نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر/ ISSN: 2008-0026 سال دهم، شماره دوم، تابستان ۹۵/ صفحات: ۵۲-۴۳

شناسایی، تنوع و تراکم جامعه فیتوپلانکتونی ساحل استان گلستان و خلیج گرگان

*احمد قرایی[۱]، مصطفی غفاری[۱]، رقیه کرمی[۱]، اکرم علی‌اکبریان[۲]، علی‌اصغر علیزاده[۳]، محمدعباسی محمدآبادی[۳] و وحید خیرآبادی[۳]

[۱]گروه شیلات، پژوهشکده تالاب بین المللی‌هامون، دانشگاه زابل، [۲]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گلستان، گلستان

[۳]بخش محیط‌زیست دریایی، اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان، گلستان

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۰

چکیده

بررسی تنوع و تراکم فیتوپلانکتونهای سواحل استان گلستان و خلیج گرگان به‌صورت ماهانه از فروردین تا شهریور ۱۳۹۱ انجام شد. نمونه برداری آب در ساحل دریایی استان گلستان در سه ترانسکت و در ۱۲ نقطه و در ۲ ایستگاه در خلیج گرگان انجام شد. نتایج حاصل از تنوع و تراکم فیتوپلانکتونی نشان داد که در مجموع تعداد ۵۳ گونه فیتوپلانکتون متعلق به ۵ شاخه از فیتوپلانکتون‌ها در آب‌های ساحل استان گلستان شامل ۳۰ گونه از Bacillariophyta، ۱۳ گونه از Pyrrophyta، ۱۲ گونه از Chlorophyta، ۱۴ گونه از Cyanophyta و ۴ گونه از Euglenophyta شناسایی و در طی دوره نمونه برداری شمارش شدند. همچنین بر حسب ماه‌های نمونه برداری، تعداد ۳۹ گونه فیتوپلانکتونی در فروردین‌ماه، ۴۳ گونه در اردیبهشت‌ماه، ۳۵ گونه در خردادماه، ۴۶ گونه در تیرماه، ۴۷ گونه در مردادماه و ۴۰ گونه در شهریورماه در ایستگاه‌های ساحل استان گلستان و در خلیج گرگان نیز به‌ترتیب در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریورماه به‌ترتیب ۳۰، ۳۱، ۳۳، ۳۲، ۲۹ و ۲۲ گونه ثبت شد. همچنین در اندازه گیری میزان کلروفیل a، بیشترین میزان کلروفیل a در شهریور ماه در خلیج گرگان به میزان ۳۷/۵۹ میکروگرم در لیتر و کمترین میزان آن در فروردین ماه در آب‌های ساحل استان گلستان به میزان ۱/۰۵ میکروگرم در لیتر به‌دست آمد. براساس روش OECD و با توجه به میانگین میزان کلروفیل a در خلیج گرگان که بیش از ۲۵ میکروگرم در لیتر بدست آمد می‌تواند این منطقه جزو مناطق یوتروف و سواحل استان گلستان جزو مناطق الیگوتروف دسته‌بندی شود.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل a، تنوع و تراکم فیتوپلانکتونی، یوتروفی، گلستان ، دریای خزر.

مقدمه

آبهای ساحلی یکی از عمده ترین منابع آبی با ارزش هستند که به لحاظ اقتصادی، اجتماعی و تفریحی دارای اهمیت فراوانی می باشند. امروزه در اثر توسعه جوامع، این منبع با ارزش تحت تاثیر پیامدهای منفی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی قرار گرفته و سطح کیفی این آب‌ها در اثر ورود آلاینده‌های مختلف کاهش یافته است. کنترل این آلودگی‌ها یکی از اهداف بشر می باشد و لذا مدیریت سواحل به عنوان دانشی که به انطباق توسعه با محیط زیست کمک می کند، بوجود آمده است (Aguilera و همکاران، ۲۰۰۱). از طرف دیگر امروزه اهمیت فیتوپلانکتون‌ها در ساختار اکوسیستم‌های آبی و همچنین ارزیابی توان تولید در هر نوع آبی شناخته شده می باشد. این موجودات به عنوان عوامل اولیه در زنجیره تولید اکوسیستم‌های آبی نقش تعیین کننده‌ای

*نویسنده مسئول: agharaei551@gmail.com

دارنـــد (Uitz، ۱۹۹۵؛ Tarkowshi و همکـــاران، ۲۰۱۰)

خلیج گرگان از اکوسیستم‌های مهم ایران می‌باشد که به‌دلیل شرایط زیستی مناسب برای آبزیان، از نظر مسائل اکولوژیکی و اقتصادی واجد ارزش‌های فراوان می‌باشد و تا به امروز بیشتر مطالعات رسوبی و موجودات بنتوز از این اکوسیستم انجام شده است و مطالعات محدودی در خصوص وضعیت پلانکتونی آن موجود است. این اکوسیستم تحت تاثیر مستقیم و متقابل دو اکوسیستم دیگر یعنی دریای خزر و رودخانه‌های منتهی به آن می باشد و از طرفی هر یک از این اکوسیستم‌های مزبور به نوبه خود مرتبط و متاثر از محیط‌های دیگر هستند. نزولات آسمانی، آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و نوسانات دریایی خزر از منابع تامین کننده آب خلیج گرگان به شمار می‌روند (Laluie، ۱۹۹۳).

از طرف دیگر مطالعه و شناسایی فلور پلانکتونی خلیج گرگان به‌منظور دستیابی به آمار و اطلاعات علمی در جهت بهره‌برداری معقول از پتانسیل‌های بالقوه آن امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می باشد و به‌منظور پیدا کردن راه بهتر برای بهبود بخشیدن و حفاظت از منابع زنده دریایی و ارتباط بین فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی با تنوع زیستی فیتوپلانکتونها در خلیج باید مطالعات بیشتری انجام شود.

