

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور – پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان :

**بررسی تغییرات غلظت کلروفیل-a و روابط آن با
عوامل غیرزیستی و تجمع فیتوپلانکتون
(پتانسیل شکوفایی) در منطقه جنوب شرق دریای خزر
(مازندران-گهرباران) به منظور استقرار
احتمالی پرورش ماهی در قفس**

مجری:

آسیه مخلوق

شماره ثبت

۵۲۲۳۴

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان طرح/ پروژه: بررسی تغییرات غلظت کلروفیل a و روابط آن با عوامل غیرزیستی و تجمع فیتوپلانکتون (پتانسیل شکوفایی) در منطقه جنوب شرق دریای خزر (مازندران- گهرباران) به منظور استقرار احتمالی پرورش ماهی در قفس

کد مصوب: ۹۵۱۰۶-۱۲-۲۶-۴

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان: آسیه مخلوق

نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرح های ملی و مشترک دارد): -

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان: آسیه مخلوق

نام و نام خانوادگی همکار(ان): حسن نصراله زاده ساروی، فرشته اسلامی، علیرضا کیهان ثانی، فاطمه السادات تهامی، نوربخش خداپرست، مرضیه رضایی، فریبا واحدی، عبدالله نصراله تبار، یوسف علومی، مجید ابراهیم زاده، احد احمد نژاد، تاج محمد پورمند، ایوب داودی، محمد علی افرایی، فرامرز لالویی

نام و نام خانوادگی مشاور(ان): -

نام و نام خانوادگی ناظر(ان): -

محل اجرا: استان مازندران

تاریخ شروع: ۹۰/۱۰/۳۰

مدت اجرا: ۴ سال و ۶ ماه

ناشر: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار: سال ۱۳۹۶

حق چاپ برای مؤلف محفوظ است. نقل مطالب، تصاویر، جداول، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است.

«سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

طرح/ پروژه : بررسی تغییرات غلظت کلروفیل-a و روابط آن با عوامل غیرزیستی و تجمع فیتوپلانکتون (پتانسیل شکوفایی) در منطقه جنوب شرق دریای خزر (مازندران- گهرباران) به منظور استقرار احتمالی پرورش ماهی در قفس

کد مصوب: ۴-۷۶-۱۲-۹۵۱۰۶

شماره ثبت (فروست): ۵۲۳۳۴ تاریخ: ۱۳۹۶/۶/۴

با مسئولیت اجرایی سرکار خانم آسیه مخلوق دارای مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد در رشته بیولوژی آبیان می باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ

۹۶/۵/۱۵ مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در:

ستاد □ پژوهشکده ■ مرکز □ ایستگاه □

با سمت کارشناس ارشد آزمایشگاه در پژوهشکده اکولوژی

دریای خزر مشغول بوده است.

صفحه	«فهرست مندرجات»	عنوان
۱	چکیده
۳	۱-مقدمه
۸	۲- مواد و روش ها
۸	۲-۱- زمان و مکان نمونه برداری
۹	۲-۲- اندازه گیری عوامل محیطی
۹	۲-۳- نمونه برداری، شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون
۱۰	۲-۴- نمونه برداری و اندازه گیری کلروفیل-آ
۱۰	۲-۵- تصاویر ماهواره ای
۱۰	۲-۶- شکوفایی جلبکی
۱۱	۲-۷- کیفیت آب
۱۱	۲-۸- آنالیز آماری
۱۳	۳- نتایج
۱۳	۳-۱- پارامترهای محیطی
۱۶	۳-۲- فیتوپلانکتون و کلروفیل
۲۰	۳-۳- تصاویر ماهواره ای
۲۲	۳-۴- روابط و همبستگی بین کلروفیل و سایر پارامترها
۲۹	۳-۵- شکوفایی جلبکی
۳۱	۳-۶- کیفیت آب بر اساس شکوفایی
۳۳	۴- بحث
۴۵	۵- نتیجه گیری نهایی
۴۶	پیشنهادها
۴۷	منابع
۵۱	چکیده انگلیسی

چکیده

غلظت کلروفیل *a* و نیز اختصاصات کمی فیتوپلانکتون از پارامترهای مهم در برآورد تولیدات اولیه و وقوع شکوفایی جلبک در اکوسیستم آبی است که نقش مهمی در توسعه و بهره برداری پایدار صنعت آبزی پروری دریایی دارد. بنابراین پروژه حاضر با هدف تعیین تغییرات غلظت کلروفیل *a* و درک ارتباط آن با الگوی ساختاری فیتوپلانکتون و نیز عوامل غیرزیستی (محیطی و مواد مغذی) در اکوسیستم ساحلی دریای خزر-منطقه گهرباران اجرا شد. نمونه برداری از اردیبهشت ۱۳۹۲ تا فروردین ۱۳۹۳ بصورت ماهانه در اعماق ۵ متر از لایه سطحی، در عمق ۱۰ متر از لایه های سطح و ۵ متر و در عمق ۱۵ متر از لایه های سطح، ۵ متر و ۱۰ متر صورت گرفت. بر اساس نتایج، کمترین میزان تراکم (میلیون سلول در مترمکعب) و زی توده (میلی گرم در مترمکعب) به ترتیب در بهار (39 ± 9) و تابستان (94 ± 40) گزارش شد. حداکثر مقادیر تراکم (553 ± 58 میلیون سلول در مترمکعب) و زی توده (1209 ± 106 میلی گرم در مترمکعب) نیز در زمستان ثبت شد. حداقل و حداکثر کلروفیل *a* (میلی گرم در مترمکعب) به ترتیب در بهار (0.1 ± 0.06) و پاییز (0.2 ± 0.04) بدست آمد. یکی از دلایل عدم تطابق زمانی نقطه حداکثر میزان کلروفیل با حداکثر تراکم و زی توده فیتوپلانکتون، احتمالاً بدلیل کمتر بودن محتویات کلروفیلی گونه های غالب در فصل زمستان در مقایسه با گونه های با اندازه سلولی مشابه در فصل پاییز بودند. روند تغییرات کلروفیل میدانی با داده های ماهواره ای مشابه بود. شاخه کلروفیتا در فصل تابستان و شاخه باسیلاریوفیتا در سایر فصول، بیشترین درصد از تراکم فیتوپلانکتون را شامل شد. پیروفیتا اگرچه در زمستان همانند فصل بهار، دومین مرتبه از شاخه غالب را بدست آورد ولی سهم آن از تراکم کل در زمستان کم بود. اولین گونه غالب در تراکم در هر یک از فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان بترتیب شامل *Prorocentrum cordatum*، *Binuclearia lauterbornii*، *Thalassionema nitzschioides* و *Pseudonitzschia seriata* بود. نتایج نشان داد که در فصول بهار و پاییز، گونه های موجود در جنس *Prorocentrum* (*obtusum+proximum+scutellum*) بالاترین درصد از زی توده فیتوپلانکتون را بدست آوردند. اما در تابستان و زمستان بترتیب گونه های *Cyclotella menenghiniana* و *Pseudonitzschia seriata*، اولین گونه غالب در زی توده فیتوپلانکتون را شامل شدند. در طی دوره بررسی غلظت کلروفیل *a* با زی توده فیتوپلانکتون کل، شاخه های باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و کلروفیتا، گونه های غالب، اندازه سلولی گونه های فیتوپلانکتون، دمای آب، شفافیت، pH و نیز برخی مواد مغذی همبستگی (پیرسون) معنی دار نشان داد. تغییر گونه های غالب فیتوپلانکتون در فصول مختلف نقش مهمی بر ارتباط محتویات کلروفیل هر سلول با دیگر پارامترها (زیستی و محیطی) داشت. بر اساس غلظت کلروفیل (میلی گرم در مترمکعب) در ماه های شهریور تا دی (۵-۲)، فروردین (۲) و گاهاً اسفند (۲) به عنوان زمان های بحرانی شکوفایی جلبک ثبت شدند. در بررسی مکانی در ماه های مهر تا آذر (۶-۴ میلی گرم در مترمکعب) نقاط بحرانی وقوع شکوفایی جلبک (بر اساس غلظت کلروفیل) در لایه سطحی بارز بود. گونه های *Pseudonitzschia seriata* و

Binuclearia lauterbornii بترتیب در فصول زمستان و تابستان در همه اعماق نمونه‌برداری و در پاییز *Thalassionema nitzschioides* در اعماق بیش از ۵ متر دارای پتانسیل متوسط در شکوفایی بودند. نتیجه اینکه، تغییرات میزان کلروفیل (بر اساس داده‌های ماهواره‌ای و میدانی) بنحوی بود که در طی دوره مطالعه، حداقل و حداکثر مقادیر بترتیب در ماه‌های اردیبهشت و آبان بدست آمد. به‌منظور برآورد منطقی از تولیدات اولیه و پیش‌بینی شکوفایی جلبکی در محل استقرار قفس‌های پرورش ماهی، علاوه بر سنجش کلروفیل a، لازم است که سایر پارامترهای فیتوپلانکتونی اعم از زی توده، تراکم کل، شکل، اندازه سلولی، صفات بیولوژیکی و اکولوژیکی گونه‌های غالب، نیز در نظر گرفته شوند. زیرا تغییر در سطح ارتباط کلروفیل a و زی-توده می‌تواند به خطاهای واضح در تفسیر نتایج و نیز مشاهدات میدانی غیرمنتظره ختم شود. همچنین افزایش رشد و تکثیر جلبک سمی *Pseudonitzschia seriata* در لایه‌های مختلف اعماق (۵ تا ۱۵ متر)، بخصوص در ماه‌های فصول پاییز و زمستان (مقارن با دوره پرورش ماهی در دریا)، از نکات منفی و قابل توجه از لحاظ بروز مشکلات زیستی و زیست محیطی در قفس‌های پرورش ماهی در منطقه مورد مطالعه، شمرده می‌شود.

نگات کلیدی: کلروفیل، شکوفایی جلبک، عوامل غیرزیستی، آبی-پروری دریایی، گهرباران، دریای خزر

۱- مقدمه

گروه‌های فیتوپلانکتونی بعنوان تولیدکنندگان اولیه و شرکت در چرخه مواد مغذی و تغذیه سایر حلقه‌های زنجیره غذایی نقش مهمی در اکوسیستم‌های آبی دارند (Reynolds, 2006). اما از سوی دیگر، بدلیل توسعه تمدن بشری و اثرات نامطلوب بر اکوسیستم از جمله ورود مقادیر زیاد از منابع نوترینتی نظیر پساب‌های حاصل از زمین‌های کشاورزی و تخلیه فاضلاب، مقادیر کلی مواد در دسترس بصورت قابل ملاحظه‌ای برای رشد فیتوپلانکتونهای ساحلی بخصوص در فصل تابستان افزایش یافته است (Caron *et al.*, 2010). لذا وقوع پدیده‌هایی از جمله شکوفایی جلبکی با آن که بدلائل تغییرات فصلی، چرخه‌های زندگی و جایگزینی گونه‌ها امری عادی در طبیعت محسوب می‌گردد، اما تحت شرایط جدید حاکم بر اکوسیستم‌های آبی (اعم از تغییرات آب و هوایی و افزایش آلودگی‌ها و مواد مغذی در دسترس)، ممکن است به شکل غیرمعمول رخ دهد و تحت عنوان شکوفایی جلبک‌های مضر یا HABS (Harmful Algal Blooms) شناخته شود. HABS شامل جلبک‌های تولیدکننده سم و نیز تعداد زیادی از گونه‌های غیر سمی از جلبک‌هایی است که توانایی ایجاد توده‌های زیستی عظیم و یا ایجاد بحران‌های زیست محیطی و اکولوژیکی را دارند. HABS موجب زایل شدن کیفیت آب می‌شود. چگونگی اثرات نامطلوب HABS بر اکوسیستم به دودسته مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شود. اثرات مستقیم تحت تاثیر یکی از انواع مختلف سم (Hepatotoxin, Nerotoxin, Dermatotoxin, saxitoxin...) مترشح از جلبک‌های تولیدکننده سم بر انسان و یا سایر موجودات زنده منتفع از منبع آبی صورت می‌گیرد (Chorus & Bartram, 1999). اثرات غیرمستقیم شکوفایی در یکی از ۳ طبقه ذیل قرار می‌گیرد: ۱- صدمات مکانیکی به ماهی و یا سایر آبزیان بدلیل آسیب‌های جدی به آبشش و سیستم تنفسی ۲- کاهش اکسیژن در ستون آبی بدلیل انباشتگی توده‌ی سلولی مرده‌ی آن ۳- جابجایی و جایگزینی در گونه‌های بومی و تغییر الگوی تنوع گونه‌ای که نهایتاً سبب می‌شود که گونه‌های بومی در معرض خطر نابودی قرار گیرند (Paerl, 1988). ضمن این که شکوفایی جلبکی قابل مشاهده (Visible) با تشکیل لایه‌ی کف مانند ضخیم و بدبویی بر سطح آب اثرات منفی بر گردشگری منطقه می‌گذارد.

آبزی‌پروری صنعتی است که هدف فرایند آن، تولید تجاری یک محصول است. در این سیستم یک محیط آبی - مناسب و نیز کنترل شرایط محیطی همراه با مدیریت صحیح سیکل زندگی آبزی، اهمیت زیادی دارد. این عوامل سبب تفکیک این صنعت از صنایع شیلات و ماهیگیری می‌شود. اگرچه راه‌اندازی این صنعت دارای جنبه‌های مثبتی از جمله افزایش منابع غذایی برای مردم، اشتغال‌زایی و افزایش درآمدهای ارزی برای کشور می‌باشد ولی انجام مطالعات زیستی و اکولوژیکی، پیش از اقدام به استقرار آن و نیز پس از استقرار ضروری می‌باشد. در مطالعات پیش از استقرار و نیز تاریخچه مطالعاتی محل، احتمال وقوع حوادث اکولوژیکی نامطلوب و به عبارتی پتانسیل منطقه مورد تحقیق قرار می‌گیرد. این مطالعات می‌توانند اثرات نامطلوب شکوفایی احتمالی را بر ماهیان قفس یا پن پیش از احداث گوسزد نمایند. از سوی دیگر از آنجایی که ورود مواد متابولیتی ماهیان احتمال

شکوفایی جلبکی و پرغذایی (Eutrophication) و نهایتاً وقوع مسائل زیست محیطی و انتقال انرژی در شبکه غذایی را در محل افزایش می‌دهد (Jhingran, 1987). لازم است که اثرات احداث سازه‌های پرورش ماهی بر اکوسیستم از جمله وقوع شکوفایی جلبکی مورد بررسی قرار گیرند. چنانکه در سال ۱۹۹۵ در کره جنوبی شکوفایی بزرگ جلبکی در طی یک شب صنعت آبرزی پروری آن را ویران و ۱۰۰ میلیون دلار خسارت وارد نمود (Science News, 2002). ایجاد کشندقرمز ناشی از شکوفایی *Cochlodinium polykricoides*، در خلیج فارس در اواسط سال ۱۳۸۷ و اوایل سال ۱۳۸۸ خسارات اقتصادی زیادی در خلیج فارس بخصوص در استان هرمزگان بوجود آورد و طبق برآوردهای انجام‌شده بوسیله سازمان محیط زیست تا مارس ۲۰۰۹ خسارتی برابر با ۵۰۰ میلیون دلار در خلیج فارس به‌بار آورد (Tamadoni et al., 2011). به این ترتیب مطالعات فیتوپلانکتونی بدلیلی که بیان شد نقش مهمی در تحقیقات اکولوژیکی و فعالیت‌های اقتصادی (آبرزی‌پروری دریایی) دارد. زیرا از یک سو امکان برآورد تولیدات اولیه و از سوی دیگر امکان پش بینی حوادث اکولوژیکی را فراهم می‌نماید. سه روش‌های معمولاً در برآورد زی توده فیتوپلانکتون مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش اول بر اساس تعیین محتویات کربنی فیتوپلانکتون می‌باشد ولی از آنجایی که این برآورد بر اساس پارامترها و محاسبات و فاکتورهای نه‌چندان دقیق انجام می‌شود، تعیین آن اغلب مشکل است. شمارش و تعیین حجم سلول (biovolume) و نیز تعیین پیگمان‌های سلولی بخصوص کلروفیل a (Kozłowski, 2008) روش‌های بعدی را شامل می‌شوند. کلروفیل a رنگدانه غالب و معمول در بین گروه‌های فیتوپلانکتون است که میزان آن به عوامل داخلی و خارجی مختلف از جمله نوع گروه فیتوپلانکتونی، وضعیت فیزیولوژیکی سلول، دما، غلظت مواد مغذی و شدت نور بستگی دارد (Reynold, 2006). روش‌های اندازه‌گیری کلروفیل نسبتاً آسان می‌باشد. شمارش و تعیین حجم سلول (biovolume) و نیز غلظت کلروفیل a، اغلب بطور گسترده‌ای برای برآورد زی توده فیتوپلانکتون استفاده می‌شوند.

قدمت مطالعات تخصصی در زمینه ترکیب فیتوپلانکتون در حوزه ایرانی دریای خزر به بیش از دو دهه می‌رسد ولی مطالعات انجام گرفته در زمینه غلظت کلروفیل a و نیز ارتباط با سایر عوامل بصورت مقطعی و در دوره کوتاهی انجام پذیرفت. مطالعه در کل سواحل ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۷۵ نشان داد که میزان کلروفیل a در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر با ۱/۰۷۲، ۰/۵۵۰، ۱/۸۴۸ و ۰/۹۶۶ میلی گرم در متر مکعب بود و آنالیز آماری بیانگر همبستگی مثبت بین کلروفیل a و عمق شفافیت ($r=0.65$) بود (نصراله زاده و حسینی، ۱۳۸۳). در تحقیق دیگر به هنگام شکوفایی *Heterocapsa* (از شاخه پیروفیتا) در اواخر شهریور تا اواسط آبان سال ۱۳۸۵، در محدوده‌ی لیسار تا کیاشهر مشخص شد که غلظت کلروفیل a در سه دوره اندازه‌گیری بین حداقل ۲/۷۱ و حداکثر ۳۵/۲۵ میکروگرم بر لیتر در عمق ۲۰ متر، بترتیب در مناطق لیسار و بندرانزلی متغیر بوده است. این بررسی‌ها نشان داد که آب‌های شیرین رودخانه سفیدرود و حوضه آبریز تالاب انزلی نقش عمده‌ای در فعالیت بیولوژیکی این بخش از سواحل جنوبی دریای خزر دارا بوده اند (CEP-HAB, 2006).

مطالعه Kideys و همکاران (۲۰۰۸) در فاصله زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ (میلادی) در دریای خزر بیانگر افزایش غلظت کلروفیل *a* بعد از سال ۱۹۹۹ بود. آنها بیان داشتند که حداکثر میزان کلروفیل در سال‌های اولیه مطالعه در ماه اکتبر بود ولی در سال‌های بعدی به اگوست انتقال یافت، بطوری که میزان کلروفیل *a* در مارس ۲۰۰۱ از ۲/۶۲ به ۹ میکروگرم بر لیتر در آگوست ۲۰۰۱ رسید. در مطالعات Bagheri و همکاران (۲۰۱۲ a,b) در بخش غربی حوزه ایرانی دریای خزر، حداکثر غلظت کلروفیل در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ در زمستان ثبت شد و حداکثر تراکم فیتوپلانکتون و غلظت کلروفیل با کاهش تعداد گونه‌های فیتوپلانکتون همراه شد. در مطالعه آنها میانگین کلروفیل در سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۶ کمتر از ۲۰۱۰-۲۰۰۸ بدست آمد. Jamalomidi و همکاران (۲۰۱۳) نیز، میانگین سالانه کلروفیل *a* را در دریای خزر در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۹ (به ترتیب ۲/۴۷، ۲/۲۹ و ۲/۷۳ میکروگرم بر لیتر) بالاتر از میانگین کلروفیل از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۹ (۲ میکروگرم بر لیتر) بدست آوردند. تاکنون ۴ مورد شکوفایی جلبکی با شواهد میدانی در حوزه ایرانی دریای خزر رسماً گزارش شده است. اولین مورد کشند شیری ناشی از شکوفایی *Nodularia spumigena* بود که از اواسط شهریور تا اوایل مهر ۱۳۸۴ به وقوع پیوست. کشند سرخ ناشی از شکوفایی *Heterocapsa triquetra* در نیمه‌ی مهر ۱۳۸۵ ثبت شد. پس از آن ۲ مورد دیگر شکوفایی ناشی از رشد و تکثیر شدید *Nodularia spumigena* در اواخر مرداد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ گزارش شد (Nasrollahzadeh et al., 2011).

