۷): ۹۵-۱۰۷.

لالویی، ف؛ زلفی نژاد، ک.، هاشمیان، ع .، سالاروند، غ.، قانع، ا. و طالبی، د.،۱۳۸۳. هیدرولوژی و هیدرو بیولوژی و آلودگیهای زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریایی خزر. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری. ۳۹۴ صفحه.

مخلوق، آ.، نصراله زاده، ح.س.، پورغلام، ر و رحمتی، ر.، ۱۳۹۰. معرفی گونه های سمی و مضر جدید فیتوپلانکتون در آبهای سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر، مجله علوم زیستی واحد لاهیجان. ۵ (۲): ۷۷-۹۳.

Atici, T. and Shams, M., 2017. Most abundance Diatom Taxa of rivers in Turkey and Iran. *International Journal of Botany Research (IJBR)*, 7(5): 9-14.

Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Makaremi, M., Omar, W.M.W. and Negaresta, H., 2012. Phytoplankton species composition and abundance in the southwestern Caspian Sea. *Ekoloji Dergisi*, 21(83): 32-43. Doi: 10.5053/ekoloji.2012.834.

Bagheri, S. and Fallahi, M., 2014. Checklist of phytoplankton taxa in the Iranian waters of the Caspian Sea. *Caspian Journal of Environment Science*, 12(1): 81-97.

Cox, E.J., 1996. Identification of freshwater diatoms from live material. Chapman and Hall, London. 158P.

Desikachary, T.V., 1959. A monograph on cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research Publication, New dehli., 185P.

Dumont, H., 1995. Ecocide in the Caspian Sea. Nature, 337, 673–674.

Gowen, N., O'Donovan, M., Casey, I., Rath, M., Delaby, L. and Stakelum, G., 2003. The effect of grass cultivars differing in heading date and ploidy on the performance and dry matter intake of spring calving dairy cows at pasture. *Animal Research*, 52 (4): 321-336. Doi:10.1051/animres:2003025.

Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourariya, A. and Nowrozi, B., 2015. Phosphorus forms of the surface sediment in the Iranian coast of the Southern Caspian Sea. *Caspian Journal of Environment Science*, 13(2):141-151. Doi:10.22113/jmst.2015.11554.

Nasrollahzadeh, H.S., Zubir, B.D., Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*, 28: 1153– 1165. Doi: 10.1016/j. csr.2008.02.015.

Newell, G.E. and Newell, R.C., 1977. Marine plankton: a practical guide: Hutchinson press, London. 210P.

(Isfahan- Iran). *Turkish Journal of Botany*, 36 (6): 715-726. Doi: 10.3906/bot-1104-19.

Sorina, A., 1987. Phytoplankton manual. Unesco, Paris, 140P.

Soylu, E.N. and Gonulol, A., 2010. Functional classification and composition of phytoplankton in Liman Lake. *Turkish Journal of Fisheris Aquatic Science*, 10: 53-60. Doi: 10.4194/trjfas.2010.010.

Tahami, F.S., 2017. Study on dynamic of phytoplankton in the southern part of Caspian Sea. *Fisher and Oceanology Journal*, 2(1): 1-7. Doi: 10.19080/OFOAJ.2017.02.555577.

Newel, C.E., 1977. Marine plankton. Hutchinsson of London, 410P.

Patrick, R. and Reimer, C.W., 1975. The diatoms of the United States. Philadelphia Monogr. Academic National Science. pp. 1335-1342.

Prescott, G.W., 1984. How know the freshwater algae. University of Montana, U.S.A. 293P.

Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Flores, L.N. and Melo, S., 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24(5):417-428. Doi: 10.1093/plankt/24.5.417.

Roohi, A., Kideys, A., Sajjadi, A., Hashemian, A., Pourgholam, R., Fazli, H., Ganjian Khanari, A. and Eker-Develi, E., 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore Mnemiopsis leidyi. *Biological Invasions*, 12: 2343–2361. https://www.researchgate.net/225339322_Changes_in_biodiversity.

Shams, M. and Afsharzadeh, S., 2007. Taxonomic study of Diatoms in Zayandeh Rood Dam Lake. *Iranian Journal of Botany (Rostaniha)*, 8(2): 160-175. Rostaniha.areo.ir/article_101798.html

Shams, M., Afsharzadeh, S. and Atici, T., 2012. Seasonal variation in phytoplankton communities in Zayandeh Rood Dam Lake

The Effect of Different Ecological Parameters on the species diversity and Distribution of Phytoplankton in the South Coast of Caspian Sea (Mazandaran Province)

Albodviraj F.[1]; Ghaemmaghami S.S.[1]*; Roohi A.[2]; Shams Kahrizsangi M.[3]

*s_sadra2003@yahoo.com

1- Department of Marine Biology, Faculty of Marine and Oceanic Sciences, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.
2- Casoian Sea Ecology Research Centre, Iranian Fisheries Science Reasearch Iinstitute, Agricultural Research Education and Extension, Sari, Iran.
3- Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences and Technology, Shahid Ashrafi Isfahan University, Isfahan, Iran

Abstract

This research was conducted to evaluate the effect of ecological factors on diversity and density of phytoplankton in Caspian Sea. Sampling was carried out from 5 stations included of Ramsar, Nowshar, Noor, Fereydunkenar and Miankaleh (Amirabad) regions (surface, 3 and 5 m depths) from 2016 to 2017. The totals of 56 species belong to 5 phyla of algae division were identified which maximum density and biomass were observed in *Skletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Nitzschia acicularis*, *Pseudonitzschia seriata* and *Melosira moniliformis*. Density and biomass of phytoplankton showed that the mean of biomass was $12.3\pm2.7\times10^6$ cell/m^3 and 35.6 ± 7.7 mg/m^3, respectively, with the highest average density in winter (19.1 ± 4.4 ind.m^{-3}). The highest and lowest Shannon index was 1.97 and 1.84 in different seasons respectively. Silica, temperature and inorganic nitrogen play an important role in density of algae especially diatoma, cyanophyta and pyrrophyta. The recent study showed that a high N:P ratio in winter and characteristics along with a suitable strategy for Chlorophyta species are important and desirable reasons for increasing their populations.

Keywords: Phytoplankton, Density, Biomass, Caspian Sea

*Corresponding author