کلروفیل a مهم ترین رنگدانه فتوسنتتیک است و در تمام فیتوپلانکتون‌ها وجود دارد. بنابراین می تواند به‌عنوان شاخص بیومس فیتوپلانکتون استفاده شود. وقوع غلظت‌های بالای فیتوپلانکتون که در عکس العمل نسبت به ورود مواد مغذی گیاهان (به خصوص فسفر) ناشی از فعالیتهای انسانی رخ می دهد موجب آثار مضر متعدد درمحیط‌های دریایی شده و در نتیجه مطالعه مقادیر غلظت کلروفیل a، توزیع و تغییرات فصلی آن از اهمیت ویژه ای در مطالعات محیط زیستی برخوردار است (Nezlin, 2005).

اگر چه مطالعات محدودی در زمینه بررسی فیتوپلانکتونها در ناحیه جنوبی دریا انجام شده است (Kardavani، ۱۹۹۵) اما به نظر می‌رسد تحقیق کافی بر روی جمعیت فیتوپلانکتون‌ها در ناحیه جنوب شرقی دریای خزر انجام نشده است و در حال حاضر فقط اطلاعات موردی آن هم در یک ترانسکت در کل منطقه وجود دارد. در این تحقیق سعی شده است تا ترکیب گونه‌ای و پراکنش مکانی و زمانی فیتوپلانکتون‌های سواحل استان گلستان در طی ماه‌های فروردین تا شهریور ۱۳۹۱ بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری: مطالعه حاضر در طی ماه‌های بهار و تابستان ۱۳۹۱ در سواحل استان گلستان و خلیج گرگان انجام شد. تعیین تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری با توجه به هدف برنامه پایش و منابع موجود (اعم از منابع مالی، زمانی و انسانی) و همچنین تعیین مکان ایستگاه‌های نمونه‌برداری با توجه به عمق، ثبات ستون آبی و تبادلات آبی انجام پذیرفت. به‌طوری‌که این محل‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که هم مناطق ساحلی و هم دور از ساحل را در برگیرند. بنابراین پس از انتخاب ایستگاه‌ها و به‌منظور نمونه‌برداری منظم در طی ماه‌های مختلف فصول بهار و تابستان بر حسب اعماق ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ متر در سه لاین عمود بر ساحل به فاصله ۲۵ کیلومتر از یکدیگر، ساحل استان گلستان توسط قایق موتوری به سمت عمق آب پیموده شد تا اعماق مورد نظر در دریا رصد شدند و با استفاده از GPS ثبت نقاط مورد نظر انجام شد. همچنین به‌منظور بررسی اولیه تنوع زیستی فیتوپلانکتونی خلیج گرگان دو ایستگاه KH0 و KH5 (در عمق صفر و ۵ متر) انتخاب و در نقشه مشخص و ثبت گردید (شکل ۱).

شکل ۱: نقشه مکان ایستگاه‌های نمونه‌برداری در ساحل استان گلستان و خلیج گرگان

نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها: عملیات نمونه‌برداری توسط یک فروند قایق موتوری به‌صورت ماهانه با سه تکرار در ایستگاه‌های معرفی شده انجام شد. نمونه برداری توسط نمونه بردار نیسکین (Niskin) با ظرفیت ۳/۵ لیتر انجام شد. به‌طوری‌که در هر ایستگاه یک لیتر نمونه آب جهت مطالعات پلانکتونی و نیم لیتر جهت اندازه‌گیری کلروفیل a و یک لیتر جهت آنالیز پارامترهای شیمیایی آب در ظروف پلی‌اتیلنی و شیشه‌ای تیره در روی یخ تا انتقال به آزمایشگاه نگهداری می‌شد. در کلیه مراحل نمونه‌برداری سعی شد تا شرایط نمونه‌گیری و نگهداری برای همه نمونه‌ها یکسان باشد. بلافاصله پس از انتقال نمونه‌های آب به آزمایشگاه، به غیر از پارامترهای دما، شوری، pH بقیه فاکتورهای شیمیایی مورد نظر (NO_3، No_2، Po_4، NH_4، TP (total phosphorus)، SiO_2 و TN (total nitrogen)) توسط دستگاه پیشرفته آنالیز آب Hach DR 2800 و براساس دستورالعمل مخصوص دستگاه به همراه مواد واکنش زای مخصوص آن اندازه‌گیری و ثبت شد.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان کلروفیل a در هر ایستگاه از پروتوکل استاندارد EES Method 150.1 استفاده شد و در نهایت با استفاده از فرمول زیر مقادیر کمی کلروفیل a در هر ایستگاه بدست آمد.

میزان کلروفیل a (µg/l) = $26.73(663_b - 665_a)$ E (F) / V (L)

که در این فرمول:

F: فاکتور رقت

E: حجم استون استفاده شده بر حسب میلی‌لیتر

V: حجم آب فیلتر شده بر حسب لیتر

L: طول مسیر عبور نور سل بر حسب سانتی‌متر

665a: جذب تصحیح کدورت در ۶۶۵ نانومتر بعد از اسیدی شدن محلول

663b: جذب تصحیح کدورت در ۶۶۳ نانومتر قبل از اسیدی کردن محلول

به‌منظور شناسایی و تعیین تراکم گونه‌های پلانکتونی در ابتدا نمونه‌های آب منتقل شده به آزمایشگاه با فرمالین بافر شده به غلظت ۲ درصد رسانده شدند و در بطری‌های تاریک به‌مدت ۱۰ روز در دمای اتاق در محل تاریک جهت ترسیب پلانکتون‌ها نگهداری شدند. پس از آن مقدار ۷۵۰ سی‌سی از نمونه فیکس شده از قسمت بالای آن برداشت شده و حذف گردید. ۲۵۰ سی‌سی باقیمانده

در داخل لوله‌های پلی‌اتیلنی به‌مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند تا حجم نهایی به ۳۰ سی‌سی رسانده شد. با همگن سازی نمونه حاوی نمونه‌های پلانکتونی مقدار یک سی سی از آن به عنوان نمونه جزئی از کل نمونه برداشت شد و بر روی لام سدویک ریخته شد. این لام متشکل از ۱۰۰۰ سلول کوچک است که شمارش نمونه‌ها را تسهیل می‌کند. همچنین برای شناسایی از میکروسکوپ اینورت Nikon TS100 با بزرگنمایی 10X, 20X و 40X استفاده شد (EPA، ۱۹۸۶). برای شناسایی گونه‌های پلانکتونی موجود در نمونه‌های آب از کلیدهای مصور مختلف شامل Moncheva & Parr, 2010; EPA, 1986; Tiffany & Britton, 1971 استفاده شد. همچنین جهت تعیین تنوع زیستی نیز از کلیه ایستگاههای نمونه برداری استفاده شد.