مطالعه در حوزه ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۹۲ نشان داد که میانگین مقادیر داده‌های میدانی کلروفیل در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان بترتیب ۱/۵۴، ۱/۱۸، ۵/۸۱ و ۲/۵۰ میلی‌گرم در مترمکعب بود. این مقادیر برای داده‌های ماهواره‌ای بترتیب ۲/۸، ۳/۹، ۲۱ و ۴/۹ میلی‌گرم در مترمکعب بدست آمد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۵). Qiuhua و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های آماری، مدل‌های تجربی از ارتباطات کلروفیل با فاکتورهای غیرزیستی و نیز گروه‌های فیتوپلانکتونی را در سد عمیقی در جنوب غربی چین ارائه دادند. آنها فرمول تجربی بدست آمده از این مطالعه را برای برآورد تراکم فیتوپلانکتون و غلظت کلروفیل کارآمد بیان نمودند. در تحقیق Kozlowski (۲۰۰۸) کلروفیل در نمونه‌های جمع‌آوری شده از غرب شبه جزیره‌ی Antarctic در طی ۱۳ سال با روش HPLC مورد مطالعه قرار گرفت. او از رگراسیون خطی چندگانه برای تعیین مشارکت انواع گروه‌های فیتوپلانکتون در ایجاد کلروفیل استفاده نمود. مطالعات مشابه نیز توسط Ribalta (۲۰۱۲)، Reynolds (۲۰۰۶)، Montagnes & Franklin (۲۰۰۱) و Montagnes و همکاران (۱۹۹۴) صورت گرفت که در هر یک از آن‌ها روابط متقابل بین گروه‌های تشکیل‌دهنده تجمع فیتوپلانکتون، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون، عوامل محیطی و کلروفیل و نیز ضرایب تاثیر در فرمول‌های تجربی بدست آمده در محیط‌های آبی مطالعه شد. در مطالعه Revilla و همکاران (۲۰۰۹) تعیین کیفیت آب‌های ساحلی شمال اسپانیا بر اساس سه پارامتر کلروفیل (بعنوان شاخص زی توده)، تراکم فیتوپلانکتون و نیز درصد فراوانی نسبی نمونه‌های موجود در حد آستانه شکوفایی صورت گرفت (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱- تعیین کیفیت آب بر اساس تراکم فیتوپلانکتون و غلظت کلروفیل a (Revilla et al., 2005)

کیفیت آب	رتبه عددی	کلروفیل (میلی گرم در مترمکعب)	* درصد فراوانی نمونه‌های دارای شکوفایی جلبکی
عالی	۱	<۳/۵	<۲۰
خوب-عالی	۰/۸	۳/۵	۲۰
خوب-متوسط	۰/۶	۳/۵-۷	۴۰-۲۰
متوسط	۰/۴	>۷	>۴۰

* تراکم فیتوپلانکتون بیش از ۷۵۰ میلیون سلول در مترمکعب

متوسط رتبه‌های عددی بدست آمده از تراکم و کلروفیل، تعیین کننده نهایی کیفیت آب محسوب می‌شود. مطالعه‌ی Day و Stirling (۱۹۹۰) در یکی از بزرگترین مزارع پرورش ماهی قزال آلای رنگین کمان در Loch Fad (اسکاتلند) نشان داد که بین افزایش فسفر و کلروفیل ارتباط مثبت وجود دارد. مطالعه آنها بیانگر شرایط پر غذایی (یوتروف) در مزارع مورد مطالعه بود، بطوریکه میزان کلروفیل به ۱۸۹ میلی گرم در مترمکعب رسید. جدول ۱-۲ تغییرات میزان کلروفیل در سطوح مختلف از مواد مغذی (سطح تروفیکی) را در آبهای ساحلی نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- سطوح مختلف تروفیکی بر اساس میزان کلروفیل و فسفر کل

منبع		یوتروف	مزو-یوتروف	مزوتروف	اولیگو-مزوتروف	اولیگوتروف
OECD (1982)	کلروفیل (mg/m ³)	>۱۰	۷/۰-۹/۹	۳/۰-۶/۹	۲/۱-۲/۹	<۲/۰
	فسفر کل (µg/l)	>۴۰	۲۸/۰-۳۹/۰	۱۲/۰-۲۷/۰	۸/۰-۱۱/۰	<۷/۹
Vollenweider & Kerekes (1982)	کلروفیل (mg/m ³)	۸/۰-۲۵/۰		۲/۵-۸/۰		<۲/۵
	فسفر کل (µg/l)	۳۵-۱۰۰		۱۰-۳۵		<۱۰

بدین ترتیب در سال ۱۳۸۵ به هنگام شکوفایی تابستان-پاییز سیانوفیتا، سطح تروفیکی دریای خزر که کلروفیل از ۵ تا ۳۵ میلی گرم در مترمکعب متغیر بود، در طبقه مزو تروف تا یوتروف قرار داشت (Nasrollahzadeh et al., 2008 ; CEP, 2006).

همان طور که اشاره شد میزان کلروفیل پارامتر مهمی در مطالعات زیست محیطی و آبرزی پروری محسوب می‌شود. ضمن آنکه اندازه گیری آسان آن و نیز امکان مقایسه تغییرات روند آن با داده‌های ماهواره ای زمینه‌های شکل گیری مطالعه حاضر را فراهم نمود. لذا تحقیق حاضر در نظر دارد که تغییرات کلروفیل a و نیز ارتباطات آن با برخی پارامترهای زیستی فیتوپلانکتون (زی توده، تراکم و گروه های غالب) و غیر زیستی (محیطی و مواد مغذی) را در اکوسیستم ساحلی دریای خزر-منطقه گهرباران مورد مطالعه قرار دهد. از نتایج کاربردی این

مطالعه ارزیابی داده‌های مربوط به تجمع فیتوپلانکتونی در روند پیش بینی میزان تولیدات، شکوفایی جلبک و کیفیت آب در صورت استقرار قفس‌های پرورش ماهی می‌باشد. در این راستا اهداف ذیل مورد پیگیری قرار خواهند گرفت:

- تعیین و بررسی تغییرات زمانی و مکانی غلظت کلروفیل a
- بررسی همبستگی‌های بین غلظت کلروفیل a و فاکتورهای زیستی و غیرزیستی
- بررسی پتانسیل شکوفایی جلبکی
- تعیین نقاط و زمان‌های بحرانی در این ناحیه به منظور استقرار احتمالی قفس دریایی

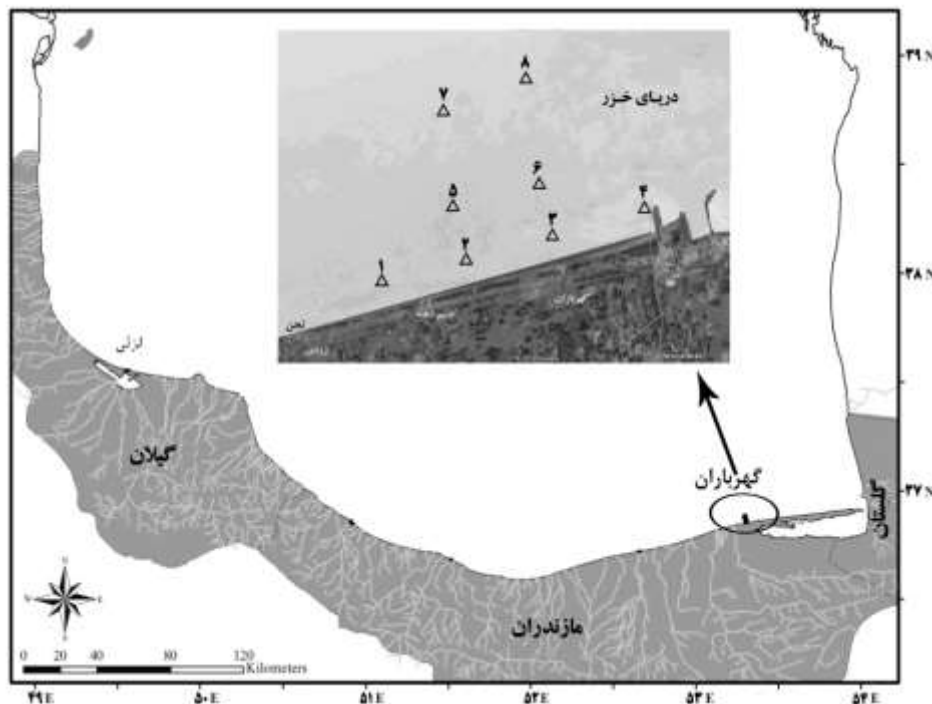
۲- مواد و روشها

۱-۲- زمان و مکان نمونه برداری

این مطالعه در بخش شرقی حوزه جنوبی دریای خزر، در منطقه گهرباران (مازندران) و در ۸ ایستگاه در موقعیت جغرافیایی $۵۳^{\circ} ۱۵' ۰''$ تا $۵۳^{\circ} ۲۴' ۰''$ طول شرقی و $۳۶^{\circ} ۸۳' ۰''$ تا $۳۶^{\circ} ۸۷' ۰''$ عرض شمالی با مسافت طولی و عرضی بترتیب حدود ۹ و ۵ کیلومتر صورت گرفت (جدول ۱-۲ و شکل ۱-۲). ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ در عمق ۵ متر، ایستگاه‌های ۵ و ۶ در عمق ۱۰ متر و ایستگاه‌های ۷ و ۸ در عمق ۱۵ متر قرار داشتند. نمونه‌ها در عمق ۵ متر از لایه سطحی، در عمق ۱۰ متر از لایه‌های سطح و ۵ متر و در عمق ۱۵ متر از لایه‌های سطح، ۵ و ۱۰ متر جمع‌آوری شدند. نمونه برداری از اردیبهشت ۱۳۹۲ شروع شد و بصورت ماهانه تا فروردین ۱۳۹۳ ادامه یافت و فقط در مرداد ماه بعثت شرایط نامساعد جوی نمونه برداری انجام نشد.

جدول ۱-۲- مشخصات جغرافیایی ایستگاههای هشت گانه در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

مختصات		عمق (متر)	ایستگاه
طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی		
$۵۳^{\circ} ۱۵' ۱۵''$	$۳۶^{\circ} ۸۲' ۹۳''$	۵	۱
$۵۳^{\circ} ۱۸' ۰۸''$	$۳۶^{\circ} ۸۳' ۵۶''$	۵	۲
$۵۳^{\circ} ۲۱' ۲۷''$	$۳۶^{\circ} ۸۴' ۱۴''$	۵	۳
$۵۳^{\circ} ۲۴' ۵۶''$	$۳۶^{\circ} ۸۴' ۸۹''$	۵	۴
$۵۳^{\circ} ۱۷' ۶۶''$	$۳۶^{\circ} ۸۵' ۰۲''$	۱۰	۵
$۵۳^{\circ} ۲۴' ۱۴''$	$۳۶^{\circ} ۸۶' ۲۴''$	۱۰	۶
$۵۳^{\circ} ۱۷' ۲۶''$	$۳۶^{\circ} ۸۶' ۵۰''$	۱۵	۷
$۵۳^{\circ} ۲۰' ۳۴''$	$۳۶^{\circ} ۸۷' ۰۲''$	۱۵	۸



شکل ۲-۱- نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریای خزر- منطقه گهباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۲-۲- اندازه‌گیری عوامل محیطی

پارامترهای دمای آب و شفافیت بترتیب بوسیله‌ی ترمومتر برگردان و صفحه‌شی سی دیسک (APHA, 2005) تعیین شدند. کدورت آب (NTU) بوسیله دستگاه کدورت سنج AQUA Lytic- A145T-IR و pH بوسیله دستگاه pH سنج (WTW320) قرائت شد. ازت کل (TN) و فسفر کل (TP) پس از هضم نمونه (persulfate) و قرائت جذب با اسپکتروفتومتر سنجیده شدند (Valderrama, 1981). سیلیس محلول نیز با روش مولیدوسیلیکات (Sapozhnikov *et al.*, 1955) و اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد.

۲-۳- نمونه‌برداری، شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون

نمونه‌ها پس از جمع‌آوری بوسیله نمونه بردار ۲ لیتری نسکین و انتقال به بطری‌های شیشه‌ای، با فرمالین ۳۷ درصد تا حجم نهایی ۲ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. لایه فوقانی آب که فاقد هر گونه فیتوپلانکتون است پس از ۱۰ روز رسوب‌گذاری و نگهداری در تاریکی با سیفون مخصوص تخلیه شد. مابقی آب، تا حجم نهایی ۵۰-۶۰ میلی لیتر سانتریفوژ شد و مورد بررسی کیفی و کمی قرار گرفت (APHA, 2005 ; Wetzel & Likens, 2000). در این مطالعه شناسایی گونه‌ای بر اساس کلیدهای معتبر از قبیل Proshkina-Lavrenko & Makarova, 1968 ; Habit ; Tomas, 1997 ; Hartley *et al.*, 1996 ; & Pankow, 1976 صورت گرفت. سپس با توجه به شکل هندسی گونه، حجم

محاسبه شد و در نهایت با توجه به ضریب رقت و تراکم، وزن تر بعنوان زی توده فیتوپلانکتون بر حسب میلی-گرم در مترمکعب ارائه شدند (APHA, 2005).

۴-۲- نمونه برداری و اندازه‌گیری کلروفیل a

حجمی معادل دو لیتر آب با استفاده از نمونه بردار ۲ لیتری نسکین در ایستگاه‌های ذکر شده بصورت ماهانه جمع‌آوری گردید. سپس آب با استفاده از کاغذ صافی (۰/۴۵ میکرون، GF) صاف گردید. صاف کردن آب تا جایی ادامه یافت که کاغذ صافی قادر به عبور آب نبود. این حجم در طی دوره از ۲۵۰ تا ۱۸۰۰ میلی‌لیتر متغیر بود. حجم آب صاف شده برای هر یک از نمونه‌ها تعیین شد. رسوبات بدست آمده بر روی کاغذ صافی پس از حداقل ۲۴ ساعت فریز، با هاون ساییده شدند. استخراج کلروفیل a توسط استن ۹۰ درصد صورت گرفت. پس از سانتریفوژ مواد بدست آمده در دور ۳۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه، جذب نوری نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۳۰، ۶۴۷، ۶۶۴ و ۷۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت و پس از محاسبات، مقادیر کلروفیل a تعیین گردیدند (APHA, 2005).

۵-۲- تصاویر ماهواره‌ای

تصاویر ماهواره‌ای غلظت کلروفیل مربوط به دوره مطالعه از ماهواره MODIS و از سایت شبکه MODIS (آدرس www.oceancolor.gsfc.nasa.gov) استخراج شد. تصاویر ماهواره‌ای گاه‌به‌گه با دلایل مختلف از جمله هوای ابری قابل استفاده نیستند. لذا در بعضی از ماه‌ها، تصویر ماهواره‌ای روز قبل و یا بعد از نمونه برداری استخراج شد. ضمناً از آنجایی که در بدنه آب‌های ساحلی و محصور علاوه بر فیتوپلانکتون عوامل دیگر مانند مواد معلق معدنی، مواد آلی محلول و نیز انعکاس از بستر در قسمت‌های کم عمق بر روی کدورت آب و نهایتاً داده‌های ماهواره‌ای استخراج شده برای غلظت کلروفیل a تاثیر می‌گذارند و آن را افزایش می‌دهند (Darecki & Stramski, 2004)، اعداد تقریبی حاصل از مقیاس‌های رنگی (در بخش نتایج) با ضریب تصحیح ۳۹/۴ درصد خطا اصلاح شدند (فندرسکی، ۱۳۹۲).

۶-۲- شکوفایی جلبکی

مقادیر تراکم فیتوپلانکتون بیش از متوسط معمول در همان اکوسیستم، بعنوان شکوفایی جلبکی تلقی می‌شود (Schmidt & Schaechter, 2011). در صورتی که حداقل ۲۰ درصد از نمونه‌های جمع‌آوری شده دارای مقادیر تراکم فیتوپلانکتون بیش از متوسط شوند، در مقطع زمانی و یا مکانی فوق شکوفایی جلبکی ثبت می‌شود (Revilla et al., 2009). تعیین زمان شکوفایی بر اساس غلظت کلروفیل نیز بیان می‌شود. بطوریکه در زمان آغاز شکوفایی غلظت کلروفیل a، بیش از میانه سالانه آن می‌شود (Thomalla et al., 2011). در این مطالعه مقادیر

میانگین و میانه داده‌ها براساس صدک ۹۰ محاسبه می‌شوند (Revilla *et al.*, 2009). حدود تراکم شکوفایی بر اساس تراکم گونه، به سه گروه کم تراکم، متوسط تراکم و پر تراکم تقسیم می‌شود. تراکم گونه مورد نظر در هر یک از گروه‌های ۱ تا ۳ به ترتیب ۱۰۰-۱۰، ۱۰۰۰-۱۰۰ و ≥ 1000 میلیون سلول در مترمکعب تعیین شده است (Anderson *et al.*, 2010). به این ترتیب در نمونه‌های دارای امکان شکوفایی، حداقل تراکم فیتوپلانکتون ۱۰ میلیون سلول در مترمکعب می‌باشد.

۲-۷- کیفیت آب

تعیین کیفیت آب بر گرفته از Revilla و همکاران (۲۰۰۹) و اصول طبقه بندی داده‌ها در علم آمار (Taylor *et al.*, 1995) است که طی مراحل زیر صورت می‌گیرد:

- ۱- با در نظر گرفتن مقادیر حداقل، حداکثر و دامنه، محدوده‌ی پارامترهای تراکم، کلروفیل و زی توده (در طی مطالعه) در ۴ طبقه معادل با رتبه‌های عددی (score) به ترتیب ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ تعیین می‌شود.
- ۲- میانگین تراکم و زی توده و نیز میانه کلروفیل (صدک ۹۰) در محدوده زمانی یا مکانی موردنظر (مثلاً در هر فصل) محاسبه می‌شود و سپس رتبه عددی آن بر اساس جدول تهیه شده در مرحله ۱ تعیین می‌شود.
- ۳- درصد وقوع آغاز شکوفایی جلبک در نمونه‌ها در محدوده زمانی یا مکانی موردنظر (مثلاً در هر فصل) با توجه به حدود آستانه شکوفایی (Thomalla *et al.*, 2011 Schmidt & Schaechter, 2011) و نیز دارا بودن حداقل تراکم فیتوپلانکتون ۱۰ میلیون سلول در مترمکعب (Anderson *et al.*, 2010) برای هر یک از پارامترهای تراکم، کلروفیل و زی توده محاسبه می‌شود. سپس رتبه عددی ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ معادل با درصد وقوع به ترتیب < 20 ، ۲۰، ۴۰ و > 40 در نظر گرفته خواهد شد.
- ۳- متوسط رتبه‌های عددی بدست آمده از مرحله ۲ و ۳ برای هر یک از پارامترهای تراکم، کلروفیل و زی توده محاسبه خواهد شد.
- ۴- متوسط ۳ رتبه عددی حاصل از مرحله ۳ بعنوان عدد نهایی برای کیفیت آب منظور می‌شود. بطوری که رتبه عددی ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ به ترتیب معادل کیفیت عالی، خوب، متوسط و ضعیف، تعریف خواهد شد. تفسیر و بکارگیری عدد بدست آمده در مرحله ۴ با توجه به درصد گونه غالب و نیز خصوصیات گونه (بومی، ساکن، مهاجم، مضر، سمی، خوش خوراک و...) صورت خواهد گرفت.

۲-۸- آنالیز آماری

مقادیر در برنامه SPSS نسخه ۱۱/۵ با استفاده از انتقال داده‌ها با رتبه بندی نرمال سازی شدند. در این مطالعه، ایستگاه‌ها، ماه‌ها، فصول، اعماق و لایه‌های نمونه برداری بعنوان متغیرهای غیر وابسته، کلروفیل، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون و عوامل محیطی بعنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین داده‌های نرمال

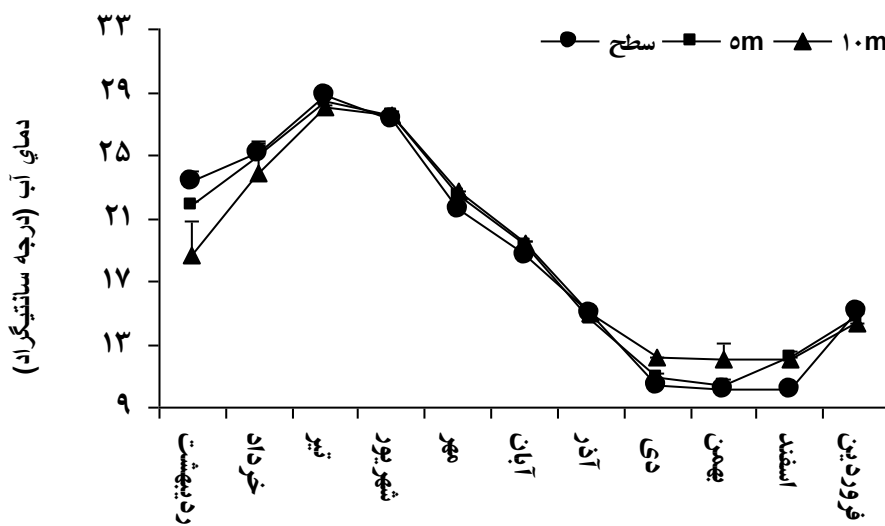
به روش پارامتریک و از طریق آنالیز واریانس (Analysis Of Variance) و آزمون تکمیلی دانکن (Duncan) انجام شد. جهت بررسی اثر عوامل مختلف بر هم (عوامل زیستی و غیر زیستی) از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (نصیری، ۱۳۸۸). در تحقیق حاضر از رگراسیون گام به گام نیز استفاده شد. در این روش متغیرها مستقل به ترتیب اهمیت وارد معادله می‌شوند و هر بار بعد از ورود یک متغیر، متغیرهایی که تاکنون وارد شده اند مجدداً مورد بررسی قرار می‌گیرند (غیاثوند، ۱۳۸۷). در آزمون رگراسیون، باقی مانده (Residual) که به میزان تغییرات (نسبت به مقدار پیش بینی شده) در یک متغیر وابسته اشاره می‌کند نیز استخراج شدند. سپس میزان اثر فاکتورهای زیستی و غیرزیستی در بروز تفاوت فوق از طریق آزمون همبستگی پیرسون تعیین شدند. همچنین از آزمون رگراسیون گام به گام بین غلظت کلروفیل a بعنوان متغیر وابسته با تراکم و زی توده شاخه های غالب در فصول مختلف نیز برای تعیین مشارکت انواع گروه‌های فیتوپلانکتون در ایجاد کلروفیل انجام شد. رسم نمودارها در محیط Excel انجام شد.