پس از جمع‌آوری داده‌های خام، برای مقایسه بین گروه‌های فیتوپلانکتونی و میزان کلروفیل a از آنالیز واریانس یکطرفه و جهت مقایسه میانگین‌ها به‌دلیل نرمال نشدن داده‌ها از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس در سطح ۹۵ درصد اطمینان در نرم‌افزار SPSS (ویرایش دهم) استفاده شد و برای رسم نمودارها نیز از محیط Excle استفاده شد. نحوه ارائه داده‌ها نیز به صورت انحراف معیار±میانگین می‌باشد.

نتایج

در طی تحقیق حاضر داده‌های حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در سواحل استان گلستان و خلیج گرگان نوسانات مختلفی را نشان داد که در جداول ۱ جزئیات آنها آمده است. به‌طوری‌که نوسانات ماهانه دمای آب از ۱۵/۷ درجه سانتی‌گراد تا ۳۱/۱ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. بیشترین و کمترین میزان شوری بین۸/۳ و ۱۱/۲ گرم در لیتر به‌ترتیب در ماه‌های فروردین و شهریور ثبت شد. میزان کمینه و بیشینه فسفات نیز به ترتیب در ماه‌های مرداد و شهریور با مقادیر ۰/۰۶ و ۰/۱۹ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. دامنه تغییرات pH در تحقیق حاضر بین ۸/۲۱-۷/۹۴ و اکسیژن بین ۷/۱۹-۴/۸۳، نیترات بین ۰/۵۲-۰/۱ و سیلیکات بین ۴/۴۵-۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد. همچنین پس از شناسایی و ثبت گونه‌های فیتوپلانکتونی به ازای هر ایستگاه مشخص شد که گونه‌های فیتوپلانکتونی مورد بررسی متعلق به شاخه‌های Chlorophyta، Pyrrophyta، Cyanophyta، Euglenophyta و Bacillariophyta بودند.

نتایج بررسی جوامع فیتوپلانکتونی نشان داد که در کل تعداد ۵۳ گونه فیتوپلانکتون متعلق به ۵ شاخه از فیتوپلانکتونها در آبهای ساحل استان گلستان شامل ۳۰ گونه از Bacillariophyta (۵۶/۶ درصد از کل شاخه‌ها)، ۱۳ گونه از Pyrrophyta (۲۴/۵ درصد از کل شاخه‌ها)، ۱۲ گونه از Chlorophyta (۲۲/۶ درصد از کل شاخه‌ها)، ۱۴ گونه از Cyanophyta (۲۶/۴درصد از کل شاخه‌ها) و ۴ گونه از Euglenophyta (۷/۵ درصد از کل شاخه‌ها) شناسایی و در طی دوره نمونه برداری شمارش شدند. در خلیج گرگان نیز نتایج مشخص کرد که در کل تعداد ۴۵ گونه فیتوپلانکتون متعلق به ۵ شاخه از فیتوپلانکتونها شامل ۱۹ گونه از Bacillariophyta (۴۲/۲٪ از کل شاخه‌ها)، ۸ گونه از Pyrrophyta (۱۷/۸٪ از کل شاخه‌ها)، ۷ گونه از Chlorophyta (۱۵/۵٪ از کل شاخه‌ها)، ۶ گونه از Cyanophyta (۱۳/۳٪ از کل شاخه‌ها) و ۵ گونه از Euglenophyta (۱۱/۱٪ از کل شاخه‌ها) شناسایی و در طی دوره نمونه برداری شمارش شدند. همچنین بر حسب ماه‌های نمونه‌برداری، تعداد ۳۵ گونه فیتوپلانکتونی در فروردین ماه، تعداد ۴۳ گونه فیتوپلانکتونی در اردیبهشت‌ماه، ۳۵ گونه در خردادماه، ۴۶ گونه در

تیرماه، ۴۷ گونه در مردادماه و ۴۰ گونه در شهریورماه در آب‌های ساحل استان گلستان و در خلیج گرگان نیز به ترتیب در ماههای فروردین ۳۰، اردیبهشت ۳۱، خرداد ۳۳، تیر ۳۲، مرداد ۲۹ و در شهریورماه ۲۷ گونه ثبت شد. مقایسه تراکم گروه‌های فیتوپلانکتونی مختلف در آبهای ساحلی استان گلستان و خلیج گرگان در طی ماههای مختلف نشان داد که تعداد تمامی گروههای فیتوپلانکتونی در طی ماههای فصل تابستان افزایش معنی‌داری ($P< 0.05$) را نشان می دهد (جدول ۲). همچنین دو گروه کلروفیتها و پیروفیتها در طی ماههای فصل تابستان در آبهای خلیج گرگان تعدادشان به مراتب بیشتر از آبهای ساحلی استان گلستان بوده است.

داده‌های ارائه شده میانگین سه تکرار به ازای هر ماه است و حروف انگلیسی غیر همسان نشانه اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) بین مقادیر مندرج در جدول می‌باشد.

میانگین میزان کلروفیل a بر حسب ماه‌های نمونه‌برداری در شکل (۲) نشان داده شده است. مقایسه داده‌ها تغییرات معنی‌داری ($p<0.05$) را در ماه‌های مختلف در خلیج گرگان و ساحل استان گلستان نشان می‌دهد. به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل a در آبهای ساحلی استان گلستان و خلیج گرگان در شهریورماه و هم‌زمان با پیک تعداد کلروفیت‌ها می‌باشد. به‌طورکلی میزان کلروفیل a از ابتدای بهار تا پایان تابستان به‌تدریج افزایش یافته و در شهریورماه در مناطق مورد مطالعه به حداکثر خود می‌رسد.

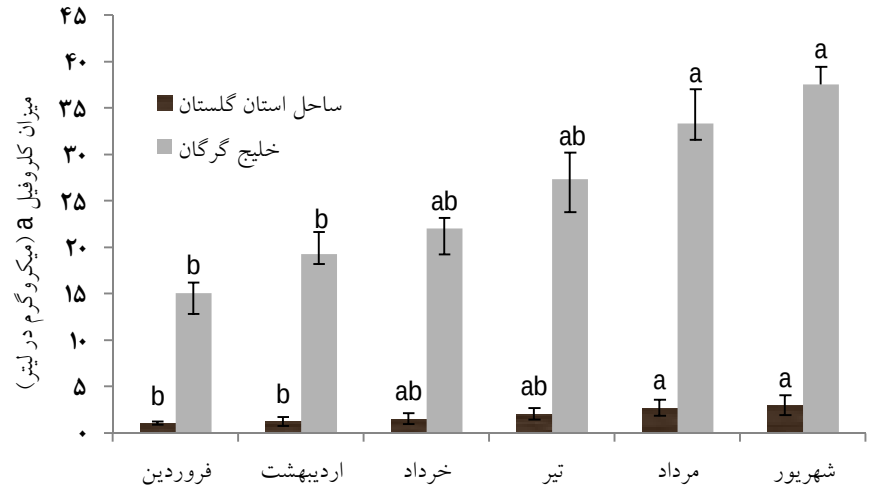
جدول ۱- فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب سواحل استان گلستان و خلیج گرگان در ماه‌های مختلف*

شاخص / دما	pH	اکسیژن محلول (mg/l)	دما (°C)	شوری (ppt)	فسفات (mg/l)	فسفرکل (mg/l)	نیترات (mg/l)	نیتروژن کل (mg/l)	سیلیکات (mg/l)
ساحل استان گلستان									
فروردین	۷/۹۴±۰/۰۷	۵/۲±۰/۴۲	۱۵/۷±۲/۵	۸/۳±۰/۵۲	۰/۰۷±۰/۰۱	۰/۰۳۶±۰/۰۰۷	۰/۲۲±۰/۴	۰/۴۶±۰/۰۵	۰/۲۵±۰/۰۶
اردیبهشت	۷/۹۹±۰/۰۸	۵/۰۹±۰/۳۵	۱۷/۹±۲/۲	۸/۵±۰/۳۵	۰/۰۸±۰/۰۱	۰/۰۳۵±۰/۰۰۶	۰/۲۴±۰/۷	۰/۴۹±۰/۰۶	۰/۲۸±۰/۰۵
خرداد	۷/۵±۰/۰۶	۵/۰۷±۰/۳۸	۲۲/۶۲±۰/۷۷	۹/۳۹±۰/۱۳	۰/۰۵±۰/۰۱۴	۰/۰۲±۰/۰۰۶	۰/۳۱±۰/۰۶	۱/۰۴±۰/۱۶	۰/۳۵±۰/۰۵
تیر	۷/۹۵±۰/۰۶	۴/۹۹±۰/۴۱	۲۸/۴۳±۰/۴	۱۰/۸۸±۰/۳۶	۰/۱۷±۰/۰۵	۰/۰۲±۰/۰۰۹	۰/۳۲±۰/۰۶	۱/۴۳±۰/۲۲	۰/۲۹±۰/۰۶
مرداد	۸/۰۵±۰/۰۵	۵/۴۹±۰/۸۴	۳۰/۳±۰/۴۲	۱۰/۸±۰/۵۲	۰/۰۶±۰/۰۴	۰/۰۳±۰/۰۰۴	۰/۲±۰/۰۵	۰/۸۸±۰/۱	۰/۵۹±۰/۱۳
شهریور	۷/۹۷±۰/۰۵	۶/۲۵±۰/۳۵	۳۰/۰±۰/۴۴	۱۰/۹±۰/۵	۰/۰۹±۰/۰۲	۰/۰۴±۰/۰۱	۰/۵۲±۰/۱۷	۲/۲±۰/۲۸	۰/۶۴±۰/۱
خلیج گرگان									
فروردین	۸/۱۲±۰/۰۵	۵/۴۵±۰/۱۲	۱۶/۵±۰/۲۵	۸/۴۸±۰/۰۵	۰/۰۷±۰/۰۰۵	۰/۰۳۱±۰/۰۰۶	۰/۲±۰/۰۲	۰/۵۱±۰/۰۸	۰/۶۹±۰/۰۲
اردیبهشت	۸/۱۲±۰/۰۷	۵/۳۹±۰/۱۱	۲۰/۴±۰/۱۴	۸/۵۵±۰/۰۷	۰/۰۷۵±۰/۰۰۷	۰/۰۳۳±۰/۰۰۳	۰/۲±۰/۰۱	۰/۴۷±۰/۰۲	۰/۷۲±۰/۰۱
خرداد	۸/۱۱±۰/۰۷	۵/۱۸±۰/۰۹	۲۵/۱۵±۰/۵	۹/۴۵±۰/۰۷	۰/۰۸±۰/۰۱	۰/۰۳۵±۰/۰۰۶	۰/۲±۰/۰۷	۱/۰۳±۰/۲	۱/۶۹±۰/۰۹
تیر	۸/۱۸±۰/۰۱	۵/۰۷±۰/۰۲	۳۰/۲±۰/۱۵	۹/۹۵±۰/۱	۰/۱۵±۰/۰۰۵	۰/۰۶۸±۰/۰۰۴	۰/۱±۰/۰۲	۱/۲۹±۰/۱۴	۱/۸۵±۰/۰۲
مرداد	۸/۲۱±۰/۰۲	۴/۸۳±۰/۳۵	۳۱/۱±۰/۱۴	۱۰/۲±۰/۱۴	۰/۰۳۵±۰/۰۲	۰/۰۱۵±۰/۰۰۹	۰/۴±۰/۰۶	۰/۸۹±۰/۱	۴/۴۵±۰/۵
شهریور	۸/۱۴±۰/۰۴	۷/۱۹±۰/۱۲	۳۰/۳±۰/۱۷	۱۱/۲±۰/۲	۰/۱۹±۰/۰۷	۰/۰۸±۰/۰۰۶	۰/۲۵±۰/۰۴	۱/۵۷±۰/۲	۳/۳±۰/۱۶

* تمامی داده‌های ارائه شده در جدول میانگین سه تکرار در هر ماه می‌باشد.