۳- نتایج

۳-۱- پارامترهای محیطی

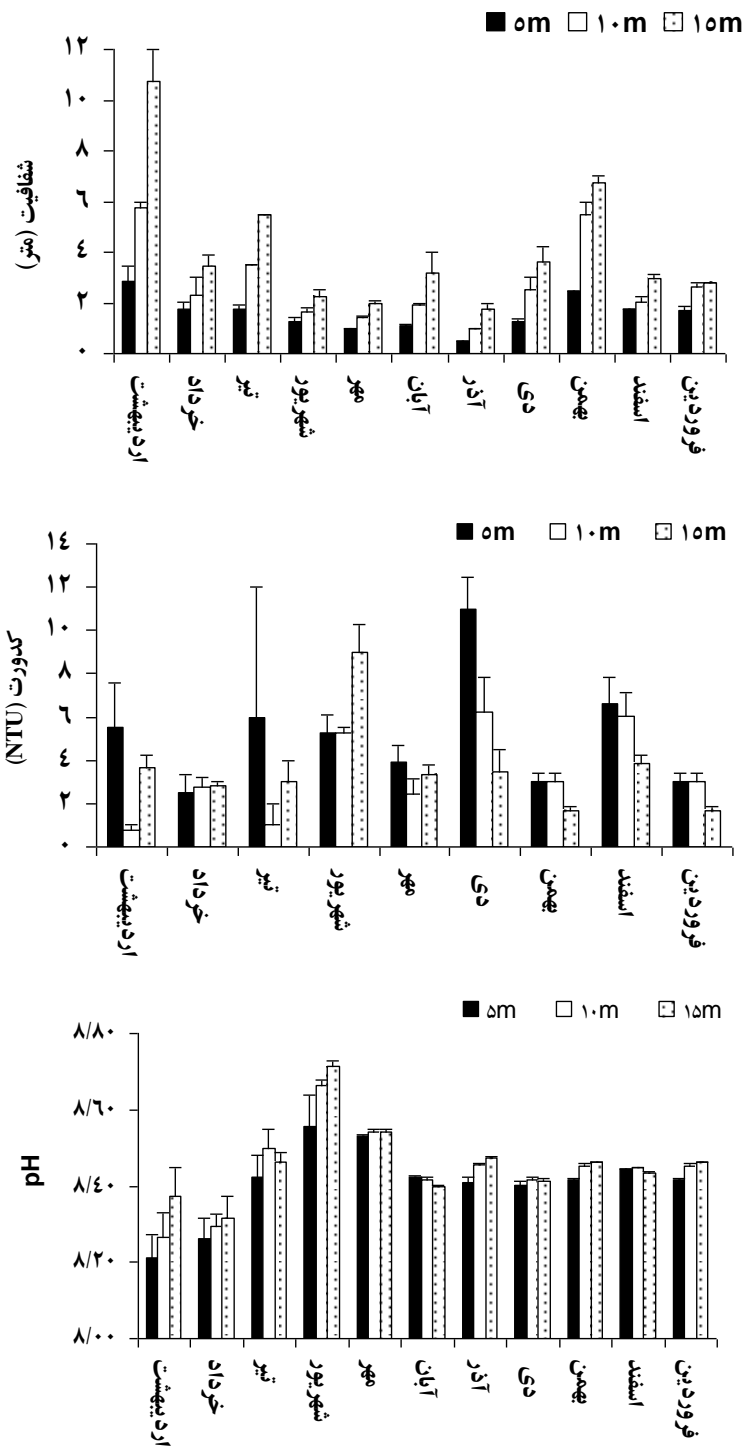
همان طور که در بخش مواد و روش کار آمده است، طول و عرض منطقه مورد مطالعه بترتیب حدود ۹ و ۵ کیلومتر بود. در این منطقه محدود، آزمون آماری (ANOVA) اختلاف معنی داری از پارامترهای محیطی و مواد مغذی مورد مطالعه (دما، شفافیت، کدورت، pH، نیتروژن کل، فسفر کل و سیلیس محلول) در بین اعماق و ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان نداد ($P > 0.05$). اما این پارامترها دارای اختلاف معنا دار در بین ماه‌های نمونه‌برداری بودند ($P < 0.05$). لذا در رسم نمودارها، تغییرات زمانی این پارامترها مورد توجه قرار گرفت.

دمای آب: نمودار ۱-۳ میانگین میانگین ($\pm SE$) ماهانه دما (درجه سانتیگراد) را در لایه‌های مختلف آب نشان می‌دهد. دمای آب دارای حداقل (10 ± 0.3) میزان میانگین در ماه‌های بهمن و اسفند و حداکثر (28 ± 0.2) میزان در تیر بود که در لایه سطحی به ثبت رسیدند.



نمودار ۱-۳- میانگین ماهانه دمای آب در لایه‌های مختلف دریای خزر- منطقه گهر باران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

شفافیت، کدورت و pH: تغییرات ماهانه میانگین ($\pm SE$) پارامترهای شفافیت و کدورت در اعماق مختلف در نمودار ۲-۳ آورده شده است. نمودار تغییرات شفافیت نشان می‌دهد که حداقل و حداکثر میانگین در همه اعماق مورد بررسی به ترتیب در آذر و اردیبهشت بود. میانگین شفافیت سالانه آب، در هر یک از اعماق ۵، ۱۰ و ۱۵ متر به ترتیب 1.7 ± 0.2 ، 2.8 ± 0.3 و 4.1 ± 0.6 متر بدست آمد.

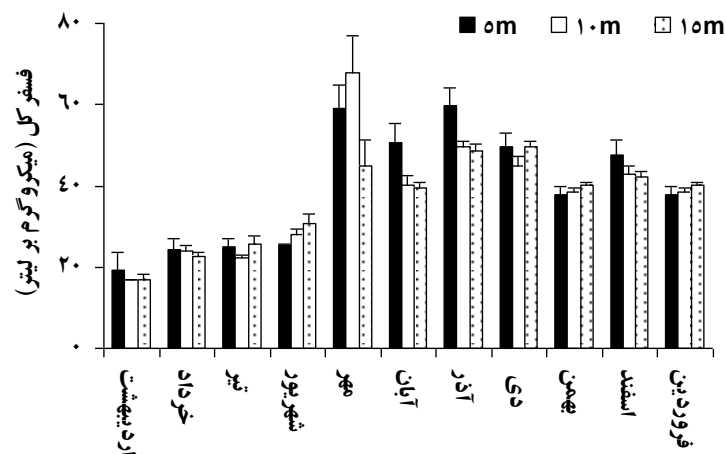
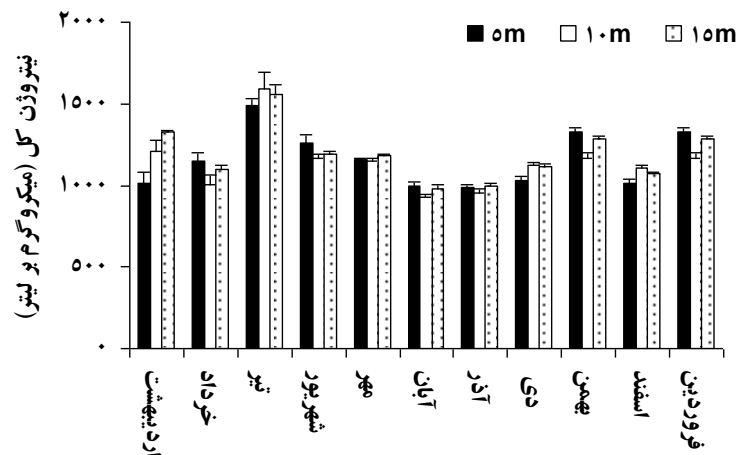


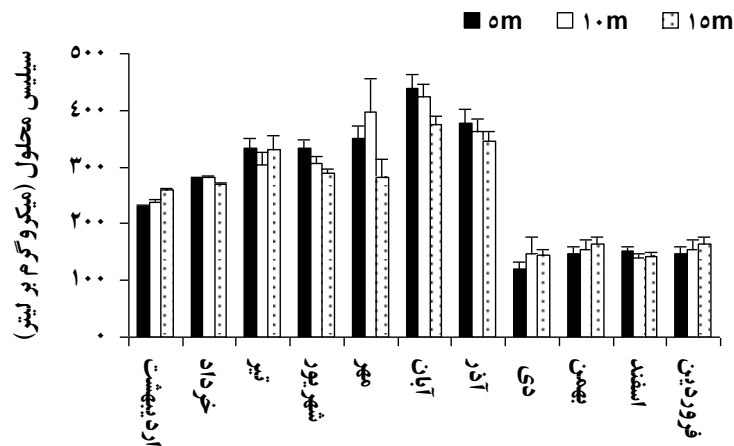
نمودار ۳-۲- میانگین (± SE) ماهانه شفافیت، کدورت و pH، در اعماق مختلف دریای خزر- منطقه گهر باران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

حداقل میزان کدورت در اعماق ۵ و ۱۰ متر در اردیبهشت و در ۱۵ متر در خرداد ماه ثبت شد اما حداکثر میزان کدورت در شهریور ماه دیده شد. بررسی نشان داد که میانگین کدورت (NTU) در اعماق ۵، ۱۰ و ۱۵ متر به ترتیب $۵/۲ \pm ۰/۶$ ، $۳/۵ \pm ۰/۴$ و $۳/۶ \pm ۰/۴$ بود.

میانگین pH در طی تحقیق $۸/۴ \pm ۰/۱$ بود و میزان آن از $۸/۱$ (عموماً در ماه‌های اردیبهشت و خرداد) تا $۸/۷$ (شهریور ماه) تغییرات نشان داد.

مواد مغذی: میانگین نیتروژن، فسفر کل و سیلیس محلول (میکرو گرم در لیتر) در طی مطالعه به ترتیب $14 \pm$ ، 1168 ± 1 ، 38 ± 1 و 259 ± 8 بدست آمد. بر اساس نمودار ۳-۳، حداقل میانگین (میکروگرم در لیتر) پارامترهای فوق به ترتیب 927 ± 16 (آبان ماه)، $17 \pm 0/3$ (اردیبهشت ماه) و 11 ± 11 (دی ماه) و حداکثر میانگین (میکروگرم در لیتر) به ترتیب 1591 ± 99 (تیرماه)، 68 ± 9 (مهر ماه) و 439 ± 26 (آبان ماه) بود.





نمودار ۳-۳- میانگین (± SE) ماهانه مواد مغذی در اعماق مختلف دریای خزر - منطقه گهرباران (سال ۱۳۹۲-۹۳)

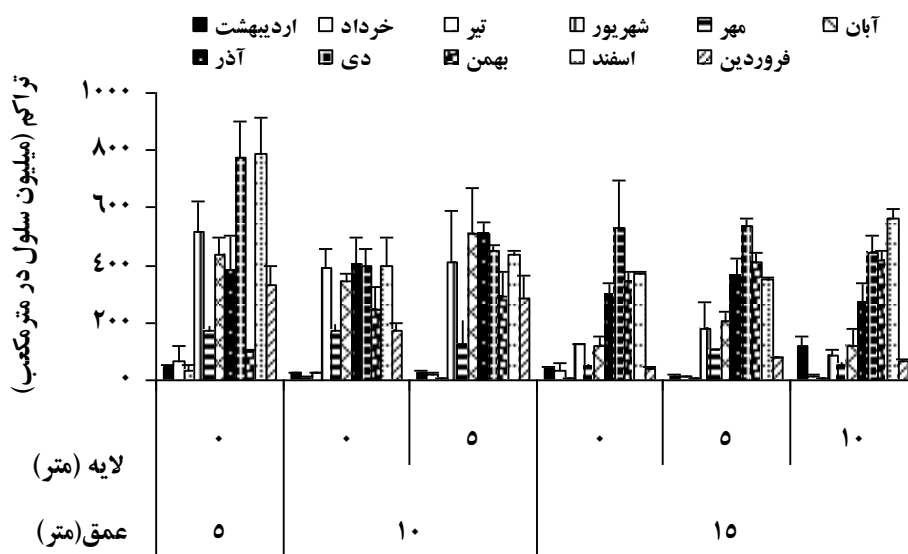
۳-۲- فیتوپلانکتون و کلروفیل

تغییرات ماهانه تراکم و زی توده فیتوپلانکتون و نیز غلظت کلروفیل a در لایه‌های مختلف از اعماق مختلف در نمودار ۳-۴ (الف، ب و ج) نشان داده شد.

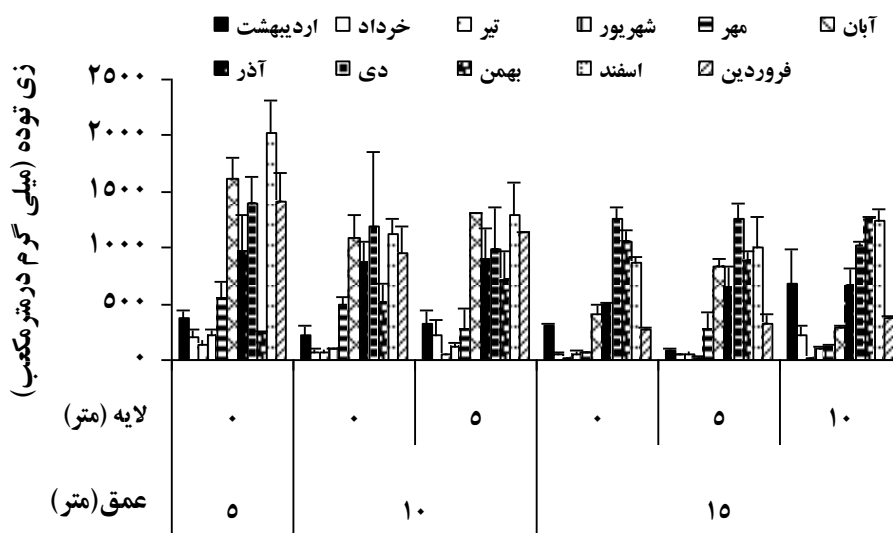
میانگین تراکم فیتوپلانکتون از شهریور ماه ۱۳۹۲ تا فروردین ۱۳۹۳ حدوداً ۱۲ برابر ماه‌های اردیبهشت تا تیر ۱۳۹۲ بود. چنانکه بر اساس نمودار ۳-۴ (الف)، حداقل میانگین تراکم فیتوپلانکتون عمدتاً در تیر ماه و گاه‌ها در خرداد ماه و حداکثر میزان آن در فاصله زمانی آبان تا اسفند ثبت شد. بطور کلی در طی تحقیق، حداقل و حداکثر میانگین (±SE) تراکم فیتوپلانکتون (میلیون سلول در مترمکعب) به ترتیب در ماه‌های تیر (لایه سطحی از عمق ۱۵ متر) به میزان 4 ± 2 و اسفند ماه (لایه سطحی از عمق ۵ متر) به میزان 784 ± 129 گزارش شد.

روند تغییرات زی توده شباهت زیادی با تراکم نشان داد. بطوریکه میانگین زی توده فیتوپلانکتون از شهریور ماه ۱۳۹۲ تا فروردین ۱۳۹۳ حدوداً ۵ برابر ماه‌های اردیبهشت تا تیر ۱۳۹۲ بود و در طی مدت مطالعه حداقل و حداکثر میانگین (±SE) زی توده فیتوپلانکتون (میلی گرم در مترمکعب) بترتیب در ماه‌های تیر (لایه سطحی از عمق ۱۵ متر) به میزان 15 ± 3 و اسفند ماه (لایه سطحی از عمق ۵ متر) به میزان 2021 ± 297 بدست آمد.

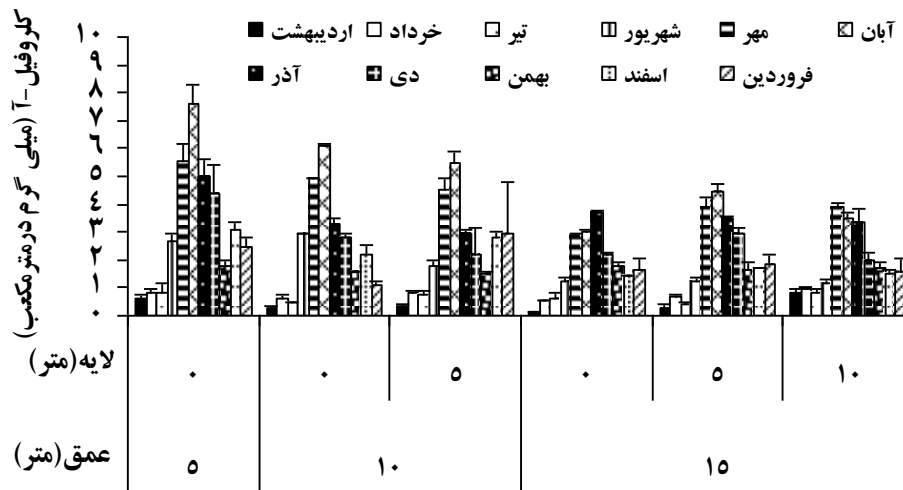
نمودار ۳-۴ (ج) نشان می دهد که عموماً میزان کلروفیل از اردیبهشت تا آبان (۱۳۹۲) در همه اعماق روند افزایشی داشت و پس از آن تا فروردین سال بعد (۱۳۹۳) کم کم از غلظت آن کاسته شد بطوریکه حداقل و حداکثر مقادیر کلروفیل در همه اعماق به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت و آبان ثبت شد. حداقل و حداکثر میانگین (±SE) غلظت کلروفیل (میلی گرم در مترمکعب) ثبت شده در طی مطالعه به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت (لایه سطحی از عمق ۱۵ متر) به میزان 0.11 ± 0.05 و آبان ماه (لایه سطحی از عمق ۵ متر) به میزان $7/6 \pm 0/2$ بدست آمد.



الف



ب

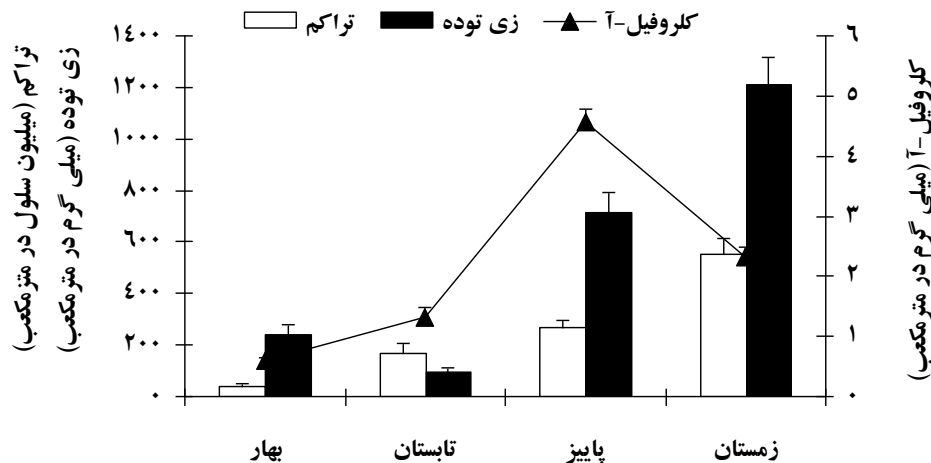


ج

نمودار ۳-۴- میانگین (\pm SE) مقادیر ماهانه تراکم (الف)، زی توده (ب) فیتوپلانکتون و کلروفیل a در اعماق و لایه های مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

بررسی نمودارهای ۳-۴ (الف، ب و ج) نشان می‌دهد که هر سه پارامتر (تراکم و زی توده فیتوپلانکتون، کلروفیل) در عموم موارد در لایه سطحی از عمق ۵ متر بیشتر از لایه سطحی در اعماق ۱۰ و ۱۵ متر بود. همچنین این پارامترها در لایه ۵ متر از عمق ۱۰ متر نیز در بیشتر ماه‌ها مقادیر بالاتری نسبت به لایه ۵ متر از عمق ۱۵ متر نشان دادند. این پارامترها از شهریور ماه افزایش قابل توجه نسبت به ماه‌های پیش از آن نشان دادند. حداکثر میزان پارامترهای زی توده و تراکم اختلاف زمانی با کلروفیل نشان داد. آزمون آماری ANOVA بر سه پارامتر فوق اختلاف معناداری را بین ایستگاهها و لایه‌های نمونه برداری نشان نداد ($P > 0.05$). الگوی روند تغییرات آنها در هر عمق (۵، ۱۰ و ۱۵ متر) در بین فصول یکسان بود بطوریکه نقاط حداکثر و حداقل داده‌ها در همه اعماق در فصول، یکسان ثبت شد. عموم پارامترهای فوق در بین فصول مختلف دارای اختلاف معنی دار بودند ($P < 0.05$). آزمون دانکن نشان داد که ماه‌های موجود در حدفاصل دو فصل عموماً اختلاف معنی داری با ماه قبل و بعد از خود نداشتند. به طور کلی بر اساس تقسیم‌بندی آزمون دانکن فصول بر اساس پارامترهای تراکم فیتوپلانکتون و کلروفیل به سه گروه (بهار و تابستان)، (پاییز) و (زمستان) و بر اساس زی توده فیتوپلانکتون به ۴ گروه (بهار)، (تابستان)، (پاییز) و (زمستان) تقسیم شدند.