جدول ۲- تعداد فیتوپلانکتون‌ها ($cell \times 10^6 /m^3$) در ساحل استان گلستان و خلیج گرگان در ماه‌های مختلف

ماههای سال / خانواده	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
			دریا			
Bacillariophyta	۱۰/۷±۵/۷^{b}	۱۷/۸۵±۱۰/۲^{b}	۲۳/۲۵±۱۳/۸^{b}	۳۰/۱۵±۱۷/۵^{ab}	۵۵/۳۱±۲۵/۲۸^{a}	۴۲/۰۱±۳۱/۵^{a}
Pyrrophyta	۱۳/۸۴±۶/۴۳^{b}	۲۸/۴۶±۱۹/۶^{a}	۱۰/۵۱±۴/۷۶^{b}	۱۵/۷۴±۴/۸^{ab}	۱۹/۳۴ ±۱۱/۲۱^{a}	۱۱/۷۵±۷/۷۱^{b}
Chlorophyta	۴/۵۸±۴/۴۱^{b}	۴/۵۴±۲/۳۳^{b}	۵/۷۷±۳/۸۶^{b}	۶/۸۳±۵/۷۲^{ab}	۱۰/۹۴±۳/۳۲^{a}	۷/۷۸±۳/۸۹^{ab}
Cyanophyta	۷/۳۲±۴/۶۵^{b}	۸/۴۲±۴/۵۴^{b}	۶/۶۵±۴/۴۳^{b}	۱۹/۶۹±۹/۱۸^{ab}	۲۲/۱۱±۹/۷۶^{ab}	۳۳/۲±۱۵/۵۴^{a}
Euglenophyta	۰/۳±۰/۴۸^{c}	۰/۲±۰/۲۵^{c}	۳/۵±۱/۰۶^{b}	۷/۳۲±۴/۳۴^{ab}	۵/۴۱±۲/۱۲^{b}	۱۱/۲۳±۸/۷۱^{a}
			خلیج			
Bacillariophyta	۱۵/۲۲±۷/۵^{b}	۱۶/۶±۶/۸^{b}	۱۳/۷±۹/۲^{b}	۱۲/۲۳±۸/۶^{b}	۸۶/۶±۲۵^{a}	۷۶/۱۱±۴۲^{a}
Pyrrophyta	۵/۶۵±۵/۱۱^{ab}	۳/۷۹±۲/۵^{b}	۶/۱۴±۵/۵^{a}	۷/۱۳±۲/۵^{a}	۵/۷±۱/۵^{ab}	۲/۳۱±۱/۱^{b}
Chlorophyta	۵/۹۷±۴/۵^{c}	۵/۴۸±۳/۳^{c}	۲۴/۵۵±۱۱/۵^{b}	۶۳/۷۴±۲۵/۵^{a}	۵۹/۷۸±۲۴/۱۵^{a}	۷۲/۸±۴۱^{a}
Cyanophyta	۱۰/۸۹±۶/۵۶^{b}	۱۵/۰۶±۱۱/۲۴^{a}	۱۱/۹۵±۷/۸^{b}	۱۰/۲۲±۶/۴^{b}	۱۷/۹±۱۴/۲۲^{a}	۱۳/۰۱±۸/۳۴^{ab}
Euglenophyta	۴/۹۹±۴/۵^{a}	۵/۳۶±۲/۱۲^{a}	۵/۳۶±۳/۱۲^{a}	۵/۹±۴/۵^{a}	۱/۶۹±۱/۱^{b}	۲/۸۷±۱/۹^{b}



شکل ۲- میانگین میزان ماهانه کلروفیل a در آب سواحل استان گلستان و خلیج گرگان
(نمادهای غیر همسان نشاندهنده اختلاف معنی‌دار بین ماه‌های مختلف می‌باشند)

بحث

تولید اولیه نیازمند مواد مغذی است. آب دریا تقریبا دارای تمام عناصر شیمیایی می‌باشد و برخی از آنها مانند نیترات و فسفات به‌منظور سنتز مواد آلی در موجودات فیتوپلانکتونی اهمیت خاصی دارد. براساس نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر مشخص شد که بیشترین مقدار فسفات و نیترات در ماه‌های فصل تابستان بوده است (جدول ۱). افزایش میزان نیترات در طی فصل تابستان احتمالاً به‌دلیل افزایش تراکم نیترات محلول در جریان آب رودخانه‌های قره سو، گرگانرود و یا کانال‌های دیگر منتهی به این خلیج باشد. همچنین کاهش نیترات در مردادماه همراه با افزایش pH می‌تواند نشاندهنده افزایش فتوسنتز و مصرف مواد مغذی در این فصل باشد که این نتایج با

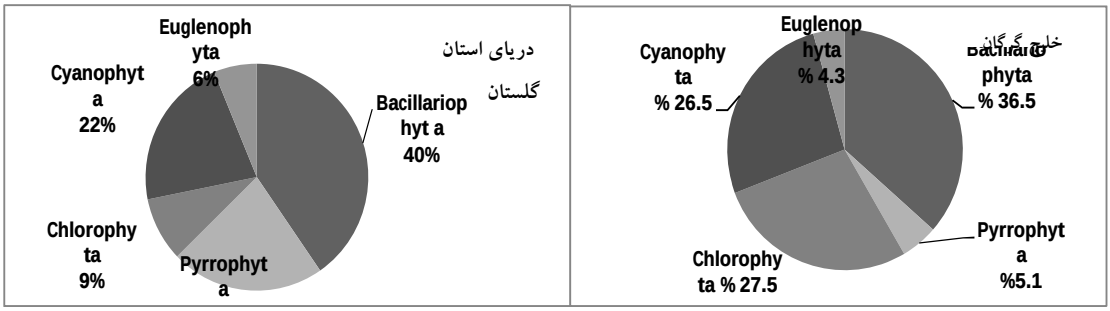
یافته‌های CEP (۱۳۸۱) و خسروپناه (۱۳۸۷) در سواحل جنوب غربی دریای خزر مطابقت دارد.