چگونگی تغییرات میانگین تراکم و زی توده فیتوپلانکتون و نیز کلروفیل a، در فصول مختلف در نمودار ۳-۵ نشان داده شده است.



نمودار ۳-۵- میانگین تراکم و زی توده فیتوپلانکتون (اولین محور عمودی) و کلروفیل *a* (دومین محور عمودی) در فصول مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

الگوی تغییرات فصلی کلروفیل *a* به نحوی بود که پس از روند افزایشی از بهار تا پاییز، در زمستان کاهش داشت. میانگین زی توده از بهار تا تابستان کاهش نشان داد ولی پس از آن تا فصل زمستان افزایش نشان داد. اما روند تراکم فیتوپلانکتون کاملاً از بهار تا زمستان افزایشی بود. نتایج نشان داد که کمترین میزان از تراکم و زی توده به ترتیب در بهار و تابستان با مقادیر 39 ± 9 (میلیون سلول در متر مکعب) و 94 ± 40 (میلی گرم در متر مکعب) بود. حداقل و حداکثر کلروفیل *a* (میلی گرم در متر مکعب) نیز به ترتیب در بهار (0.1 ± 0.06) و پاییز (0.2 ± 0.04) ثبت شد.

چگونگی تغییرات درصد تراکم و زی توده شاخه ها و گونه های غالب در جدول ۳-۱ نشان داده شده است. بر اساس این جدول، در همه فصول (بجز تابستان) باسیلاریوفیتا اولین شاخه غالب بود. در فصل تابستان شاخه کلروفیتا بالاترین درصد تراکم از فیتوپلانکتون را شامل شد. کلروفیتا در پاییز در جایگاه دوم شاخه های غالب در تراکم جای گرفت. پیروفیتا اگرچه در زمستان همانند فصل بهار، دومین مرتبه از شاخه غالب را بدست آورد ولی درصد تراکم آن در زمستان با اولین شاخه غالب (باسیلاریوفیتا) اختلاف زیادی داشت و سهم آن از تراکم کل نسبتاً کم بود. در جدول ۱، ترجیحاً درصد تراکم گونه هایی نوشته شد که در ایجاد زی توده فیتوپلانکتون نیز نقش قابل توجهی داشتند. لذا در فصل بهار علاوه بر گونه های ذکر شده گونه های دیگری شامل *Nitzschia acicularis*، *Nitzschia reversa* و گونه های کوچک سائیز (دارای طول خطی کم تر از ۲۰ میکرون) از جنس *Chaetoceros* (شاخه باسیلاریوفیتا) نیز دارای درصد تراکم بالا (مجموعاً ۲۲ درصد از تراکم کل) بودند. بر اساس جدول ۳-۱، اولین گونه غالب در تراکم در هر یک از فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب شامل *Prorocentrum cordatum*، *Binuclearia lauterbornii*، *Thalassionema nitzschioides* و *Pseudonitzschia seriata* بود. بررسی درصد زی توده بیانگر آن بود که در همه فصول شاخه های باسیلاریوفیتا و پیروفیتا به ترتیب اولین و

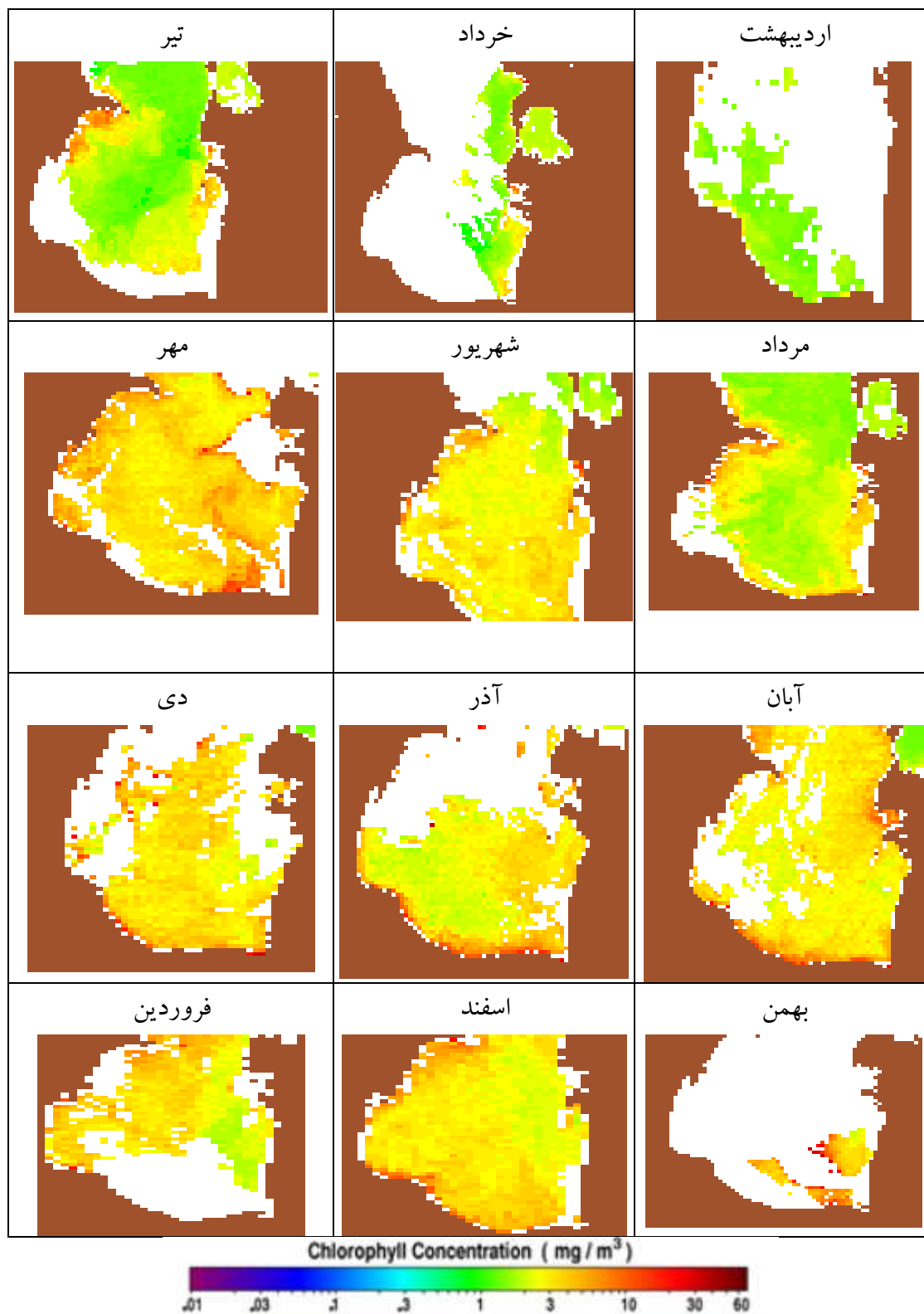
دومین جایگاه را به خود اختصاص دادند. کلروفیتا در فصل تابستان با دارا بودن ۱۱/۳ درصد از زی توده کل، مشارکت قابل ملاحظه‌ای در زی توده فیتوپلانکتونی نشان دادند. در فصول بهار و پاییز گونه‌های موجود در جنس *Prorocentrum* (*obtusum+proximum +scutellum*) در تابستان *Cyclotella meneghiniana* و در زمستان *Pseudonitzschia seriata*، بالاترین درصد از زی توده فیتوپلانکتون را تشکیل دادند.

جدول ۳-۱- تغییرات فصلی درصد تراکم و زی توده گروه‌های غالب فیتوپلانکتون در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

زمستان		پاییز		تابستان		بهار		فیتوپلانکتون
زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	
۷۹/۸	۸۴/۵	۵۹/۴	۷۸/۶	۵۶/۱	۹/۹	۴۷/۸	۴۲/۷	باسیلاریوفیتا
۱۸/۳	۸/۰	۳۹/۷	۴/۶	۲۷/۵	۱/۵	۵۱/۵	۳۸/۹	پیروفیتا
۰/۱	۱/۹	۰/۴	۴/۴	۰/۶	۱/۴	۰/۴	۵/۳	سیانوفیتا
۰/۱	۳/۳	۰/۲	۱۱/۵	۱۱/۳	۸۵/۶	۰/۲	۱۱/۴	کلروفیتا
<۰/۱	۰/۲	۱/۳	۸/۸	<۰/۱	۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<i>Chaetoceros</i> (<i>peruvianus+convolutes</i>)
۶/۵	<۰/۱	۲/۲	۰/۱	۹/۲	<۰/۱	۱۲/۴	۰/۶	<i>Coscinodiscus</i> (<i>gigas+ granii+ jonesianus+ perforatus</i>)
۱/۳	۰/۳	۱۴/۶	۳/۹	۲۷/۸	۱/۶	۱۲/۷	۱۵/۶	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
۱۶/۷	۵/۷	۱/۴	۱/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۲	<i>Dactyliosolen fragilissima</i>
۱/۲	۰/۱	۱۱/۸	۰/۹	۱۴/۸	۰/۳	۱۸/۳	۲/۸	<i>Gyrosigma</i> (<i>acuminatum+ attenuatum+kuetzingii</i>)
۵۱/۴	۷۰/۳	۵/۹	۹/۷	۰/۱	<۰/۱	۰/۱	۰/۳	<i>Pseudonitzschia seriata</i>
۴/۱	۶/۸	۲۰/۳	۴۴/۷	۲/۶	۱/۳	۰/۳	۱/۲	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
۶/۹	۷/۰	۱۲/۵	۲/۷	۲/۹	۰/۷	۱۰/۶	۳۲/۶	<i>Prorocentrum cordatum</i>
۰/۴	۰/۲	۰/۵	۰/۳	۲/۱	۰/۲	۳/۲	۳/۲	<i>Glenodinium</i> (<i>penardii+ behningii+ lenticula</i>)
۰/۵	۰/۱	۲/۰	۰/۴	۵/۵	۰/۲	۸/۰	۴/۰	<i>Goniaulax</i> (<i>digitale + polyedra+ spiniferum</i>)
۰/۵	۰/۱	۰/۹	۰/۱	۸/۰	۰/۲	۴/۹	۱/۳	<i>Peridinium</i> (<i>achromaticum+ latum</i>)
۱۱/۷	۰/۶	۳۲/۹	۲/۰	۱۴/۵	۰/۲	۲۹/۰	۴/۳	<i>Prorocentrum</i> (<i>obtusum+ proximum+ scutellum</i>)
<۰/۱	۳/۸	۰/۱	۱۱/۰	۳/۰	۸۴/۰	۰/۱	۱۰/۱	<i>Binuclearia lauterbornii</i>

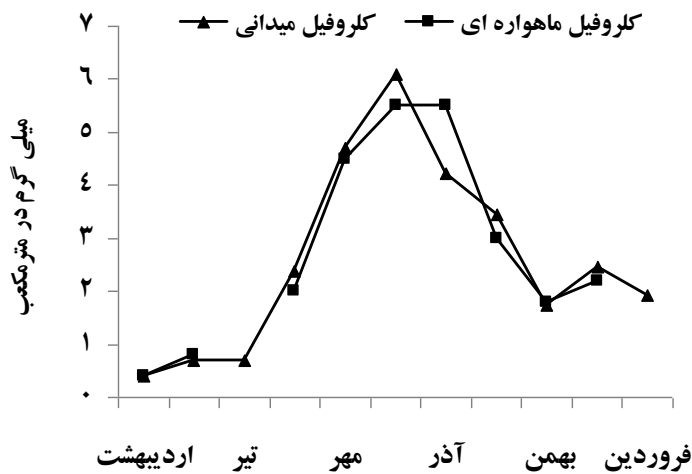
۳-۳- تصاویر ماهواره ای

در شکل ۳-۱ تصاویر ماهواره ای از تغییرات غلظت کلروفیل a (میلی گرم در مترمکعب) در لایه سطحی آب نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- مقادیر کلروفیل *a* سطحی در حوزه جنوبی دریای خزر براساس تصاویر ماهواره ای (MODIS) از اردیبهشت ۱۳۹۲ تا فروردین ۱۳۹۳

بر اساس این تصاویر و راهنمای رنگ‌ها در نیم خط گهرباران، میزان کلروفیل a (پس از بکارگیری ضریب اصلاح) در سال ۱۳۹۲ در ماه‌های اردیبهشت و خرداد در محدوده ۰/۴-۰/۸ میلی گرم در مترمکعب قرار داشت. در تیرماه در اعماق دورتر از ساحل غلظت آن به ۲-۳ میلی گرم در مترمکعب رسید. در مرداد ماه محدوده تغییرات کلروفیل ۲/۴-۱/۶، ۳-۴ و در شهریور ماه حدود ۲ میلی گرم در مترمکعب شد که در مهر ماه به ۴/۷ رسید. با ادامه این روند افزایشی در ماه‌های آبان و آذر مقدار ۵ میلی گرم در مترمکعب ثبت شد. پس از آن غلظت کلروفیل با روند کاهشی در ماه‌های بهمن و اسفند به حدود ۲ رسید. در نمودار ۳-۶ مقادیر کلروفیل استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای با داده‌های میدانی در لایه سطحی منطقه مورد مطالعه مقایسه شدند.



نمودار ۳-۶- مقایسه مقادیر کلروفیل استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های میدانی در لایه سطحی از دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

این مقایسه نشان داد که در طی دوره مطالعه (صرف نظر از نقاط و نیز تصاویر نامطلوب)، حداقل و حداکثر مقادیر کلروفیل در هر دو سری داده‌ها (ماهواره‌ای و میدانی) بترتیب در ماه‌های اردیبهشت و آبان بدست آمد. بررسی آماری نیز اختلاف معنی داری بین این دو سری داده نشان نداد (T-test, $P > 0.05$).

۳-۴- روابط و همبستگی بین کلروفیل و سایر پارامترها

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت کلروفیل a با دیگر پارامترهای زیستی و غیر زیستی در این تحقیق در جدول ۳-۲ نشان داده شده است.

جدول ۳-۲- نتایج آزمون همبستگی معنی دار بین غلظت کلروفیل *a* با زی توده گروهها و گونه‌های غالب فیتوپلانکتون و پارامترهای غیرزیستی در دریای خزر- منطقه گهر باران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

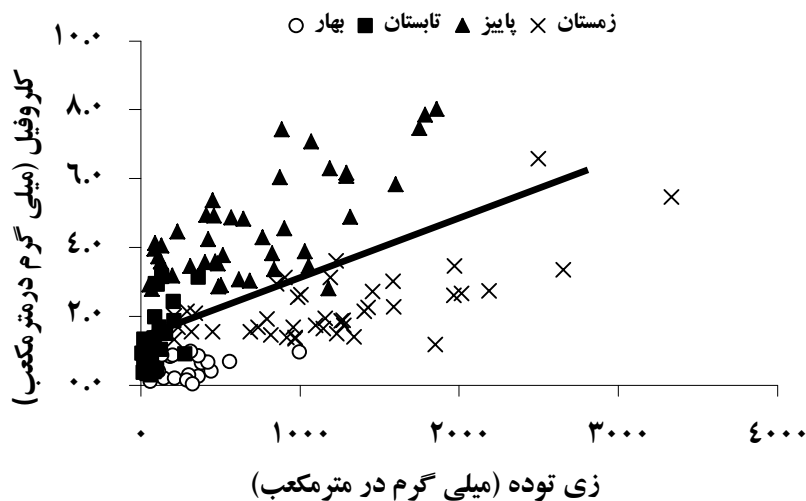
پارامتر	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سال
فیتوپلانکتون کل		۰/۴۹	۰/۶۴	۰/۶۰	۰/۵۴
باسیلاریوفیتا		۰/۶۳	۰/۴۱	۰/۵۹	۰/۵۲
پیروفیتا			۰/۷۱		۰/۴۶
کلروفیتا		۰/۵۱	۰/۳۶		۰/۳۰
اندازه سلول		-۰/۶۶	۰/۵۲		-۰/۳۴
محتویات کلروفیلی سلول	۰/۶۴				
<i>Cyclotella meneghiniana</i>		۰/۸۵	۰/۴۸		۰/۴۱
<i>Pseudonitzschia seriata</i>				۰/۵۹	۰/۳۷
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		۰/۶۵		۰/۳۳	۰/۷۷
<i>Prorocentrum cordatum</i>			۰/۵۷		
<i>Glenodinium (penardii+ behningii+ lenticula)</i>			۰/۵۱		
<i>Goniaulax (digitale + polyedra+ spiniferum)</i>			۰/۶۶		
<i>Prorocentrum (obtusum+ proximum+ scutellum)</i>			۰/۵۴		۰/۵۷
<i>Binuclearia lauterbornii</i>		۰/۷۵	۰/۵۴		۰/۵۶
دمای آب		-۰/۵۴			-۰/۳۵
شفافیت	-۰/۹۵	-۰/۶۶		-۰/۷۵	-۰/۶۸
کدورت		۰/۵۲	فقدان داده	۰/۵۹	۰/۳۰
Ph				-۰/۳۱	۰/۲۳
نیتروژن کل	-۰/۴۰	-۰/۶۲		-۰/۵۰	-۰/۴۹
فسفر کل				۰/۵۲	۰/۷۳
سیلیس			۰/۳۸	-۰/۴۲	۰/۲۶

طی دوره بررسی غلظت کلروفیل *a* با زی توده کل فیتوپلانکتون و نیز شاخه های باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و کلروفیتا همبستگی معنی دار مثبت و نسبتاً بالایی را (آزمون پیرسون، جدول ۳-۲) نشان داد. در این آزمون غلظت کلروفیل *a* همراه با کاهش دما و شفافیت، افزایش معنی دار داشت (جدول ۳-۲)، اما افزایش کدورت با افزایش

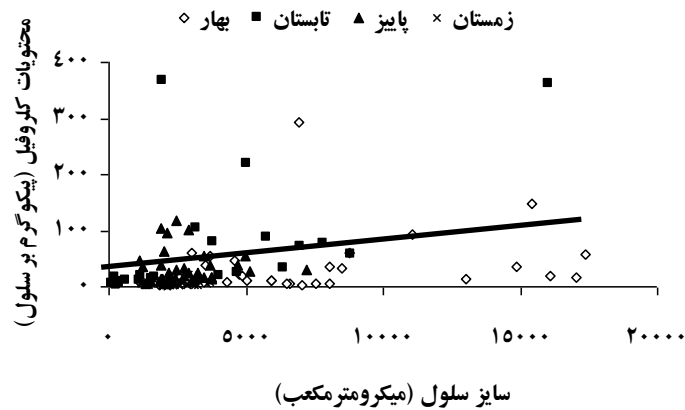
کلروفیل -آ همراه بود. از بین فیتوپلانکتون‌های درج شده در جدول ۳-۱، *Cyclotella meneghiniana*، *Binuclearia lauterbornii* و *Prorocentrum*، *Thalassionema nitzschioides*، *Pseudonitzschia seriata* همبستگی مثبت معنی‌دار با افزایش غلظت کلروفیل نشان دادند. در فصل پاییز تعداد گونه‌های دارای همبستگی مثبت معنی‌دار با کلروفیل a بیش از سایر فصول بود. همچنین در فصل تابستان غلظت کلروفیل با کاهش میانگین اندازه سلولی همراه بود در حالی که در پاییز همراه با افزایش کلروفیل a، میانگین اندازه سلولی نیز افزایش یافت. از بین مواد مغذی، میزان نیتروژن کل در بهار و تابستان، فسفر کل در زمستان و سیلیس در پاییز و زمستان همبستگی معنی‌داری را با غلظت کلروفیل a نشان دادند.

نمودار ۳-۷ توزیع داده‌ها را نسبت به خط رگرسیون (بین غلظت کلروفیل a و زی توده فیتوپلانکتون) نشان می‌دهد. در فصول پاییز و بهار به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a در واحد زی توده ثبت شد. بر اساس این نمودار محدوده غلظت کلروفیل a در فصول پاییز و زمستان نسبت به فصول بهار و تابستان بالاتر بود و عمده داده‌های مربوط به فصل پاییز در بالای خط رگرسیون قرار گرفتند. فیتوپلانکتون در تابستان (به هنگام غالب تراکم شاخه کلروفیتا- گونه *Binuclearia lauterbornii*) در مقایسه با فصل بهار دارای میزان کلروفیل a بیشتری در واحد زی توده بود.

غلظت کلروفیل a با سایز سلول نیز همبستگی معنی‌دار نشان داد (جدول ۳-۲). نمودار ۳-۸، ارتباط محتویات کلروفیل a را با اندازه سلول در هر فصل نشان می‌دهد. بر این اساس عموماً در فصل زمستان گونه‌های غالب دارای محتویات کلروفیلی پایین تری در مقایسه با اندازه سلولی مشابه در فصل پاییز بودند.



نمودار ۳-۷- ارتباط غلظت کلروفیل a و زی توده فیتوپلانکتون به همراه خط روند (Trendline) در دریای خزر- منطقه گهراران (سال ۹۳-۱۳۹۲)



نمودار ۳-۸- چگونگی ارتباط محتویات کلروفیلی سلول با اندازه سلول به همراه خط روند (Trendline) در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

تغییر گروههای غالب فیتوپلانکتون در فصول مختلف نقش مهمی بر ارتباط محتویات کلروفیل هر سلول با دیگر پارامترها (زیستی و محیطی) نشان داد (جدول ۳-۳).

جدول ۳-۳- نتایج آزمون پیرسون بین محتویات کلروفیل فیتوپلانکتون با تراکم گروههای غالب و پارامترهای غیرزیستی در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

پارامتر	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	طی مطالعه
<i>Chaetoceros peruvianus+convolutus</i>			-۰/۴۱		
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	-۰/۵۵	-۰/۷۵			-۰/۲۶
<i>Dactyliosolen fragilissima</i>			-۰/۸۱	-۰/۵۸	-۰/۶۱
<i>Gyrosigma</i>		-۰/۴۲	-۰/۵۴		
<i>Pseudonitzschia seriata</i>			-۰/۷۶	-۰/۷۶	-۰/۷۸
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		-۰/۲۵	-۰/۹۳	-۰/۵۲	
<i>Prorocentrum cordatum</i>	-۰/۶۰				-۰/۵۲
<i>Glenodinium</i>					-۰/۲۵
<i>Prorocentrum</i>	۰/۴	-۰/۵۱	-۰/۵۴	-۰/۵۵	-۰/۳۷
<i>Binuclearia lauterbornii</i>		-۰/۸۵			-۰/۳۲
دمای آب		۰/۴۲	۰/۷۱		۰/۵۲
شفافیت	-۰/۷۰	۰/۶۸			
نیتروژن کل	-۰/۳۹	۰/۷۴	۰/۶۲	۰/۴۴	۰/۱۸
فسفر کل				-۰/۳۷	
سیلیس					۰/۴۷

همانطوری که در نمودار ۳-۵ مشاهده شد در فصول مختلف الگوی یکسانی برای تغییرات زی توده و کلروفیل a بدست نیامد. به منظور شناخت عوامل موثر بر بروز این اختلافات آزمون همبستگی پیرسون بین باقی مانده (Residual) بدست آمده از آزمون رگرسیون بین زی توده و کلروفیل با برخی از عوامل زیستی و غیرزیستی انجام شد (جدول ۳-۴).

بر اساس جدول ۳-۴، در کل مدت مطالعه، همه عوامل محیطی مورد بررسی (بجز نیتروژن کل) همبستگی معنی-داری با بروز تفاوت بین الگوی تغییرات زی توده و کلروفیل a نشان دادند که در میان آنها بجز شفافیت، افزایش مقادیر پارامترها دارای اثر افزایشی بر بروز تفاوت بوده است. این آزمون در مقیاس فصلی تفاوت‌هایی را نشان داد. بطوری که در تابستان افزایش دما، شفافیت و نیز نیتروژن کل این تفاوت را کاهش داد. اما این تفاوت با pH رابطه مستقیم (همانند بررسی سالانه) نشان داد. افزایش غلظت سیلیس محلول در فصول بهار و زمستان و نیز کاهش فسفر کل در فصل بهار نیز با کاهش در تفاوت (Residual) همراه بود. افزایش درصد گروه‌های فیتوپلانکتونی شامل باسیلاریوفیتا و پیروفیتا در کل دوره بررسی سبب کاهش تفاوت شد.

جدول ۳-۴- نتایج معنی دار آزمون پیرسون بین تفاوت (Residual) حاصل از آزمون رگرسیون بین زی توده و کلروفیل a با درصد تراکم (فیتوپلانکتون) و برخی پارامترهای محیطی در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

طی دوره	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	پارامتر
-۰/۱۹		-۰/۶۰	۰/۴۱		باسیلاریوفیتا
-۰/۴۲		۰/۵۶	-۰/۵۸	-۰/۶۰	پیروفیتا
	۰/۳۳		-۰/۵۴	۰/۵۵	سیانوفیتا
۰/۱۸			۰/۵۸	۰/۳۸	کلروفیتا
۰/۱۶				-۰/۴۲	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
-۰/۲۹	-۰/۳۶	-۰/۴۲			<i>Dactyliosolen fragilissima</i>
-۰/۲۸	-۰/۳۶	-۰/۳۶			<i>Pseudonitzschia seriata</i>
۰/۲۹		-۰/۴۶			<i>Thalassionema nitzschioides</i>
-۰/۳۸		۰/۴۷	-۰/۵۸	-۰/۷۰	<i>Prorocentrum cordatum</i>
-۰/۲۴			-۰/۴۵		<i>Glenodinium</i>
-۰/۲۰		۰/۴۳	-۰/۴۱		<i>Goniaulax</i>
		۰/۳۹	-۰/۴۶		<i>Prorocentrum</i>
۰/۱۹			۰/۵۹		<i>Binuclearia lauterbornii</i>
۰/۴۱		۰/۴۴	-۰/۵۰		دمای آب
-۰/۴۳			-۰/۵۵	-۰/۷۸	شفافیت
۰/۵۱	-۰/۳۶		۰/۴۱		pH
			-۰/۶۰	-۰/۳۸	نیتروژن کل
۰/۲۲				۰/۴۱	فسفر کل
۰/۵۰	-۰/۴۰			۰/۵۲	سیلیس

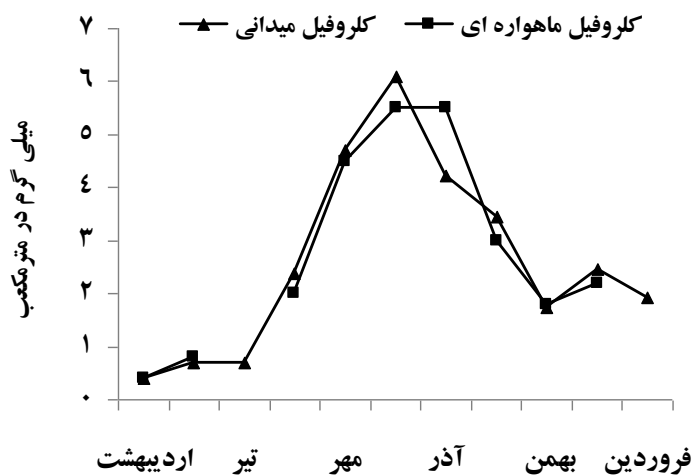
همانطوری که در جدول درصد تراکم و زی توده نشان داده شد، در فصول مختلف ترکیب گروهها و گونه های غالب یکسان نبود. در جدول ۳-۵ نتایج آزمون رگرسیون گام بگام بین غلظت کلروفیل a بعنوان متغیر وابسته با تراکم و زی توده شاخه های غالب در فصول مختلف آورده شده است.

جدول ۳-۵ - نتایج آزمون رگرسیون گام بگام بین غلظت کلروفیل a (متغیر وابسته) با تراکم و زی توده شاخه های غالب (متغیرهای مستقل) در دریای خزر- منطقه گهر باران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

پارامتر	مدل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	دوره مطالعه
تراکم	۱	Chl.= 1.68+0.52 (Baci.) R ² = 0.27	Chl.= 1.78+0.79 (Chloro.) R ² = 0.63	Chl.=2.59+0.80 (Pyro.) R ² = 0.63	Chl.= 1.98+0.66 (Baci.) R ² = 0.44	Chl.= 2+0.55(Baci.) R ² = 0.30
	۲	Chl.= 1.66+0.37(Baci.)+ 0.33 (Chloro.) R ² = 0.36		Chl.= 2.39+0.67(Pyro.)+ 0.3(Chloro.) R ² = 0.71		Chl.=1.89+0.52 (Baci.)+0.31(Chloro.) R ² = 0.40
زی توده	۱	Chl.= 1.57+0.572 (Baci.) R ² = 0.28	Chl.= 1.63+0.68 (Baci.) R ² = 0.46	Chl.=2.58+0.75 (Pyro.) R ² = 0.57	Chl.= 2+0.63(Baci.) R ² = 0.39	Chl.=.99+0.49 (Baci.) R ² = 0.24
	۲					Chl.=1.82+0.34 (Baci.)+ 0.27 (Pyro.) R ² = 0.29

Chl: کلروفیل a، Baci: باسیلاریوفیتا، Chloro: کلروفیتا، Pyro: پیروفیتا

بر اساس این جدول کمترین و بیشترین میزان R² بترتیب در بهار و تابستان بدست آمد. در فرمول و مدل ارائه شده بر اساس زی توده، شاخه باسیلاریوفیتا در همه فصول بجز پاییز نقش بارزتری نسبت به سایر شاخه‌ها نشان داد. در فصل تابستان تراکم کلروفیتا ضریب بالایی در تغییرات غلظت کلروفیل نشان داد ولی در فصل پاییز در هر دو نوع مدل (بر اساس تراکم و زی توده) شاخه پیروفیتا دارای نقش مهمی بود.

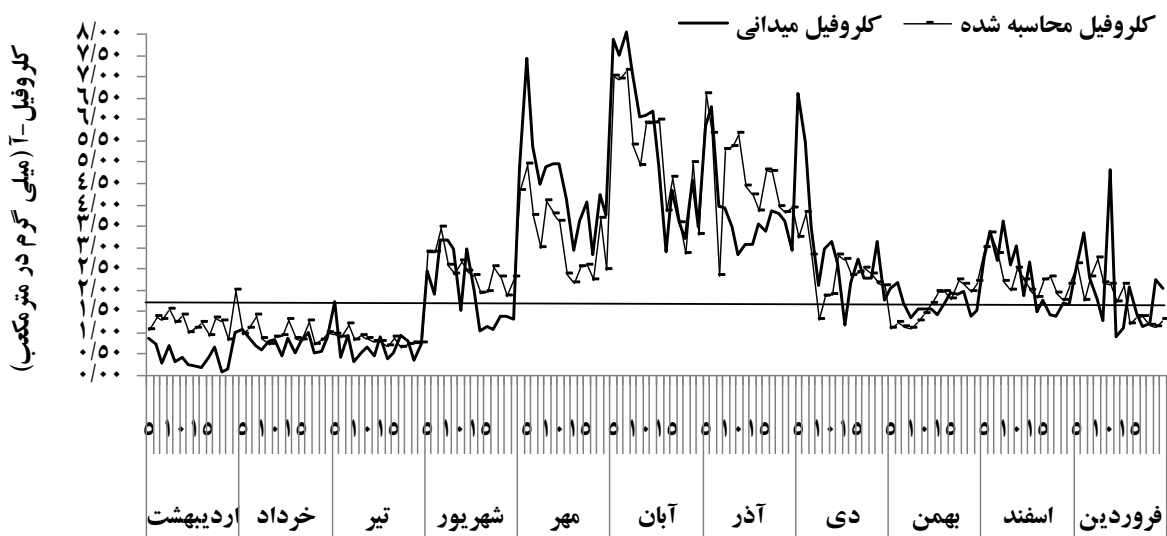


نمودار ۳-۱۰ - مقایسه مقادیر کلروفیل استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های میدانی در لایه سطحی از دریای خزر- منطقه گهر باران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

این مقایسه نشان داد که در طی دوره مطالعه (صرف نظر از نقاط و نیز تصاویر نامطلوب)، حداقل و حداکثر مقادیر کلروفیل در هر دو سری داده‌ها (ماهواره‌ای و میدانی) بترتیب در ماه‌های خرداد و آبان بدست آمد. بررسی آماری نیز اختلاف معنی داری بین این دو سری داده نشان نداد (T-test, $P > 0.05$).

۳-۵- شکوفایی جلبکی

در نمودار ۳-۱۱ زمان‌های وقوع احتمالی شکوفایی بر اساس غلظت کلروفیل میدانی و نیز کلروفیل محاسبه‌ای مورد مقایسه قرار گرفتند. زمان‌های تعیین شده تقریباً برهم منطبق بودند بطوری که در پاییز همه ماه‌ها را شامل شد ولی در فصول بهار، تابستان و زمستان این نقاط بترتیب عمدتاً در ماه‌های فروردین، شهریور و دی و گاه‌آسفند ثبت شدند.



نمودار ۳-۱۱ - مقایسه زمان‌ها و مکان‌های احتمالی وقوع شکوفایی بر اساس کلروفیل میدانی و کلروفیل

محاسبه شده در دریای خزر - منطقه گهر باران (سال ۹۳-۱۳۹۲).

* خط عرضی میانه غلظت کلروفیل (۱/۷ میلی گرم در مترمکعب) در صدک ۹۰ را نشان می‌دهد.

در نمودار ۳-۱۲، زمان‌های وقوع احتمالی شکوفایی جلبک بر اساس مقادیر زی توده و تراکم فیتوپلانکتون نشان داده شد. این نمودار نشان می‌دهد که نقاط تعیین شده بر اساس این دو پارامتر به میزان زیادی هم‌پوشانی دارند و بیشترین تفاوت در بعضی از اعماق شهریور تا آبان و نیز فروردین (محدوده ۵۱۲-۳۲۰ میلی گرم در مترمکعب از زی توده) مشاهده شد.

سپس رتبه‌های عددی معادل با میانگین فصلی تراکم، زی توده و کلروفیل a و نیز درصد وقوع شکوفایی (طبق جدول ۱) تعیین شدند. در جدول ۳-۸ رتبه‌های عددی مربوط به بررسی فصلی کیفیت آب بر اساس حد آستانه شکوفایی نشان داده شده است.

جدول ۳-۸- رتبه عددی کیفیت آب طبق حد آستانه شکوفایی* حاصل از پارامترهای تراکم، زی توده و کلروفیل در فصول مختلف در دریای خزر- منطقه گهر باران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

**رتبه نهایی کیفیت آب	رتبه عددی کیفیت آب						فصل
	زی توده		کلروفیل		تراکم		
	درصد وقوع شکوفایی	میانگین	درصد وقوع شکوفایی	میانگین	درصد وقوع شکوفایی	میانگین	
	۰/۸	۰/۸	۱	۱	۱	۱	بهار
۰/۹۳	۰/۸		۱		۱		A
	۱	۱	۰/۸	۱	۰/۸	۰/۸	تابستان
۰/۹	۱		۰/۹		۰/۸		B
	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۸	پاییز
۰/۵۶	۰/۶		۰/۵		۰/۶		C
	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۴	زمستان
۰/۴۷	۰/۴		۰/۶		۰/۴		D

* در این مطالعه حد آستانه (آغاز) شکوفایی جلبک بر اساس تراکم ۲۰۰ میلیون سلول در مترمکعب، زی توده ۵۱۲ میلی گرم در متر مکعب و کلروفیل ۱/۷ میلی گرم در مترمکعب تعیین شد. A,B,C,D: متوسط رتبه عددی حاصل از رتبه‌های عددی میانگین و درصد وقوع شکوفایی هر یک از پارامترهای تراکم، کلروفیل و زی توده. ** متوسط رتبه‌های عددی کیفیت آب مربوط به تراکم، کلروفیل و زی توده (هر یک از ردیف‌های A,B,C,D)

جدول ۳-۸ نشان می‌دهد که رتبه عددی کیفیت آب بر اساس پارامترهای مختلف ممکن است یکسان نباشد. بعنوان مثال در فصل تابستان رتبه عددی کیفیت آب بر اساس تراکم، کلروفیل و زی توده بترتیب ۰/۸، ۰/۹ و ۱ بود و سبب شد که رتبه نهایی کیفیت آب معادل ۰/۹ بدست آید. به این ترتیب بر اساس رتبه نهایی، کیفیت آب (جدول ۳-۸) در فصول بهار و تابستان (عالی-خوب) و در پاییز و زمستان متوسط-ضعیف (بر اساس جدول ۳-۷) بود.

۴- بحث

فیتوپلانکتون شامل تعداد زیادی گونه در طیف وسیعی از اندازه و سایر اختصاصات می‌باشد و نقش آن بعنوان گروهی از میکروارگانیسم‌های فتوسنتزکننده در حفظ و پویایی زنجیره غذایی، ثبات اکوسیستم و افزایش بهره‌وری از ماهیان پذیرفته شده است (Reilly & Zetlin, 1998).

تولیدات اولیه (P.P.=Primary Production) حاصل ترکیب پیچیده‌ای از فرایندهای فیزیولوژیکی، اکولوژیکی و بیوشیمیایی است. بنابراین پارامترهای موثر در هر یک از فرایندهای فوق در تحقیقات مختلف بطور غیرمستقیم در تعیین P.P. بکار رفته و به عبارتی نماینده‌ای از P.P. محسوب شده است. از نگاه آبرزی پروری تعیین اختصاصات جامعه فیتوپلانکتونی از قبیل تراکم، زی توده، غلظت کلروفیل *a* و میزان فتوسنتز هنگامی دارای ارزش است که در تعیین تولیدات اولیه برای انتقال به حلقه‌های بعدی زنجیره غذایی و یا پیش‌بینی رویدادهای اکولوژیکی نامطلوب (شکوفایی جلبکی) کارایی داشته باشد. بنابراین انتخاب پارامتر مناسب در راستای هدف فوق مهم می‌باشد. لذا در بخش‌های مختلف این بحث علاوه بر پیگیری اهداف تحقیق، این موضوع نیز از جنبه‌های مختلف مورد جستجو قرار می‌گیرد.

در مطالعه حاضر حداکثر میانگین تراکم و زی توده فیتوپلانکتون و نیز غلظت کلروفیل، عموماً در ایستگاه‌های دارای عمق ۵ متر قرار داشت. زیرا در این ایستگاه‌ها مواد مغذی ناشی از دهانه رودخانه‌ای و مصب فراهم است (Damar, 2003). تغییرات زمانی این پارامترها در دریای خزر عموماً بنحوی است که حداکثر مقدار آن (بخصوص در بخش شرقی آن) در زمستان بدلیل جریان آب گرم از خزر جنوبی و حداقل مقدار آنها در تابستان به هنگام لایه‌بندی حرارتی آب، ثبت می‌شود (Karpinsky *et al.*, 2005). در مطالعه حاضر نیز حداکثر میزان این پارامترها در زمستان بود ولی در تابستان با وجود آنکه در اعماق نمونه‌برداری شده لایه‌بندی حرارتی شکل‌نگرفت ولی حداقل مقادیر تراکم و زی توده فیتوپلانکتون و غلظت کلروفیل ثبت گردید که ممکن است بدلیل کاهش جریان‌ات رودخانه‌ای به دریا در فصل تابستان باشد، ضمن آنکه Jamalomoidi و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند در تابستان طبیعت اثر تابش شدید نورخورشید بر لایه رویی آب بنحوی است که آن را از لایه زیرین جدا می‌کند. چنانکه نتایج تغییرات دمایی بین لایه‌ها در مطالعه حاضر، هر چند اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0.05$) ولی تفاوت دمایی بین لایه‌ها در تابستان بنحوی بود که حداکثر دما در لایه سطحی ثبت شد و به عبارتی تفکیک لایه‌ها چندان در ارتباط با عمق و ستون آب نبود. همچنین باید بخاطر داشت که در نزدیکی منطقه نمونه‌برداری، نیروگاه تولید برق شهید سلیمی قرار دارد. لذا تغییرات درجه حرارت آب ناشی از تخلیه آب خروجی خنک‌کننده‌های کندانسورهای نیروگاه به داخل آب در منطقه (لالویی، ۱۳۷۴، فارابی و همکاران، ۱۳۸۸) را باید همراه با نوسانات ناشی از منابع طبیعی آن در نظر داشت. به هر حال محدوده گسترده از تغییرات تراکم (۱۸۰۰-۲ میلیون سلول در مترمکعب) و زی توده (۳۰۰۰-۴ میلی‌گرم در مترمکعب) فیتوپلانکتون و نیز کلروفیل (۸-۰/۱ میلی‌گرم در مترمکعب) انعکاسی از تغییرات فصلی خصوصیات فیزیکی و نیز مواد مغذی آب می‌باشد

(Reilly & Zetlin, 1998). چنانکه آزمون آماری ANOVA نیز بین ماهها و فصل‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار از پارامترهای فوق نشان داد ($P < 0.05$).

در مطالعه حاضر با توجه به اعماق نمونه‌برداری (کم تر از ۲۰ متر) و عمق شفافیت، نمونه‌ها آب مربوط به لایه نوری (فوتیک) بودند و بنظر می‌رسد که در منطقه مورد بررسی تلاطمات (ناشی از امواج و جابجایی‌ها) سبب ایجاد یکنواختی در بین لایه‌ها شدند (Kozłowski, 2008). چنانکه بررسی آماری نیز اختلاف معنی‌داری از پارامترهای زیستی و غیرزیستی را در بین لایه‌ها ($P > 0.05$, ANOVA) نشان نداد و ستون آب دارای اختلاط مناسبی در همه فصول بود.