نتایج بررسی Nejatkhah و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که بر اثر ورود فاضلاب کارگاه تکثیر و پرورش ایستگاه خواجه نفس بالاترین میزان فسفات را داشته است. همچنین این محققین بیان نمودند که از داده‌های کیفی آب سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ و همچنین مقایسه آنها با سال ۱۳۸۷ نشان می‌دهد که به‌طورکلی مواد مغذی در سال‌های اخیر در جنوب دریای خزر افزایش یافته است و سواحل جنوب شرقی دریای خزر نیز به‌دلیل دارا بودن عمق کم، مواد مغذی و املاح بیشتری نسبت به سواحل جنوب غربی دارا می باشد. بنابراین کنترل مواد مغذی (نیترات و فسفات) در حوزه آبریز دریای خزر از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. حفظ تعادل N:P از طریق کاهش جریان فاضلاب و پساب یکی از راه‌های موثر جلوگیری از پدیده شکوفایی و کاهش اثرات جبران ناپذیر این پدیده بر محیط زیست و آبزیان دریای خزر می‌باشد.

با بررسی تراکم و تنوع فیتوپلانکتونی مشخص شد که بیشترین فراوانی و تعداد در آبهای ساحلی استان گلستان و خلیج گرگان مربوط به Bacillariophyta (دیاتومه‌ها) و پیروفیت‌ها و گونه‌های کوچک سایز از قبیل *Thalassionema costatum, Chaetoceros spp. nitzschiodes, keletonema* و *Cyclotella menenghiniana* بود که این وضعیت می‌تواند احتمالاً به‌دلیل افزایش شفافیت آب، درجه حرارت و شوری باشد (Ganjian، ۲۰۱۰). مطالعات آزمایشگاهی و میدانی نشان داده است که هر موقع جامعه دیاتومه‌ها غالب باشد، غلظت مواد مغذی N, P و سیلیکات بالاست و هر گاه غلظت این مواد کم شود، جامعه غالب فیتوپلانکتونی تغییر خواهد کرد (Kristiansen و همکاران، ۲۰۱۱؛ Roberts و همکاران، ۲۰۰۳). در مورد پراکنش و ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها در قسمت شمالی دریای خزر به‌طور وسیعی مطالعه شده است (Salmanof، ۱۹۸۷). گروه‌های اصلی فیتوپلانکتون‌ها در دریای خزر شامل دیاتومه‌ها و سیانوفیت‌ها می‌باشند (Ganjian، ۲۰۰۷). در این تحقیق گروه اصلی فیتوپلانکتون‌ها هم دیاتومه‌ها بودند که بیش از ۲۲ گونه ۴۳/۱۴ درصد از کل شاخه‌ها را به خود اختصاص دادند. در مطالعه قبلی نیز محققین گزارش کرده بودند که گونه‌های دیاتومه بیشترین فراوانی را در سراسر دریای خزر دارند (Kosarev و Yablonskaya، ۱۹۹۴). بعد از دیاتومه‌ها کلروفیت‌ها و سیانوفیت‌ها بیشترین فراوانی را در بخش شمالی دریای خزر دارند (Ganjian و همکاران، ۲۰۰۴). در حالی که در قسمت جنوبی دریای خزر بیشترین تعداد گونه‌های فیتوپلانکتونی در تابستان و به تعداد ۱۰۱ گونه گزارش شده است. دیاتومه‌ها، پیروفیت‌ها و سیانوفیت‌ها بیشترین فراوانی را در تابستان به خود اختصاص داده‌اند (Ganjian و همکاران، ۲۰۱۰).

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود در خلیج گرگان سه گروه دیاتومه‌ها و سیانوفیت‌ها و کلروفیت‌ها طی ماه‌های مختلف گروه‌های غالب را تشکیل می دادند. اما در آبهای ساحل استان گلستان در اغلب ماه‌ها دیاتومه‌ها گروه غالب را تشکیل می‌دادند. مطالعات دیگر نیز نشان داده است که فراوانی سیانوفیت‌ها با درجه حرارت آب ارتباط مستقیم دارد به‌طوری‌که بیشترین تراکم آنها در فصل تابستان مشاهده می‌شود (Hense و Beckmann، ۲۰۰۶؛ Agawin و همکاران، ۱۹۹۸).

در نتایج مطالعه حاضر نیز این موضوع به وضوح قابل مشاهده است. به‌طوری‌که در شهریورماه به حداکثر میزان خود در تمامی ایستگاه‌ها رسیدند. از طرفی احتمالاً به‌دلیل عمق کم خلیج گرگان، سرعت چرخش بیشتر مواد مغذی و آرامش بیشتر توده آبی در این خلیج نسبت به آب‌های ساحلی سبب ایجاد فرصت شکوفایی برای گروه‌های مختلف شده باشد.