الگوی تغییرات زمانی زی توده و کلروفیل a بجز از تابستان تا پاییز (همزمان با افزایش درصد تراکم *Thalassionema nitzschioides*)، در بقیه موارد با هم متفاوت بودند. چنانکه از بهار به تابستان (همراه با افزایش درصد تراکم *Binuclearia lauterbornii*) و نیز از پاییز به زمستان (همزمان با افزایش درصد تراکم *Pseudonitzschia seriata*) زی توده به ترتیب کاهش و افزایش یافت در حالیکه غلظت کلروفیل a به ترتیب افزایش و کاهش یافت. در واقع حداکثر زی توده و غلظت کلروفیل a طی دوره به ترتیب با حداکثر تراکم *Pseudonitzschia seriata* و *Thalassionema nitzschioides* همراه بود. این امر نشان می‌دهد که تفاوت در ترکیب گروه‌های فیتوپلانکتونی عامل مهم در تغییر روابط کلروفیل a و زی توده است. از سوی دیگر حضور و تراکم این گروه‌ها نیز به فرم زندگی گروه‌های غالب و نیز خصوصیات اکولوژیکی و مرفولوژیکی آن‌ها از جمله سایز سلولی مربوط می‌شود. چنانکه نتایج این مطالعه (نمودار ۳-۸) نشان داد گونه‌های غالب در فصل پاییز و نیز تابستان عموماً محتویات کلروفیلی بالاتری نسبت به فصل بهار و خصوصاً زمستان دارا بودند. این ادعا با توجه به مقادیر کلروفیل گونه‌های غالب در فصول فوق نیز مورد تایید قرار می‌گیرد. در جدول ۴-۱، محتویات کلروفیلی (عمدتاً شامل کلروفیل a) (Reynold, 2006)، حداکثر طول خطی و حجم سلولی، مهم‌ترین گونه‌های غالب (در مطالعه حاضر) مقایسه شده است. بر این اساس *Pseudonitzschia seriata* بعنوان گونه غالب در فصل زمستان نسبت به گونه‌های غالب در سایر فصول دارای محتویات کلروفیلی کم‌تری است. این امر احتمالاً سبب شد که علی‌رغم ۲ برابر شدن میزان تراکم و زی توده در فصل زمستان نسبت به پاییز، میزان کلروفیل نصف شد. در حالی که در مطالعه Bagheri و همکاران (۲۰۱۲a) در فصول مختلف از سال ۱۳۸۷ در ناحیه غربی از دریای خزر (لیسار، انزلی و سفیدرود)، حداکثر میانگین غلظت کلروفیل a در فصل زمستان همزمان با غالبیت *Dactyliosolen fragilissima* (باسیلاریوفیتا) گزارش شد. این مقایسه و نیز نمودار ۳-۸ و جدول ۳-۴ نشان می‌دهند که تغییر در ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون و در نتیجه تغییر شکل زندگی گونه‌های غالب و اندازه سلولی بر تغییر روابط کلروفیل و زی توده نقش داشته‌است. بنابراین لازم است که عدم تطابق الگوی تغییرات زی توده و کلروفیل بخصوص در نقاط حداکثر مقادیر با توجه به جایگزینی گونه‌ها به هنگام تغییر شرایط محیطی مورد توجه قرار گیرد. Catalan و Felip (۲۰۰۰)، مطالعه‌ی مشابه‌ای را در اسپانیا (دریاچه Redo) انجام دادند. در اکوسیستم مورد مطالعه آنها سطح آب در زمستان کاملاً از

یخ پوشیده و طبقه بندی ستون آبی در فصل تابستان (نمونه برداری در اعماق بالاتر از ۲۰ متر نیز انجام شده بود) اثرات آشکاری بر ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون و نهایتاً تفاوت زمانی وقوع حداکثر زی توده و کلروفیل نشان داد.

جدول ۴-۱- مقایسه محتویات کلروفیلی مهم ترین گونه‌های غالب در فصول مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

میزان تقریبی کلروفیل (Reynolds, 2006) (pg/cell)*	حجم تقریبی - سلول (μm) ³	حداکثر طول - خطی (μm)	گونه
۱/۳	۵۰۰-۱۲۷۰	۷-۱۲	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
۰/۵	۱۷۰-۳۰۰	۲۴-۱۵	<i>Pseudonitzschia seriata</i>
۱/۳	۵۰۰-۱۰۰۰	۳۶-۵۰	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
۰/۷	۲۸۰-۹۸۰	۱۶-۱۹	<i>Prorocentrum cordatum</i>
۰/۶	۱۴۰-۲۰۰	۲۴-۳۵	<i>Binuclearia lauterbornii</i>

در مطالعه حاضر کاهش دما در بین فصول مختلف بر میزان کلروفیل سلولی و نیز کلروفیل در واحد زی توده اثر یکسانی نشان نداد. بطوری که کاهش دما از تابستان به پاییز با افزایش حجم سلولی و نیز افزایش میزان کلروفیل سلولی و کلروفیل در واحد زی توده همراه بود در حالی که کاهش دما از پاییز به زمستان با کاهش حجم سلولی، میزان کلروفیل سلولی و کلروفیل در واحد زی توده همراه شد. بدلیل بروز چنین تفاوت هایی محققین بیان نمودند کاهش دمایی که با کاهش شدت نور ناشی از افزایش اختلاط آب و افزایش مشخصی از مواد مغذی و تغییر گونه‌های غالب همراه گردد سبب افزایش کلروفیل تا حداکثر میزان می‌شود (Felip & Catalan, 2000). آن‌ها در مطالعه خود، اثر مواد مغذی، دما و بخصوص نور را بر روابط بین زی توده و کلروفیل نشان دادند. در مطالعه Longhurst و Harrison (۱۹۸۹) نیز نور بعنوان عامل موثر در بروز تفاوت و عدم هماهنگی بین زی توده و کلروفیل بیان گردید. در واقع میزان کلروفیل *a* در سلول یک کمیت دارای قابلیت سازگاری است که می‌تواند در طی زمان حتی در طی روز همراه با تغییرات شدت نور و مواد مغذی تغییر کند (Dickey et al., 1991). در مطالعات Reynold (۲۰۰۶) نیز میزان کلروفیل *a* در *Oscillatoria* (از شاخه سیانوفیتا) در حدود ۹ برابر تغییرات، بین آب کاملاً اختلاط یافته و آب لایه بندی شده، نشان داد. به هر حال اثر دما بر کلروفیل (چه بعنوان عامل مستقیم و چه غیرمستقیم) در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد. همچنین از تابستان به پاییز کاهش شفافیت و افزایش مواد مغذی شامل فسفر و سیلیس ناشی از اختلاط ستون آب رخ داد که با حداکثر میزان از کلروفیل در سلول، واحد زی توده و آب همراه گردید. بررسی رسوبات دریای خزر در ۴ نیم خط انزلی، تنکابن، نوشهر و امیرآباد در سال ۱۳۹۲ بیانگر همبستگی مثبت و معنی دار بین فسفر جذب سطحی (loosely-P) و تراکم گونه های مضر

فیتوپلانکتون در آب بود (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۴). تحقیقات مختلف از قبیل مطالعه‌ی Nordvarg (۲۰۰۱) در سواحل دریای بالتیک نیز نشان داد که در مزارع پرورش ماهی مستقر در سواحل نیمه بسته افزایش توتال فسفر سبب افزایش زی توده فیتوپلانکتون می شود، بطوریکه اثر نامطلوب آن بر رسوب مدتها پس از تعطیلی مزارع برجا می ماند، هر چند که کیفیت آب در مدت کوتاهی بهبود یابد. با توجه به نیمه بسته بودن اکوسیستم دریای خزر و نیز همبستگی مثبت بین فسفر توتال و غلظت کلروفیل (در مطالعه حاضر)، این امر نکته مهمی است که در تصمیم‌گیری‌های استقرار قفس‌های پرورش ماهی باید مورد توجه قرار گیرد. بررسی نتایج مطالعات مختلف نشان می دهد که عوامل دخیل در تغییرات فیتوپلانکتون در همه شرایط یکسان تاثیر نمی گذارند. چنانکه بررسی Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد افزایش سطح تروفیکی آب، شرایط مناسب آب و هوایی مانند درجه حرارت بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد و سکون هوا) سبب بروز شکوفایی شیری رنگ شدید جلبک (*Nodularia spumigena*) در بخش هایی از حوزه جنوبی دریای خزر در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ شد که عموماً پس از حدود دو هفته در پی وزش باد و شکست دمایی پایان پذیرفت. در حالی که شکوفایی گونه‌ی *Heterocapsa triquetra* در ورودی خلیج فنلاند در تابستان ۱۹۹۸ بعد از هوای سرد و وزش باد و تحت تاثیر لایه غنی از نیترات در زیر ترموکلاین رخ داد (Kononen et al., 2003). در مطالعه اقیانوس جنوبی نیز کاهش نور ناشی از اختلاط ستون آب، وقوع طوفان و باد و نیز کاهش میزان چرای سطوح بالای تغذیه‌ای (مثلاً زووپلانکتون) بر فیتوپلانکتون بخصوص تا لایه ۲۵ متر (لایه‌های اختلاط یافته) از عوامل موثر در افزایش جلبک و بروز شکوفایی جلبکی بیان شد (Kozlowski, 2008).

مقادیر زی توده و کلروفیل در مطالعه حاضر با سایر نیم خط‌های عمود بر ساحل و نیز سال‌های دیگر (در اعماق کم تر از ۲۰ متر) در جدول ۴-۲، مورد مقایسه قرار گرفته است. بر اساس این جدول در سال ۱۳۹۲، حداکثر مقادیر کلروفیل و زی توده در سایر نیم خط‌ها نیز همانند نیم خط گهرباران به ترتیب در فصول پاییز و زمستان ثبت شد. بررسی گونه‌های غالب در سایر نیم خط نشان داد که الگوی تغییرات گونه‌های غالب در سایر نیم خط‌ها شباهت زیادی با مطالعه حاضر داشته است (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۵). در مقایسه بین سالی تفاوت زمان وقوع حداکثر میانگین پارامترهای مورد مطالعه در جدول ۴-۲، احتمالاً تحت تاثیر عدم ثبات در اکوسیستم دریای خزر در دهه‌ی اخیر از الگوی منظم و یکسانی تبعیت نکرد. چنانکه بر اساس مشاهدات میکروسکوپی، ترکیب گونه‌های غالب در هر یک از سال‌ها تغییر نمود (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۴a؛ مخلوق و همکاران، ۱۳۹۳). این نتایج اهمیت ترکیب گونه‌های غالب، شکل و اندازه آنها در میزان و نیز الگوی تغییرات زی توده، کلروفیل و نهایتاً تولیدات اولیه را نشان می دهد (Kozlowski, 2008).

جدول ۲-۴- تغییرات زمانی و مکانی میانگین (±SE) غلظت کلروفیل *a* (میلی گرم در مترمکعب) و زی توده (میلی گرم در مترمکعب) فیتوپلانکتون در سال‌های مختلف در سواحل ایرانی دریای خزر

پارامتر	نیم‌خط	سال												
		۱۳۹۳ ^۱			۱۳۹۳ ^۲			۱۳۹۳ ^۳			۱۳۹۳ ^۴			
		زمستان	پاییز	بهار	زمستان	پاییز	بهار	زمستان	پاییز	بهار	زمستان	پاییز	بهار	
کلروفیل	ایرآباد	۰/۸۹±۰/۱۹	۰/۹۱±۰/۲۸	۱/۳۶±۰/۴۱	۹/۷۹±۳/۳۸	۶/۴۷±۲/۴۳	۱/۸±۰/۱۰	۱/۳۰±۰/۲۰	۱/۱۴±۰/۱۴	۲/۸۷±۱/۱۰	۲/۰۶±۰/۹۴	۱/۱۲±۰/۲۱	۱/۳۰±۰/۲۰	۱/۳۰±۰/۲۰
	پابسر	۲/۳۷±۰/۱۶۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	نوشهر	۱/۸۱±۰/۹۲	۳/۱۸±۰/۹۴	۷/۳۶±۰/۸۸	-	-	۲/۰۶±۰/۹۴	۱/۱۲±۰/۲۱	۱/۱۴±۰/۱۴	۲/۰۶±۰/۹۴	۱/۱۲±۰/۲۱	۱/۳۰±۰/۲۰	۱/۳۰±۰/۲۰	
	تکابین	۲/۳۳±۰/۳۴	-	-	-	-	۸/۵۵±۹/۳۲	۱/۹۱±۰/۳۴	۱/۱۴±۰/۱۴	۲/۰۶±۰/۹۴	۱/۱۲±۰/۲۱	۱/۳۰±۰/۲۰	۱/۳۰±۰/۲۰	
	انزلی	۱/۸۰±۰/۳۰	۵/۴۵±۰/۷۳	۱۱/۴۳±۱/۲۰	-	-	۸/۵۵±۹/۳۲	۱/۹۱±۰/۳۴	۱/۱۴±۰/۱۴	۲/۰۶±۰/۹۴	۱/۱۲±۰/۲۱	۱/۳۰±۰/۲۰	۱/۳۰±۰/۲۰	
زی توده	ایرآباد	۸۳±۹۰	۱۶۹±۳۸	۲۹±۱۴	۳±۱۵	۱۱±۱۳	۳۶±۴۰	۹۴±۱۶	۷۱۴±۷۷	۲۶۰±۴۰	۳۶±۲۸	۳۶±۲۸	۳۶±۲۸	
	پابسر	۱۶۶±۳۰	-	۵±۱۲	۱۷۳±۲۱	۱۳۹±۶۱	-	-	-	-	-	-	-	
	نوشهر	۱۸۹±۲۹۵	۳۳±۱۲۱	۸۰±۲۱	۳۰۷±۱۲۹	۷۰±۳۴	۳۶±۲۸	۷۰±۲۵	۲۰۷±۳۷	۳۶±۲۸	۳۶±۲۸	۳۶±۲۸	۳۶±۲۸	
	تکابین	۲۲۷±۸۷۵	-	۷۴±۲۸	۲۸۳±۵۸	۳۳±۱۱	۲۷۱±۱۲۱	۳۶±۳۳	۳۷۲±۶۸	۲۷۱±۱۲۱	۲۷۱±۱۲۱	۲۷۱±۱۲۱	۲۷۱±۱۲۱	
	انزلی	۱۲۵±۴۱۹	۴۵۱±۱۱۰	-	-	-	۷۵۶±۳۲۱	۱۶۸±۶۳	۱۲۲±۳۵	۷۱۴±۷۷	۲۶۰±۴۰	۳۶±۲۸	۳۶±۲۸	

۱: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر- منتشر نشده؛ ۲: نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴b؛ ۳: اولادی، ۱۳۹۱؛ ۴: مخلوق و همکاران، ۱۳۹۳؛ ۵: مخلوق و همکاران، ۱۳۹۵

ضرایب و روابط بین کلروفیل و زی توده توسط محققین مختلف مورد تحقیق قرار گرفته‌است. چنانکه در APHA (۲۰۰۵)، بین ماده آلی جلبک و کلروفیل ضریب ۶۶/۷ ارائه شد و در مطالعه Catalan و Felip (۲۰۰۰) میزان کلروفیل طبق معادله‌ی $4.36 \times (\text{biovolume})^{0.66}$ تخمین زده شد. به منظور بررسی کارایی فرمول محاسبه کلروفیل در مطالعه حاضر (بر اساس وزن تر سلول)، میزان کلروفیل در گهرباران و یا در نزدیکی آن در سال‌های مختلف با روش‌های مختلف تعیین شد (جدول ۴-۳). از آنجایی که غلظت کلروفیل بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای به میزان زیادی با نتایج حاصل از نمونه‌برداری میدانی مطابقت داشت و بر درستی آزمایشات میدانی صحه گذاشت، لذا در اینجا از مقادیر کلروفیل میدانی به عنوان مقیاس استفاده شد. در جدول ۴-۴ گونه‌های غالب فیتوپلانکتون در هر یک از فصول سال‌های مورد بررسی آورده شده‌است.

جدول ۴-۳- مقایسه داده‌های کلروفیل (میلی گرم در مترمکعب) بدست آمده از روش‌های متفاوت در سال‌های مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران

سال	*روش محاسبه	فصل		
		بهار	تابستان	پایه زمستان
۱۳۸۹	۱			۱/۵
	۲			۲/۶
	۳			۵/۰
	۴			۵/۳
۱۳۹۰	۱		۱/۱	۰/۹
	۲		۰/۷	۲/۷
	۳		۰/۱	۰/۵
	۴		۰/۳	۱/۲
۱۳۹۱	۱	۱/۴	۹/۸	۴/۴
	۲	۰/۸	۰/۸	۲/۳
	۳	۰/۱	۰/۱	۰/۲
	۴	۰/۳	۰/۳	۰/۵
مطالعه حاضر	۱	۱/۱	۱/۳	۴/۶
	۲	۱/۳	۱/۷	۴/۳
	۳	۱/۳	۰/۳	۲/۱
	۴	۲/۱	۰/۸	۳/۰

* ۱- کلروفیل میدانی، ۲- کلروفیل محاسبه شده از فرمول استخراج شده از مطالعه حاضر، ۳- کلروفیل محاسبه شده از APHA (۲۰۰۵)، ۴- کلروفیل محاسبه شده با فرمول Catalan و Felip (۲۰۰۰).

جدول ۴-۴- فیتوپلانکتون‌های غالب در تراکم و زی توده در سال‌های مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران

پارامتر	سال	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
تراکم	۱۳۸۹				<i>Pseudonitzschia seriata, Cerataulina pelagica</i>
	۱۳۹۰		<i>Oscillatoria</i> sp., <i>Lyngbya</i> sp.	<i>Thalassionema nitzschioides, Binuclearia lauterborni</i>	
	۱۳۹۱	<i>Chaetoceros thronsenii, Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Chaetoceros thronsenii, Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	
	مطالعه حاضر	<i>Prorocentrum cordatum, Cyclotella meneghiniana, small size phytoplankton</i>	<i>Binuclearia lauterbornii</i>	<i>Thalassionema nitzschioides, Binuclearia lauterbornii</i>	<i>Pseudonitzschia seriata</i>
زی توده	۱۳۸۹				<i>Dactyliosolen fragilissima, Pseudonitzschia seriata, Cerataulina pelagica</i>
	۱۳۹۰		<i>Prorocentrum proximum, Peridinium trochoideum</i>	<i>Prorocentrum</i>	
	۱۳۹۱	<i>Prorocentrum, Goniaulax, Prorocentrum cordatum, Peridinium</i>	<i>Pseudosolenia calcaravis, Prorocentrum, Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Prorocentrum</i>	
	مطالعه حاضر	<i>Prorocentrum, Gyrosigma, Cyclotella meneghiniana, Coscinodiscus, Prorocentrum cordatum</i>	<i>Cyclotella meneghiniana, Prorocentrum, Gyrosigma</i>	<i>Prorocentrum, Thalassionema nitzschioides, Cyclotella meneghiniana, Prorocentrum cordatum</i>	<i>Pseudonitzschia seriata, Dactyliosolen fragilissima, Prorocentrum</i>

جمع‌بندی اطلاعات جداول ۴-۳ و ۴-۴، نشان می‌دهد که در بیشتر موارد کلروفیل محاسبه شده بر اساس فرمول حاصل از مطالعه حاضر (بر اساس وزن تر سلولی) کم‌ترین اختلاف را با داده‌های کلروفیل میدانی بخصوص در موارد دارای مشابهت در ترکیب گونه‌های غالب داشت. لذا فرمول‌های تجربی بدست آمده از داده‌های همان اکوسیستم نتایج نزدیک‌تر به واقعیت را نشان می‌دهند. ضمناً این یافته نیز مجدداً بر لزوم توجه به ترکیب گونه‌های غالب فیتوپلانکتون در استفاده کاربردی از مقادیر زی توده و کلروفیل (بعنوان مثال در تخمین تولیدات زنجیره‌های غذایی بعدی و تعیین پتانسیل شکوفایی جلبکی) تاکید می‌نماید.

مطالعه حاضر نشان داد که هر چند معمولاً رابطه مستقیمی بین غلظت کلروفیل *a* و زی توده هست ولی این دو پارامتر همیشه و در هر حال هم جهت نمی‌شوند. دلایل این رویداد به دو دسته علل طبیعی و غیرطبیعی تقسیم

می‌شوند. در مطالعه حاضر، دلایل طبیعی شامل عوامل مختلف از جمله دما، مواد مغذی و ترکیب گونه‌های غالب شد (جدول ۳-۴). خطاهای آزمایشگاهی در گروه عوامل غیرطبیعی جای می‌گیرند. بعنوان مثال زی توده مورد استفاده در تحقیق حاضر (وزن تر) از حاصلضرب حجم هندسی یک گونه در تراکم بدست آمد. بنابراین استفاده از حجم نادرست در محاسبات از منبع بروز خطا محسوب می‌شود. لذا استفاده از حجم سلولی بر اساس نمونه‌های مربوط به همان اکوسیستم همراه با افزایش دقت و کاهش خطای انسانی (از قبیل دقت در اندازه‌گیری) اعتبار سنجش کمی (quantity) را بالا برده و مقایسه نتایج را منطقی‌تر می‌نماید. تغییر در سطح ارتباط کلروفیل a و زی توده سبب می‌شود که در برآوردهای تک پارامتری، احتمال بروز خطا در تفسیر نتایج و مشاهدات میدانی غیرمنتظره زیاد شود. از این جهت استفاده از مقادیر زی توده (محاسبه شده از حجم سلول) در برآورد میزان تولیدات چه در محیط طبیعی و چه در فعالیتهای آبی پروری ممکن است منتج به مقادیر کاذب شود و در برآورد اقتصادی اختلال ایجاد کند. حتی استفاده از زی توده خشک (dry biomass) نیز بدلیل عواملی همچون وجود کربن آلی در بدن سایر موجودات (از قبیل موجودات هتروتروف و دتریت‌ها) دارای خطاهایی است (Marra, 1992). انتخاب فاکتور مناسب به تسهیلات و چگونگی انجام پروژه بستگی دارد. اما اگر نتایج چند فاکتور در یک تحقیق وجود داشته‌باشد، انتخاب فاکتور مناسب (زی توده یا کلروفیل) تحقیق را با چالش انتخاب فاکتور مناسب در برآورد تولیدات مواجه می‌نماید. در مورد تراکم هم برای مدت‌های طولانی تصور می‌شد که نماینده درستی از تولیدات است، در حالی که اکنون نقش مهم گروه‌های متشکل نیز در نظر گرفته می‌شود (Williams et al., 2003). در مطالعه سه ماهه (اکتبر تا دسامبر ۱۹۹۷) توسط Huot و همکاران (۲۰۰۷) در سواحل شیلی (غلظت کلروفیل از ۰/۰۲ تا ۳ میلی گرم در مترمکعب)، با بررسی معادلات تجربی حاصل از ارتباط حداکثر میزان فتوسنتز و تعدادی پارامترهای زیستی و غیرزیستی، غلظت کلروفیل را بعنوان مناسب‌ترین نماینده برای تعیین حداکثر فتوسنتز بیان نمودند. در حالی که Marra (۱۹۹۷) بیان نمود که کلروفیل اگرچه از اختصاصات موجودات اتوتروف است اما تولیدات روزانه ممکن است ارتباط کمی با کلروفیل نشان دهد. زیرا میزان کلروفیل در سلول در واقع یک کمیت دارای سازگاری است که می‌تواند در طی روز همراه با تغییرات شدت نور و مواد مغذی تغییر کند (Dickey et al., 1991). به هر حال باید پذیرفت که انتخاب هر فاکتور دارای مزایا و معایبی است.