شکل ۳- فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی در ساحل استان گلستان و خلیج گرگان

در گذشته میزان مواد مغذی غیرآلی در سطح پایینی حتی در ناحیه شمالی دریای خزر در حوضه آبریز ولگا گزارش شده بود (Tromellini و Giovanardi، ۱۹۹۲). اشکال بی شماری از گونه‌های فیتوپلانکتونی آب شیرین و لب شور در این دریا گزارش شده است به‌طوری‌که در مجموع از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۷۴ تعداد ۴۴۹ گونه پلانکتونی شناسایی شد. این گونه‌ها شامل ۱۶۳ گونه از دیاتومه‌ها، ۱۳۹ گونه از کلروفیت‌ها، ۱۰۲ گونه از سیانوفیتها، ۳۹ گونه از دینوفلاژله‌ها، ۵ گونه از اوگلناها و یک گونه از کریسفیته‌ها است (Tromellini و Giovanardi، ۱۹۹۲). از طرف دیگر این تنوع گونه‌ها از سمت شمال به جنوب دریای خزر کاهش نشان می‌دهد به‌طوری‌که در شمال ۴۱۴ گونه، در قسمت میانی ۲۲۵ گونه و در ناحیه جنوبی دریای خزر تعداد ۷۱ گونه گزارش شده است که دلیل این امر به تغییر شوری از سمت شمال به جنوب نسبت داده شده است (Tromellini و Giovanardi، ۱۹۹۲).

دینوفلاژله‌ها و سیانوفیت‌ها در طی دهه اخیر تعدادشان افزایش یافته است که ممکن است به‌دلیل پدیده یوتریفیکاسیون در دریای خزر باشد (Ignatiadas و همکاران، ۱۹۹۲). شواهد نشان می‌دهد که در طی ۳۰ سال گذشته دریای خزر دستخوش تغییرات شدیدی شده است به‌طوری‌که جدا از تغییرات طبیعی در میزان سطح آب دریا (Rodionov، ۱۹۹۴)، آلودگی‌های انسانی بزرگترین تهدید در تنوع زیستی موجود در دریای خزر می‌باشد (Salmanov، ۱۹۹۹). این آلودگی‌های انسانی شامل شوینده‌های مختلف، آلودگی‌های صنعتی بویژه فلزات سنگین و آلودگی‌های کشاورزی (کودها و آفت‌کش‌ها) می‌باشد. دیاتومه‌ها و دینوفلاژله‌ها نقش بسیار مهمی در تولیدات اولیه در دریاها را دارند (Ganjian و همکاران، ۲۰۰۴؛ Salmanov، ۱۹۹۹).

دینوفلاژله‌ها به‌طور ویژه‌ای براساس توانایی حرکتشان طوری در لایه‌های آبی قرار می‌گیرند که بتوانند هم از منطقه نفوذ نور در آب و هم از آبهای غنی از مواد غذایی بهره‌برداری نمایند (Carter و همکاران، ۲۰۰۵)، دیاتومه‌ها در آبهای سرد زندگی می‌کنند در حالی که پلانکتون‌های دیگر (مثلاً دینوفلاژله‌ها) در آبهای گرمسیری زندگی می‌کنند. در مقایسه دیاتومه‌ها با شاخه‌های دیگر فیتوپلانکتونی معلوم شده است که آنها بیشترین رشد را در همه فصول دارند و همچنین دارای بیشترین تراکم و زیتوده در سراسر سال هستند. آنها در لایه سطحی آب دریای خزر پخش می شوند و در زمستان به حداکثر تعداد خود می‌رسند (Ganjian و همکاران، ۲۰۰۴؛ Ganjian و Makhlough، ۲۰۰۳).

در این تحقیق بیشترین میزان ماهیانه کلروفیل a در آبهای ساحلی و خلیج گرگان در ماه‌های مرداد و شهریور ثبت شد که با توجه به افزایش دمای آب، افزایش میزان سیلیکات و گروه‌های غالب فیتوپلانکتونی در فصل تابستان این موضوع کاملاً قابل

توجیه است. تغییرات غلظت کلروفیل a در نواحی میانی و جنوبی دریای خزر به‌صورت منفی با تغییرات درجه حرارت سطحی آب هماهنگ است. در واقع درجه حرارت کمتر دلالت بر تشدید مخلوط شدن آب‌های زیرین در اثر وزش باد دارد که منجر به افزایش ورود مواد مغذی به لایه‌های بالایی نورگیر شده، نرخ رشد فیتوپلانکتون را افزایش داده و موجب زیاد شدن زیتوده فیتوپلانکتون‌ها می‌شود (Nezlin, 2005). در مطالعه حاضر کمترین میزان کلروفیل a در آبهای ساحلی و خلیج گرگان در فروردین ماه به‌ترتیب میزان ۱/۰۵ µg/l و ۱۵/۱ و حداکثر مقدار آن در شهریور ماه به ترتیب معادل ۳ µg/l و ۳۷/۵۹ بدست آمد. با توجه به خصوصیات خلیج گرگان از جمله عمق بسیار کم، ورود فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی، ترکیب گونه ای خاص (مثلاً در ماه‌هایی کلروفیت‌ها گروه غالب را تشکیل می‌دهند که سرشار از رنگدانه سبز هستند)، مصون بودن از امواج شدید و همچنین چرخه اکولوژیکی پیچیده‌تر، ثبت بالاترین میزان کلروفیل a در طی ماه‌های مختلف نمونه‌برداری موضوع دور از ذهنی نمی‌باشد. مطالعات دیگر نیز مشخص نموده است که غلظت کلروفیل a در بخش جنوبی دریای خزر با افزایش درجه حرارت سطحی آب و تنش باد در ماههای مرداد و شهریور به حداکثر میزان خود می‌رسد (Nezlin, 2005).

غلظت کلروفیل آ به میزان ۰/۵ میکروگرم در لیتر به منزله حد مرزی یوتروفیکیشن محیط‌های دریایی محسوب می‌شود (Shahrban و Etemad Shahidi، ۲۰۰۹). بنابراین آب‌های مورد مطالعه در سواحل استان گلستان جزء آبهای با مقادیر بالای غلظت کلروفیل آ و از نظر میزان مواد مغذی، ناحیه آلوده به مواد مغذی گیاهی محسوب می شود. اما براساس روش OECD و با توجه به میانگین میزان کلروفیل a در خلیج گرگان که بیش از ۲۵ میکروگرم در لیتر می‌باشد می‌توان این منطقه را جزو مناطق یوتروفیک و سواحل استان گلستان با میانگین ۱/۹ میکروگرم در لیتر را جزو مناطق الیگوتروف دسته بندی نمود.