بر اساس غلظت کلروفیل (میلی گرم در مترمکعب) در ماه‌های شهریور تا دی (۵-۲)، فروردین (۲) و گاه‌آسفند (۲) به عنوان زمان‌های بحرانی شکوفایی جلبک ثبت شدند که به میزان زیادی با نقاط شکوفایی بر اساس تراکم فیتوپلانکتون نیز مطابقت داشت (نمودار ۳-۱۱).. در بررسی مکانی در ماه‌های مهر تا آذر (۶-۴ میلی گرم-در مترمکعب) نقاط بحرانی وقوع شکوفایی جلبک (بر اساس غلظت کلروفیل) در لایه سطحی بارز بود. در شهریور ماه حدود ۳۵ درصد از نمونه‌ها بخصوص در عمق ۱۰ و ۱۵ متر میزان تراکم فیتوپلانکتون بیش از غلظت کلروفیل، موید وقوع احتمالی شکوفایی جلبکی بود. در سایر موارد ثبت احتمال شکوفایی بر اساس کلروفیل،

توسط میزان تراکم فیتوپلانکتون نیز تایید شدند. در این راستا، گونه‌های *Pseudonitzschia seriata* و *Binuclearia lauterbornii* بترتیب در فصول تابستان و زمستان در همه اعماق نمونه‌برداری و در پاییز *Thalassionema nitzschioides* در اعماق بیش از ۵ متر دارای پتانسیل متوسط (۱۰۰-۱۰۰۰ میلیون سلول در مترمکعب) در شکوفایی بودند. نکته قابل توجه، توانایی رشد و تکثیر شدید *Pseudonitzschia seriata* بر خلاف *Binuclearia lauterbornii* (فقط در لایه سطحی) در همه لایه‌ها می‌باشد. در فصل تابستان گروه ریز اندازه فیتوپلانکتون نیز به صورت موردی در لایه سطحی از عمق ۱۰ متر توانایی شکوفایی کم تراکم (۱۰-۱۰۰ میلیون سلول در مترمکعب) را نشان داد. این گروه برای نخستین بار در ماه‌های مربوط به فصول بهار و تابستان در سال ۱۳۹۱ در حوزه ایرانی دریای خزر شناسایی و معرفی شدند (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۳). این رویداد معمولاً انعکاسی از ورود مواد مغذی یا تامین آن از لایه‌های عمقی می‌باشد (Dahl et al., 2005; Greisberger et al., 2007). در فصل پاییز *Nitzschia acicularis* و *Pseudonitzschia seriata* بیشترین میزان وقوع در گروه شکوفایی کم تراکم را نشان دادند. در فصل بهار همه گونه‌های دارای پتانسیل شکوفایی در گروه کم تراکم طبقه‌بندی شدند. بطوریکه *Prorocentrum cordatum* دارای بیشترین درصد وقوع در لایه‌ها و اعماق مختلف بود. از نظر مکانی گونه‌های دارای پتانسیل شکوفایی در عمق ساحلی ۵ متر و عمق ۱۵ متر بترتیب بیشتر و کمتر از سایر اعماق شانس حضور داشتند. لازم به یادآوری است که شکوفایی طی مطالعه حاضر با شواهد چشمی و بروز کشند همراه نبوده است. لذا محدوده تراکم شکوفایی غالباً در گروه کم تراکم (۱۰-۱۰۰ میلیون سلول در مترمکعب) و گاه‌ها متوسط تراکم (۱۰۰-۱۰۰۰ میلیون سلول در مترمکعب) طبقه‌بندی شد. در حالی که در مطالعه بر روی نمونه‌های آب به هنگام شکوفایی *Nodularia spumigena* با شواهد چشمی و بروز کشند شیری نشان داد که در سال ۱۳۸۴ (در سواحل مازندران) و ۱۳۸۸ تراکم رشته‌ها به ترتیب ۱۱۲۰۰۰ و ۵۸۳۰ میلیون سلول در مترمکعب بود و این در حالی بود که گونه‌ی فوق بیش از ۹۸ درصد از تراکم فیتوپلانکتون را تشکیل داد (Nasrollahzadeh et al., 2011). چنانکه بررسی تراکم جلبک به هنگام بروز کشند در آبهای ساحلی کشور کره جنوبی نیز نشان داد در اولین مرحله از بروز کشند در سال‌های پیش از ۱۹۸۰ میلادی تعداد سلول‌ها به هنگام بروز کشند در نقاط محدود حدود ۱۰۰۰ سلول میلیون سلول در مترمکعب بود در حالی که با گسترش کشند در سال‌های بعد محدوده تراکم سلولی افزایش یافت بطوری که در سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۹۳ به ۳۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ میلیون سلول در مترمکعب رسید (Lee et al., 2002).

برای انطباق بین نتایج بدست آمده از غلظت کلروفیل و تراکم فیتوپلانکتون مبنی بر وقوع یا عدم وقوع شکوفایی لازم است که چگونگی شکل‌گیری جمعیت فیتوپلانکتونی مورد بررسی قرار گیرد. بعنوان مثال در فصل پاییز شاخه باسیلاریوفیتا حدود ۷۹ درصد تراکم را شامل شدند (جدول ۳-۱). در حالیکه در مدل‌های بدست آمده از رگراسیون بین کلروفیل و تراکم شاخه‌های غالب، برای شاخه باسیلاریوفیتا ضریب موثری بدست نیامد (جدول ۳-۵). بررسی نشان داد که در پاییز و نیز فصل بهار در تشکیل بخش عمده تراکم فیتوپلانکتون (۷۰ درصد) چند

گونه مشارکت داشتند در حالی که در فصول تابستان و زمستان فقط یک گونه بیش از ۷۰ درصد از تراکم فیتوپلانکتون را شامل شد. به این ترتیب شکوفایی جلبکی تعیین شده بر اساس کلروفیل در صورتی با نتایج شکوفایی بر اساس تراکم فیتوپلانکتون منطبق است که یک گونه فیتوپلانکتونی عمده تراکم فیتوپلانکتون (بیش از ۷۰ درصد) را شامل شود. به عبارت دیگر تعیین شکوفایی جلبکی صرفاً بر اساس اعداد تراکم فیتوپلانکتون و یا غلظت کلروفیل ممکن است با هم مغایرت داشته باشند. در همین راستا در بسیاری از مطالعات مربوط به تعیین شکوفایی و افت کیفیت آب علاوه بر افزایش پارامتر مورد بررسی (کلروفیل، تراکم و زی توده) درصد فراوانی وقوع نیز مورد توجه قرار می‌گیرد (Revilla et al., 2009). چنانکه مطالعه حاضر نیز نشان داد در فصل پاییز کیفیت آب طبق رتبه عددی بر اساس "میانگین‌های تراکم، زی توده و کلروفیل" بهتر از کیفیت آب بر اساس رتبه عددی "درصد فراوانی وقوع" بود (جدول ۳-۸) و این امر سبب کاهش متوسط رتبه‌های عددی نهایی و در نتیجه کاهش کیفیت آب شد. چنانکه در دستورالعمل اتحادیه اروپا در استفاده از فیتوپلانکتون برای تعیین کیفیت آب (شامل آبهای سطحی و سواحل دریایی) شاخص‌های تراکم، زی توده، ترکیب گونه‌ای و وقوع شکوفایی (شدت و فراوانی شکوفایی) مورد توجه قرار گرفت (OJEC, 2000).

نکته قابل ذکر آن است که علی‌رغم محاسبه چندپارامتری کیفیت آب در تصمیم نهایی برای تعیین کیفیت آب، بررسی نتایج در سطح گونه و نیز تاریخچه گونه‌های فیتوپلانکتون در منطقه نیز اهمیت دارد. به عبارت دیگر ترکیب گونه‌ای، نوع گونه غالب، لیست گونه‌های بومی و مهاجم باید در نظر گرفته شوند. بعنوان مثال در فصل پاییز اگرچه اعداد بدست آمده از جدول ۳-۸ نشان می‌دهند که در پاییز شدت شکوفایی نسبتاً بالا و کیفیت آب پایین (متوسط-ضعیف) بود ولی بررسی گونه‌ای نشان می‌دهد که در فصل پاییز الگوی گونه‌های غالب بیش از یک گونه را شامل شد و معمولاً توزیع متناسب تراکم در بین گونه‌های غالب (افزایش یکنواختی) نشانه‌ای از ثبات و کیفیت خوب محیط است (Hellawell, 1986). همچنین افزایش گونه‌ی *Thalassionema nitzschioides* در پاییز (بعنوان گونه بومی و دارای نقش سودمند تغذیه‌ای در زنجیره غذایی (پورغلام و همکاران، ۱۳۷۴)) که بالاترین درصد تراکم را نیز بدست آورد بعنوان علامتی دیگری از بهبود شرایط محیط و افزایش کیفیت آب محسوب می‌شود (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۴a; Makhloogh et al., 2017). این تاریخچه نقش مهمی در رای نهایی در مورد کیفیت آب دارد. در مجموع با توجه به این شواهد می‌توان گفت که این فصل پتانسیل و کیفیت مناسبی را برای تولید انرژی در زنجیره غذایی دارا بود. در حالی که در فصل زمستان تراکم و زی توده فیتوپلانکتون عمدتاً از *Pseudonitzschia seriata* با خصوصیات توانایی تولید سم و مهاجم (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۴a) شکل گرفت. لذا نتایج کیفیت آب در زمستان (جدول ۳-۸) و نیز فصول دیگر توسط اطلاعات بدست آمده از گونه غالب نیز تایید می‌شود. چنانکه Borja و همکاران (۲۰۰۴) نیز در محاسبه نهایی کیفیت آب، ضریبی را برای تراکم گونه‌های مضر و مهاجم در نظر گرفتند.

بررسی کیفیت آب که در بالا به آن پرداخته شد تا حد زیادی در چشم‌اندازهای زیست محیطی کاربرد دارد. اما در ارتباط با پرورش ماهی سوالات دیگری نیز مطرح می‌گردد. اولاً، آیا بر اساس نتایج بدست آمده کیفیت آب برای پرورش ماهی مناسب است؟ ثانیاً، در صورت استقرار سازه های پرورش ماهی تغییر کیفیت آب چگونه خواهد بود؟

در پاسخ به سوال نخست نمی‌توان عدد و معیار یکسان برای همه اکوسیستم‌ها ارائه نمود. بعنوان مثال تحقیق انجام شده توسط Kapetsky و Aguilar-Manjarrez (۲۰۰۷) در سازه‌های دریایی پرورش ماهیان گرم‌آبی و صدف نرم‌تنان نشان داد که رشد موجودات پرورشی در غلظت کلروفیل کم‌تر از 1 mg/m^3 ناچیز بود و در غلظت کلروفیل بین ۱ تا ۸ میلی‌گرم در مترمکعب رشد افزایش یافت. اما نتایج افزایش غلظت کلروفیل در مقادیر بیش از ۸ میلی‌گرم در مترمکعب مشخص نشد. در واقع لازم است که تعیین ظرفیت پرورش ماهی با توجه به خصوصیات هیدرولوژیکی و هیدروگرافی هر اکوسیستم (بعنوان مثال دریای خزر) و نیز با توجه به فرآیندهای داخلی مواد مغذی از قبیل مصرف توسط جلبک‌ها، تعلیق مجدد مواد ریز و نیز جذب توسط بیوفیلم‌های متصل به تور در دفعات مختلف و متوالی از فرآیند پرورش ماهی انجام پذیرد. به این ترتیب اعداد و ارقامی از مواد مغذی و نیز کلروفیل که هم رشد موجودات پرورشی را تامین کند و هم کیفیت آب را حفظ نماید بدست خواهد آمد (Jelic-Mrcelic & Sliskovic, 2013). در ارتباط با سوال دوم، مطالعات زیادی در کشورهای دارای سابقه آبی‌پروری دریایی در زمینه اثر پرورش ماهی بر غلظت مواد مغذی، کلروفیل، تولیدات اولیه، پر غذایی (یوتریفیکاسیون) و شکوفایی جلبکی بخصوص جلبک‌های مضر صورت گرفته است. نتایج بدست آمده اگر چه بسیار متنوع بود ولی در دو گروه قابل طبقه‌بندی بود. گروه اول از نتایج بیانگر عدم بروز اثرات مشخص و معنی‌دار افزایش مواد مغذی و در پی آن افزایش کلروفیل و تولیدات اولیه بودند. این اکوسیستم‌ها عموماً اولیگوتروف بودند و یا در زنجیره غذایی آنها تراکم مناسبی از موجودات فیتوپلانکتون‌خوار برای کاهش فیتوپلانکتون وجود داشت. سرعت و جریان آب مناسب بود بطوری‌که مواد مغذی بسرعت از محیط خارج شدند. ضمن آنکه سازه‌های پرورش ماهی در اعماق بیش از ۱۵ متر (۹۴-۱۵ متر) مستقر بودند. اما گروه دوم از نتایج بیانگر اثرات معنی‌دار پرورش ماهی بر افزایش مواد مغذی و کلروفیل بود. بعنوان مثال مطالعه در بخش نیمه بسته جنوب دریای چین در محل پرورش ماهی، کلروفیل تا $11/7$ میلی‌گرم در مترمکعب افزایش یافت که حدوداً ۳ برابر مکان‌های دیگر آن ($3/8 \text{ mg/m}^3$) بود. اما نکته مهم در این گروه از نتایج آن بود که علی‌رغم تغییرات معنی‌دار از پارامترهای فوق، افزایش بیش از ظرفیت اکوسیستم نبود و کم‌تر از مقیاس‌های استاندارد تعیین شده برای وقوع یوتریفیکاسیون بوده است. لذا در تعداد زیادی از این مزارع افزایش پارامترهای فوق دارای اثرات نامطلوب نبود. در این اکوسیستم‌ها احتمالاً مصرف سریع مواد مغذی توسط فیتوپلانکتون و انتقال به حلقه‌های بالاتر از زنجیره غذایی مانع بروز پر غذایی (یوتریفیکاسیون) شد. به هر حال پیشنهاد شد که از استقرار سازه‌های پرورش ماهی در مکان‌های دارای سابقه شکوفایی جلبکی مضر، میزان کم از تعویض آب و نیز دارای

ورودی مقادیر فراوان مواد مغذی، خودداری شود (Price et al., 2015). با توجه به جدول ۲-۱ بعنوان مقیاس سطوح تروفیکی بر اساس کلروفیل در محیط دریایی (Vollenweider & Kerekes, 1982; OECD, 1982) و نیز طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس داده‌های منطقه‌ای کلروفیل (جدول ۳-۷) در دریای خزر تقریباً سطوح تروفیکی اولیگوتروف تا اولیگو- مزوتروف با کیفیت عالی تا خوب مطابقت داشت و سطوح تروفیکی مزوتروف تا یوتروف در گروه متوسط تا ضعیف جای گرفتند. به این ترتیب، احتمالاً روند افزایشی مقادیر کلروفیل بیش از ۲/۸ میلی گرم در مترمکعب (تقریباً معادل مزوتروف) بعنوان نقاط کاهش کیفیت بسوی متوسط و ضعیف می‌باشند. به عبارت دیگر با توجه به طبقه‌بندی Giovanardi و همکاران (۲۰۰۲) از مزوتروف به بعد میزان تولیدات اولیه در محیط از سطح متوسط بالاتر می‌رود، بطوریکه با ادامه این روند ممکن است به یوتریفیکاسیون و شکوفایی جلبک ختم شود. مطالعه نصراله زاده و همکاران (۱۳۹۵) نیز نشان داد که در دریای خزر مقدار کلروفیل از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ با سطح تروفیکی مزوتروف (البته در زمان‌های غیر از شکوفایی جلبکی بصورت کشند شیری) از ۲/۱۴ تا ۲/۱۹ میلی گرم در مترمکعب متغیر بود ولی به هنگام شکوفایی و در وضعیت یوتروف، مقدار کلروفیل به ۳۵ میلی گرم در مترمکعب نیز رسید (CEP, 2006). بعنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان در منطقه مورد مطالعه میزان کلروفیل بیش از حدود ۱/۷ (میان‌ه غلظت کلروفیل در مطالعه حاضر) تا ۲/۸ (غلظت کلروفیل در ابتدای محدوده مزوتروفیک معادل با کیفیت متوسط آب در مطالعه حاضر) را بعنوان زنگ خطر اولیه شکوفایی جلبکی و بااهمیت برای مدیریت پرورش ماهی دانست. البته همان‌طور که پیش از این نیز گفته شد، این در صورتی است که الگوی گونه غالب فیتوپلانکتون به نحوی باشد که بیش از ۷۰ درصد آن را فقط یک گونه و بخصوص گونه مضر تشکیل دهد. زیرا افزایش کلروفیل در اکوسیستمی که الگوی گونه‌های غالب آن را گونه‌های مختلف بخصوص ماکول شکل دهد، چه بسا که در ایجاد چرخه مطلوب در زنجیره غذایی سودمند و کارآ باشد (Price et al., 2015).

۵- نتیجه‌گیری نهایی

تعیین ضرایب بین زی توده و کلروفیل از طریق معادلات تجربی در اکوسیستم و در صورت امکان تطابق آن با داده‌های ماهواره‌ای سبب افزایش دقت و درستی اطلاعات آزمایشگاهی می‌شود. با توجه به نقش مهم و متفاوت فیتوپلانکتون در اکوسیستم‌های آبی، در برآورد تولیدات اولیه، پیش‌بینی شکوفایی جلبکی و تعیین کیفیت آب باید برآیندی از عوامل مختلف شامل پارامترهای کلروفیل *a*، زی توده و تراکم کل فیتوپلانکتون، اختصاصات گونه‌های غالب فیتوپلانکتون از قبیل شکل، اندازه و صفات بیولوژیکی و اکولوژیکی همزمان مورد توجه قرار گیرند. در مطالعه حاضر حد آستانه شکوفایی بر اساس پارامترهای مختلف یعنی مقادیر کلروفیل *a*، تراکم و زی توده کل فیتوپلانکتون در سال مورد مطالعه تعیین شد. بطوری که تراکم بیش از ۲۰۰ میلیون سلول در مترمکعب، زی توده بیش از ۵۱۲ میلی گرم در مترمکعب و کلروفیل بیش از ۱/۷ میلی گرم در مترمکعب بعنوان شکوفایی در نظر گرفته شدند. در این مطالعه حداقل تراکم گونه به هنگام شکوفایی ۱۰ میلیون سلول در مترمکعب تعیین شد. همچنین در شکوفایی تک گونه ای میزان مشارکت گونه مورد نظر حداقل ۷۰ درصد از تراکم فیتوپلانکتون را شامل شد. ضمن آنکه برای تایید شکوفایی جلبک در مقطع زمانی یا مکانی معین لازم است که حداقل ۲۰ درصد از نمونه‌های جمع آوری شده دارای شرایط شکوفایی باشند. با رتبه‌بندی نتایج بدست آمده از میانگین فصلی تراکم و زی توده و میانه کلروفیل، بیشترین شدت و توزیع شکوفایی جلبک (بیش از ۵۰ درصد) در پاییز و زمستان ثبت شد ولی با توجه به الگوی گونه‌های غالب فیتوپلانکتون و درصد مشارکت آنها، پایین‌ترین سطح کیفیت آب (متوسط-ضعیف) مربوط به فصل زمستان بود.

پیشنهادها

- امکان دسترسی مناسب به داده‌های ماهواره‌ای
- اندازه‌گیری میدانی تولیدات اولیه و تعیین فتوسنتز
- تعیین وزن خشک و کربن فیتوپلانکتون
- مدل‌سازی آماری و ریاضی شکوفایی جلبکی و تعیین ظرفیت پرورش ماهی (با حفظ کیفیت آب) در دریای خزر با ایجاد بانک اطلاعاتی پارامترهای زیستی و غیرزیستی و انجام نمونه‌برداری منظم ماهانه

منابع

- اولادی، ا.، ۱۳۹۱. پراکنش و فراوانی کلروفیل *a* با استفاده از تکنیک RS در سواحل جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۱، پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی. ۸۱ صفحه.
- فارابی، س.م. و پورغلام، ر.، نصراله زاده ساروی، ح.، نادری، م.، مخلوق، آ.، واردی، س.ا.، واحدی، ف.، غلامی پور، س.، سلیمان رودی، ع.، یونسی پور، ح.، آذری، ح.، صفری، ر.، نجف پور، ش.، علوم، ی.، احمدی نژاد، ا.، کیهان ثانی، ع.ر.، نصراله تبار، ع.، کاردر رستمی، م. و ریسیان، ا. ۱۳۸۸. پروژه بررسی اثرات سیستم های خنک کننده و پساب نیروگاه شهید سلیمی نکاء بر محیط زیست و آبریزان دریای خزر. پژوهشکده اکولوژی آبریزان دریای خزر، اداره کل محیط زیست استان مازندران. ۱۲۸ صفحه.
- فندرسکی، ف.، ۱۳۹۲. مرز بندی اکوسیستم آب های سطحی دریای خزر با استفاده از شبکه های عصبی و اطلاعات ماهواره ای و اندازه گیری میدانی، پایان نامه دکتری در رشته شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده شیلات و محیط زیست، ۱۷۹ صفحه.
- غیاثوند، ا. ۱۳۸۷. کاربرد آمار و نرم افزار SPSS در تحلیل داده ها. تهران: نشر لویه. ۲۶۴ صفحه.
- لالویی، ف. ۱۳۷۴. پروژه بررسی اثرات زیست محیطی نیروگاه شهید سلیمی نکا در سال ۱۳۷۰، سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران، پژوهشکده اکولوژی آبریزان دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۳۴ صفحه.
- مخلوق، آ.، پورغلام، ر.، نصراله زاده ساروی، ح.، افراپی، م.ع.، روحی، ا.، تهامی، ف.س.، کیهان ثانی، ع.ر.، خداپرست، ن.، نصراله تبار، ع.، صفوی، س.ا.، رضایی، م. و ابراهیم زاده، م. ۱۳۹۳. بررسی تراکم و تنوع فیتوپلانکتون با تاکید بر پتانسیل شکوفایی جلبکی در حوضه جنوبی دریای خزر- استان مازندران. موسسه تحقیقات شیلات کشور، شماره مصوب: ۹۱۰۰۲-۹۱۵۷-۱۲-۷۶-۱۴، ۷۹ صفحه.
- مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، کیهان ثانی، ع.ر. و خداپرست، ن. ۱۳۹۴. مطالعه همبستگی بین مواد مغذی رسوب و شکوفایی جلبکی و تاثیر آن ب صنعت آبرزی پروری در حوضه جنوبی دریای خزر. همایش ملی- منطقه ای آبرزی پروری ماهیان دریایی، اهواز، صفحات ۳۲۵-۳۲۲.
- مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، روحی، ا.، تهامی، ف.س.، کیهان ثانی، ع.ر.، خداپرست، ن.، رضایی، م.، ابراهیم زاده، م.، واحدی، ف.، علوم، ی.، علوی، ا.س.، صفوی، س.ا. و مخیر، ز. ۱۳۹۵. بررسی تراکم و دینامیک جمعیت فیتوپلانکتون با تاکید بر پدیده شکوفایی جلبکی در منطقه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)، موسسه تحقیقات شیلات کشور، شماره مصوب: ۹۱۰۰۱-۹۱۲۵-۱۲-۷۶-۱۲، ۸۷ صفحه.
- نصراله زاده ساروی، ح. و حسینی، س.ع. ۱۳۸۳. بررسی میزان همبستگی تغییرات کلروفیل *a* و عامل شفافیت در حوضه جنوبی دریای خزر، بولتن علمی شیلات ایران، ۱(۱۳)، صفحات ۲۰۰-۱۹۱.

- نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.، کیهان ثانی، ع. و گل آقایی، م. ۱۳۹۴ا. مطالعه وضعیت ثبات و اغتشاش در اکوسیستم دریای خزر (سواحل ایران) بر اساس الگوی ساختاری فیتوپلانکتون. مجله علمی-پژوهشی زیست‌شناسی دریا، اهواز. ۷(۲۶)، صفحات ۴۴-۲۷.
- نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، روشن طبری، م.، تهامی، ف.س. و هاشمیان، س.ع. ۱۳۹۴ب. هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۹)، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۱۹۴ صفحه.
- نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، نجف پور، ش.، پورنگ، ن. و رمضانپور، ز. ۱۳۹۵. طرح پایش شکوفایی جلبکی در منطقه جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۸۷ صفحه.
- نصیری، ر. ۱۳۸۸. آموزش گام به گام SPSS17، تهران: مرکز فرهنگی نشر گستر. ۳۴۴ صفحه.
- Anderson, L. D. Delaney, M. L. and Faul, K. L. 2010. Carbon to phosphorus ratios in sediments: implications for nutrient cycling. *Global Biogeochem. Cycles*, 15:65-79.
- APHA (American Public Health Association), 2005. Standard method for examination of water and wastewater. Washington. USA: American Public Health Association Publisher, 18th edition, 1113 pp.
- Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Makaremi, M., Maznah, W. and Negarestan, H., 2012a. Phytoplankton Species Composition and Abundance in the Southwestern Caspian Sea. *Ekoloji*, 21(83): 32-43.
- Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Wan Maznah, W.O. and Babaei, H. 2012b. Temporal distribution of phytoplankton in the southwestern Caspian Sea during 2009-2010: A comparison with previous surveys. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92:1243-1255.
- Borja, A., Franco, J., Valencia, V., Bald, J., Muxika, I., Belzunce, M.J., Solaun, O., 2004. Implementation of the European water framework directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach. *Marine Pollution Bulletin*, 48:209-218.
- Caron, D.A., Garneau, M.E., Seubert, E., Howard, M.D.A., Darjani, L., Schnetzer, A., Cetinic, I., Filteau, G., Lauri, P., Jones, B. and Trussell, S., 2010. Harmful Algae and their potential impacts on desalination operations off southern California, *Water research*, 44:385- 416.
- CEP (Caspian Environment Programme)-HAB (Harmful Algal Bloom), 2006. A Study on the Harmful Algal Bloom in the Southwestern Basin of the Caspian Sea. Available from: [http://www.caspianenvironment.org/newsite/DocCenter/Contract%](http://www.caspianenvironment.org/newsite/DocCenter/Contract%20). Accessed July 17, 2007.
- Chorus, I. and Bartram, J. 1999. Toxic cyanobacteria in water, A guide to their public health consequences, monitoring and management. London: UK. E & FN Son, 400 pp.
- Dahl, E., Bagoien, E., B. Edvardsen and N.C. Stenseth. 2005. The dynamics of *Chrysochromulina* species in the Skagerrak in relation to environmental conditions. *Journal of Sea Research*, 54(1):15-24.
- Damar, A. 2003. Effects of Enrichment on Nutrient Dynamics, Phytoplankton Dynamics and Productivity in Indonesian Tropical Waters: A Comparison Between Jakarta Bay, Lampung Bay and Semangka Bay, Ph.D thesis University of Kiel, Germany, 196pp.
- Darecki, M. and Stramski, D., 2004. An evaluation of MODIS and SeaWiFS biooptical algorithms in the Baltic Sea. *Remote Sensing of Environment*, 89:326-350.
- Dickey, T., Marra, J. and Granata, T., 1991. Concurrent high resolution bio-optical and physical time series observation in the Sargasso Sea during spring 1987. *Journal Geophysical Research*, 95:8643-63.
- Felip, M. and Catalan, J., 2000. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima, *Journal of Plankton Research*, 22(1):91-105.
- Giovanardi, F., Cicero, A.M., Ferrari, C.R., Magaletti, E., Romano, E., Rinaldi, A., 2002. Interrelationships between trophic index (TRIX) and productivity indicators in Italian marine-coastal waters: a tool for water quality evaluation and management. In: Brebia, C.A. (Ed.), *Environment Problems in Coastal Regions IV*. Wit-Press, Southampton, Boston, Greece, pp. 380-389 (Final Proceedings of the International Conference, Rhodes Island).

- Greisberger, S., Dokullil, M. T. and Teubner, K. 2007. A comparison of phytoplankton size-fractions in Mondsee, an alpine lake in Austria: distribution, pigment composition and primary production rates. *Aquatic Ecology*, 42:379–389.
- Lee, S.G., Kim, H.G., Cho, E.S. and Lee, C.K., 2002., Harmful algal blooms (red tides): Management and mitigation in the Republic of Korea (HAB-Korea), https://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report23/HAB_Korea.pdf, last accessed January 2014, pp. 7.
- Habit, R.N. and Pankow, H. , 1976. *Algenflora der Ostsee II, Plankton*. Gustav Fischer Verlag, Germany: Jena University Rostock Publication. 385 pp.
- Hartley, B.H.G., Barber, J.R.C. and Sims, P.1996. *An Atlas of British Diatoms*. UK: Biopress Limited, Bristol.601 pp.
- Hellowell, J.M., 1986. *Biological indicators of freshwaters pollution and environmental management*. Elsevier Applied Science Publishers London and New York.518pp.
- Huot, Y., Babin, M., Bruyant, F., Grob, C., Twardowski, MS. and Claustre, H. 2007. Does chlorophyll a provide the best index of phytoplankton biomass for primary productivity studies?. *Biogeosciences Discussions*, European Geosciences Union, 2007, 4(2):707-745.
- Jamalomidi, m., 2013. Temporal changes of surface chlorophyll in south of Caspian Sea based on data gained by MODIS of Aquasatellite, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5 (12):1269-1275.
- Jelic Mrcelic, G. and Sliskovic, M. 2013. The evaluation of fish farming impact by nutrient content and chlorophyll- a in Mala Lamljana Bay, *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 65(2):567-570, DOI:10.2298/ABS1302567J.
- Jhingran, V.G. 1987. *Introduction to aquaculture*, United Nations Development Programme Food and Agriculture Organization of the United Nations Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research Project RAF/82/009.
- Longhurst, A.R. and Harrison, W.G. (1989) *The biological pump: profiles of plankton production and consumption in the upper ocean*. *Progress Oceanography*, 22:47–123.
- Kapetsky, J.M. and Aguilar-Manjarrez, J., 2007. *Geographic Information Systems, Remote Sensing and Mapping for the Development and Management of Marine Aquaculture*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, P. 125.
- Karpinsky, MG., Katunin, DN., Goryunova, VB. And Shiganova, TA. 2005. *Biological Features and Resources*, In *Handbook of Environmental Chemistry Vol. 5, Part P*, DOI 10.1007/698_5_010, Springer-Verlag Berlin Heidelberg), pp. 191–210.
- Kideys, A.E., Roohi, A., Develi, E.E., Elin, F.E. and Beare, D., 2008. Increased Chlorophyll Levels in the Southern Caspian Sea Following an Invasion of Jellyfish, *Hindawi Publishing Corporation Research Letters in Ecology*, Article ID 185642, doi:10.1155/2008/185642, 4 pages.
- Kononen, K., Huttunen, M., Haellfors, S., Gentien, P., Lunven, M., Huttula, T., Laanemets, J., Lilover, M., Pavelson, J., Stips, A., 2003, Development of a deep chlorophyll maximum of *Heterocapsa triquetra* Ehrenb. at the entrance to the Gulf of Finland. *Limnol. Oceanogr.*, 48, pp. 594-607.
- Kozlowski, W.A. 2008. *Pigment derived phytoplankton composition along the western Antarctic Peninsula*, Master of Science thesis, San Diego State University, P. 141.
- Makhloogh, A., Nasrollahzadeh Saravi, H., Eslami, H. and S. A. G. Leroy., 2017. Changes in Size and Form in the Dominant Phytoplankton Species in the Southern of Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(2):522-536.
- Marra, J., 1992. Diurnal variability in chlorophyll fluorescence: observations and modelling. *Proceedings of SPIE, Ocean Optics*, XI (1750): 233-244.
- Montagnes, D.J.S., Berges, J.A., Harrison, P.J. and Taylor, F.J.M., 1994. Estimating carbon, nitrogen, protein, and chlorophyll from volume in marine-phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 39:1578-1578.
- Montagnes, D.J.S., and Franklin, D.J., 2001. Effect of temperature on diatom volume, growth rate, and carbon and nitrogen content: reconsidering some paradigms. *Limnology and Oceanography* 46: 2008-2018.
- Nasrollahzadeh, H. S., Z. B. Din. S. Y. Foong and A. Makhloogh. 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*, 28:1153– 1165.
- Nasrollahzadeh, H.S, Makhloogh, A, Pourgholam, R, Vahedi, F, Qanqermeh, A, Foong, S.Y. 2011. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the southern Caspian Sea, *Applied Ecology and Environmental Research*, 1623: 141-155.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1982. *Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control*. OECD Publication, Paris.154pp.

- OJEC (Official Journal of the European Communities), 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. 22.12.2000, L327. 72 pp.
- Nordvang, L., 2001. Predictive models and eutrophication effects of fish farms. Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 602. 44 pp. Uppsala. ISBN 91-554-4932-8.
- Paerl, H. W., 1988. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine, and inland waters. Limnology and Oceanography. 33: 823-847
- Price, C., Black, K.D., Hargrave, B.T. and Morris Jr. J.A. 2015. Marine cage culture and the environment: Effects on water quality and primary production. Aquaculture Environment Interactions, 6:151–174.
- Proshkina-Lavrenko, A.I. and Makarova, I.V., 1968. Plankton Algae of the Caspian Sea. Leningrad, Nauka: L. Science. 291 pp. (In Russa)
- Qiuhua, L., Lihai, S., Tingjing, G., Lei, Z., Teng, O., Guojia, H., Chuan, C. and Cunxiong, L., 2014. Use of principal component scores in multiple linear regression models for simulation of chlorophyll-a and phytoplankton abundance at a karst deep reservoir, southwest of China. Acta Ecologica Sinica, 34(1):72-78.
- Reilly, JEOR. and Zetlin. C., 1998. SeaSonal, horizontal, and vertical distribution of phytoplankton chlorophyll a in the northeast U.S. continental shelf ecosystem. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 139, 119 p.
- Revilla, M., Franco, J., Bald, J., Borja, A., Seoane and S. and Valencia, V. 2009. Assessment of the phytoplankton ecological status in the Basque coast (northern Spain) according to the European Water Framework Directive. Journal of Sea Research, 61:60–67.
- Reynolds, C.S., 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. UK. 551 pp.
- Ribalta, E.T., 2012. Novel approach to improve the assessment of biodiversity of phytoplankton communities based on hyperspectral data analysis, PhD thesis, Unversity Politecnica de Catalunya BarcelonaTech, P.182.
- Sapozhnikov, V.N., Agativa, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij V.L. and Bandarikov, E.A. 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia. 105P.
- Schmidt, M. and Schaechter, M. 2011. Topics in Ecological and Environmental Microbiology, 1st Edition, Imprint: Academic Press, eBook ISBN :9780123838797, ISBN :9780123838780, 774p. Science News, 2002, 162 (22), p344.
- Stirling, H.P. and Dey, T. 1990. Impact of intensive cage fish farming on the phytoplankton and periphyton of a Scottish freshwater loch, Hydrobiologia 190:193-214.
- Tamadoni, J., Othman, A.S., Saraji, F., Abdolalian, E., Moezzi, m., Roohani, K., Hamzehee, S. and Sadeghi, R., 2011. Identification and molecular phylogeny of the dinoflagellate (Cochlodinium polykricoides) from Persian Gulf. International Journal of Review Life and Science, 1(4):193-200.
- Taylor, C.G.N.M., Madsen, H. and Mohamed, G.H. 1995. Data handling and biostatistics: Use of SPSS for Windows, University of Cambridge, PP.196.
- Thomalla, S.J., Fauchereau, N., Swart, S. and Monterio, P.M.S. 2011. Regional scale characteristics of the seasonal cycle of chlorophyll in the Southern Ocean. Biogeosciences, 8: 2849-2866.
- Tomas, R.C., 1997. Identifying marine phytoplankton. London: Publication Harcourt Brace Company. 858 pp.
- Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. Marine Chemistry, 10:109–122.
- Wetzel, R.G. and Likens, G.E., 2000. Limnological Analyses. New York: Springer-Verlag. PP.429
- Vollenweider, R.A., Kerekes, J. (Eds.), 1982. Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control. Report of the OECD Cooperative Programme on Eutrophication. Organisation for the Economic Development and Co-operation, Paris. 154pp.
- Williams, P.J.B. Thomas, D.N and Reynolds, C.S., 2003. Phytoplankton productivity: Carbon assimilation in marine and freshwater ecosystems. Blackwell Science Ltd, USA, 386pp.

Abstract

Concentration of chlorophyll-*a* and quantitative feature of phytoplankton are major concern in primary production estimation and prediction of probably algal blooms in aquatic ecosystems. The subject has important role in development and sustainable exploitation of marine culture. The goals of the project are study of chlorophyll-*a* concentration changes and its relations to variations of phytoplankton community structure parameters and abiotic factors (environmental and nutrients matters) in the costal waters of the Caspian Sea-Goharbaran region during 2013-2014. Monthly water samples were collected from different layers (surface, 5 and 10m) and depths (5, 10 and 15 m). The minimum mean (\pm SE) of abundance and biomass reported in spring (39 ± 9 million cells/m³) and summer (94 ± 40 mg/m³) respectively. The results showed maximum abundance (553 ± 58 million cells/m³) and biomass (1209 ± 106 mg/m³) in winter season. The minimum and maximum mean (\pm SE) values of chlorophyll-*a* recorded in spring (0.60 ± 0.05) and autumn (4.56 ± 0.23) mg/m³, respectively. The changes trend of field chlorophyll-*a* concentration was confirmed by satelit data. Bacillariophyta showed the highest percent abundance in all seasons except in summer which it was for chlorophyta phylum. Pyrrophyta was the second dominant phylum in winter as well as spring; however its contribution in phytoplankton abundance of winter was low. The first dominant abundance species in spring, summer, fall and winter were *Prorocentrum cordatum*, *Binuclearia lauterbornii*, *Thalassionema nitzschioides* and *Pseudonitzschia seriata* respectively. Based on the results the species of *Prorocentrum (scutellum+proximum+obtusum)* in spring and fall seasons, *Cyclotella meneghiniana* in summer and *Pseudonitzschia seriata* in winter showed the highest role in phytoplankton biomass forming.

chlorophyll-*a* concentration showed significant Pearson correlations with biomass of total phytoplankton, bacillariophyta, pyrrophyta and chlorophyta phyla, dominant species, size cells of dominant species, water temperature, clearancy, nutrients matters. The study showed that chlorophyll-*a* cells content of winter dominant species was lower than fall dominant species. The Change of seasonal taxonomic phytoplankton pattern showed important role in relationship between chlorophyll-*a* cells content with biotic and abiotic factors. Meanwhile the values of temperature, nutrient matters, pH, pattern of dominant phytoplankton species showed significant roles on decoupling between chlorophyll-*a* and biomass changes pattern.

The critical time of algal bloom recorde from September to January and March based on chlorophyll-*a* concentration. Spatial critical algal bloom was more obvious on surface water from October to December based on chlorophyll-*a* concentration. *Pseudonitzschia seriata* and *Binuclearia lauterbornii* species classified in medium bloom threshold (in winter and summer respectively) in all sampling depths. However *Thalassionema nitzschioides* (in fall) was in medium bloom threshold in 10 and 15m depths.

As conclusion, in order to estimate logic primary production and predict algal blooms in the cage and pen culture sites it is necessary that all phytoplankton parameters such as chlorophyll-*a* concentration, biomass, abundance, shape, size, biological and ecological chracterstics of dominant species are considered. Because changes in the chlorophyll-biomass relationship could lead to obviose errors interpretation of results and as well as unexpected field observations.

Keyword: Chlorophyll, Algal Bloom, Abiotic Factors, Marine Cultur, Goharbaran, Caspian Sea

**Ministry of Jihad – e – Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute –Caspian Sea Ecology Research Center**

Project title: Determination of chlorophyll-a fluctuations and its relations with abiotic factors and phytoplankton community with emphasis on bloom potential in the southeast Caspian Sea water (Mazandaran-Goharbaran) in order the feasibility of marine cage culture

Approved Number: 4-76-12-92106

Author: Asieh Makhloogh

Project researcher: Asieh Makhloogh

Collaborator(s): Afraei, M.A, Laloei, F., Nasrollahzadeh saravi, H., Eslami F., Keyhansani, A.R., Tahami, F.S., Khodaparast, N., Rezaei, M., Vahedi, F., Nasrollah Tabar, A., Olomi, Y., Ebrahimzadeh, M., Ahmadnegad, A. Pourmand, T.M., Davoodi, A.

Advisor(s): -

Supervisor: -

Location of execution: Mazandaran province

Date of Beginning : 2012

Period of execution :4 Years & 6 Months

Publisher: Iranian Fisheries Science Research Institute

Date of publishing : 2017

All right reserved. No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference

**MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute -Caspian Sea Ecology Research Center**

Project Title:

Determination of chlorophyll-a fluctuations and its relations with abiotic factors and phytoplankton community with emphasis on bloom potential in the southeast Caspian Sea water (Mazandaran-Goharbaran) in order the feasibility of marine cage culture

Project Researcher:

Asieh Makhloogh

**Register NO.
52234**