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اقدامات اساسی برای کاهش ورود مواد مغذی گیاهی ناشی از تخلیه فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی به خلیج گرگان و سواحل استان گلستان برای حفاظت از محیطزیست دریایی این استان ضروری است.

منابع

Agawin, N.S., Duarte, C.M., and Agusti, S., 1998. Growth and abundance of Synechococcus sp.in a Mediterranean Bay: Seasonality and relationship with temperature, Marine Ecology Progress Series,170, 45–53.

Aguilera, P.A., Castro, H., Rescia, H., and Schmitz M.F., 2001. Methodological Development of an Index of Coastal Water Quality: Application in a Tourist Area, Environmental Management, 27, 295-301.

Behbahani, M.R., 2000. Surface Water Hydrology, Tehran Univ. Press. 226p.

Carter, C.M., Ross, A.H., Schiel, Howard-Williams, C., and Hayden, B., 2005. In situ microcosm experiment on the influence of nitrate and light on phytoplankton community composition, National Institute of water and Atmospheric Research Ltd., New Zealand. pp.1-13.

CEP, 2005. National report of Iran. Caspian Environment Programme publisher, Baku, Azerbaijan.

EPA, 1986. Quality Criteria for Water. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, EPA, Washington D.C. 440 (5- 86-001).

Ganjian, A., and Makhlogh A., 2003a. Distribution the dominant groups of phytoplankton (Chrysophyta and pyrrophyta) in the southern part of the Caspian Sea. Iranian Fisheries Scientific Journal, 12(1), 103-116.

Ganjian, A., and Makhlough, A., 2003b. Investigation on distribution of phytoplankton groups in the south of Caspian Sea. Iranian J. Fish Sci., 12: 103-116.

Ganjian, A., Fazli, H., Mokhlogh, A., and Kiyhansani, A., 2004. The distribution survey of phytoplankton in the southern part of CaspianSea, Environmental Sciences, 1 (4), 65-72.

Ganjian, A., 2007. Distribution, abundance and biomass of phytoplankton in the southern part of Caspian Sea (In Iranian waters). Thesis, Master of Science. School of Biological Sciences University Sciences, Malaysia,144p.

Ganjian, A.,Wan Maznah, W.O, Khairun.,Y., Najafpour, Sh., Najafpour, Gh.D., and Roohi, A., 2009. The assessment of biological indices for classification of water quality in southern part of Caspian Sea. World Applied Sciences Journal, 7(9), 1097-1104.

Ganjian Khenari, A., Najafpour, Sh., Najafpour, Gh.D., Vahedi, M., Roohi, A., and Fazli, H., 2010. Seasonal Succession of Phytoplankton Community Structure in the Southern Part of Caspian Sea American-Eurasian J. Agric.Environ. Sci., 8(2): 146-155.

Giovanardi, F., and Tromellini, E., 1992. Statistical assessment of trophic conditions, Application of OECD methodology to the marine environment, in Vollenweider, R.A., Marchetti, R., Viviani, R., Marine, Elsevier, B.V., coastal Eutrophication, 211-233p.

Hense, I., and Beckmann, A., 2006. Towards a model of cyanobacteria life cycle-effects of growing and resting stages on bloom formation of N2 –fixing species. Elsevier, Ecological Modeling, I95: 205-2I8.

Ignatiadas, L., Karydis, M., and Vounatosou, P., 1992. A Possible Method for Evaluating Oligotrophy and Eutrophication based on Nutrient Concentration scales. Marine Pollution Bulletin, 24 (5): 238-243.

Kardavani, P. 1995. Aquatic Ecosystems of Iran - Caspian Sea. Ghumes Press.

Kosarev, A.N., and Yablonskaya, E.A. 1994. The Caspian Sea, SPB Academic Publication, Moscow, Russia. 174p.

Kristiansen, S., Farbot, T., and Naustvoll, L.J., 2011. Spring bloom nutrient dynamics in the Oslofjord. Mar. Ecol. Prog. Ser., 219: 41-49.

Laluei, F., 2003. Hydrology and hydrobiology and Environmental Pollution of South Caspian Sea under 10m depth. Iranian Fisheries Research Organization. Tehran. 127p.

Moncheva, S., and Parr, B., 2010. Manual for Phytoplankton Sampling and Analysis in the Black Sea. UNDP-GEF publication, 65P.

Nejatkhah Manavi, P., Pasandi, A., Saghali, M., Beheshtinia, N., and Mirshekar, D., 2009. Study of nitrate and phosphate in eastern south Caspian Sea in spring and summer. Journal of Marine Science and Technology, 4(3): 11-19.

Nezlin, N.P. 2005. Patterns of seasonal and interannual variability of remotely sensed chlorophyll. The Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 5, Part P. The Caspian Sea Environment (Eds. A.G.Kostianoy and A.N. Kosarev), Springer Verlag, Berlin,143-157p.

Roberts, E.C., Davidson, K., and Gilpin, L.C., 2003. Response of temperate microplankton communities to N:Si ratio perturbation. J. Plankton Res., 25: 1485-1495.

Rodionov, S.N., 1994. Global and Regional Climate Interaction: the Caspian Sea Experience. Water Sci. Technol., 220-233.

Salmanov, M.A., 1999. Ecology and Biological Productivity of the Caspian Sea. Institute of Zoology, Baku, Azerbaijan.

Shahrban, M., and Etemad Shahidi, A., 2009. Study on quality of southern costal waters of Caspian sea by TRIX and OECD indices. Journal of Environmental Science and Technology, 11(3): 193-204.

Shariati, A.,1994. Ecology of Caspian Sea. Iranian Fisheries Research Organization. (Translated in Persian).

Tiffany, L.H., and Britton, M.E. 1971. The Algae of Illinois.1st Edn., Hansfer Publishing Company, New York, USA. 407p.