بررسی تولیدات اولیه با تاکید بر کلروفیل–آ و وزن تر فیتوپلانکتون در ساحل جنوبی دریای خزر–منطقه گهرباران

آسیه مخلوق[۱]، حسن نصراله زاده ساروی[۱]*، فرشته اسلامی[۲]، علیرضا کیهان‌ثانی[۱]، فریبا واحدی[۱]

* hnsaravi@gmail.com

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

تاریخ دریافت:آذر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۶

چکیده

زی‌توده فیتوپلانکتون و غلظت کلروفیل-آ از پارامترهای مهم در برآورد تولیدات اولیه اکوسیستم آبی محسوب می‌شوند. هدف از مطالعه حاضر تعیین کلروفیل-آ و فهم تغییرات این فاکتور در ارتباط با ترکیب فیتوپلانکتونی و عوامل غیر زیستی (محیطی و مواد مغذی) در اکوسیستم ساحلی دریای خزر در منطقه گهرباران می‌باشد. نمونه‌برداری بصورت ماهانه در لایه‌های سطح، ۵ و ۱۰ متر از اعماق ۵، ۱۰ و ۱۵ متری طی سال ۱۳۹۲ صورت‌گرفت. بر اساس نتایج، حداقل و حداکثر میانگین (±SE) زی‌توده بترتیب در تابستان (۱۶± ۹۴) و زمستان (۱۰۶± ۱۲۰۹) میلی‌گرم در مترمکعب بدست‌آمد. حداقل و حداکثر میانگین (±SE) کلروفیل-آ بترتیب در بهار (۰/۰۵± ۰/۳۹) و پاییز (۰/۲۳± ۴/۵۶) میکروگرم بر لیتر ثبت شد. تغییر الگوی گونه‌های غالب فیتوپلانکتون در فصول مختلف نقش مهمی در ارتباط بین محتویات کلروفیلی‌سلول با پارامترهای غیرزیستی نشان داد. دما در فصول تابستان و پاییز، غلظت ماده مغذی فسفر در بهار، نیتروژن در تابستان و سیلیس در بهار و زمستان دارای اثر معنی‌دار بر بروز عدم تطابق بین الگوی تغییرات وزن‌تر فیتوپلانکتون و غلظت کلروفیل بودند. نتیجه اینکه، تفاوت در الگوی تغییرات کلروفیل و زی‌توده بیانگر ضرورت توجه در انتخاب پارامتر مناسب به منظور برآورد تولیدات اولیه و پیش‌بینی شکوفایی جلبکی بخصوص در محل استقرار قفس‌های پرورش ماهی (پن و کیج) است. زیرا تغییر در سطح ارتباط کلروفیل-آ و زی‌توده می‌تواند به خطاهای واضح در تفسیر نتایج و نیز مشاهدات میدانی غیرمنتظره ختم شود.

کلمات کلیدی: فیتوپلانکتون، زی‌توده، کلروفیل، گهرباران، دریای خزر

* نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

مقدمه

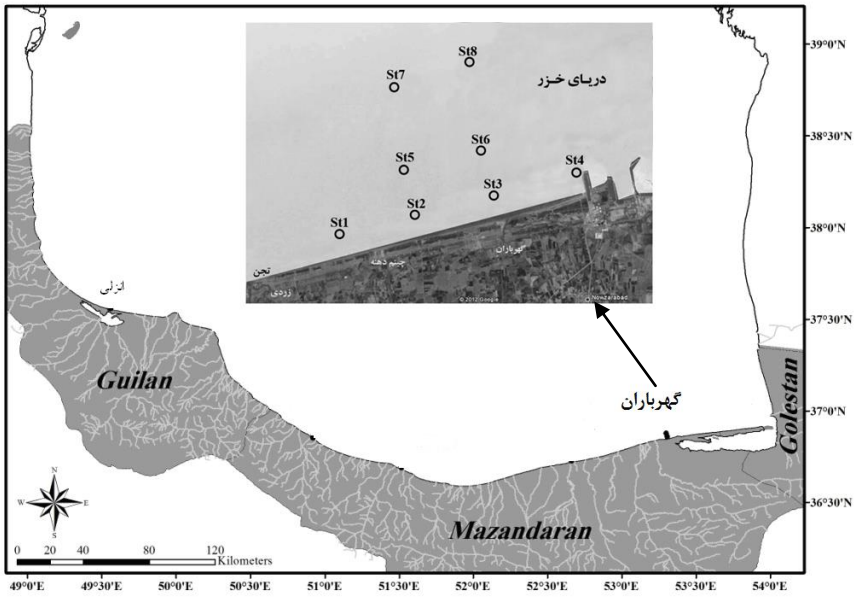
فیتوپلانکتون دارای نقش مهمی در اکوسیستم پلاژیک هست زیرا عمده انرژی اکوسیستم توسط این موجودات دریافت می‌شود (Felip & Catalan, 2000). بنابراین تخمین زی‌توده فیتوپلانکتون در تحقیقات اکولوژیکی و فعالیت‌های اقتصادی از قبیل برآورد تولیدات در آبزی-پروری‌دریایی، مهم می‌باشد. از بین روش های مختلف در تعیین زی‌توده فیتوپلانکتون، استفاده از حجم سلول (biovolume) و پیگمان‌های سلولی بخصوص کلروفیل-آ بیشتر معمول است (Kozlowski, 2008). کلروفیل-آ رنگدانه غالب و معمول در بین گروه‌های فیتوپلانکتون است که روشهای اندازه‌گیری آن نسبتاً آسان است.

مطالعه سواحل ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۷۵نشان داد که میزان کلروفیل-آ در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر با ۱/۰۷۲، ۰/۵۵۰، ۱/۸۴۸ و ۰/۹۶۶ میکروگرم برلیتر بود. آنالیز آماری همبستگی مثبت بین کلروفیل-آ و عمق شفافیت ($r=0.65$) را نشان داد (نصراله زاده و حسینی،۱۳۸۳). به هنگام شکوفایی جنس *Heterocapsa* از شاخه پیروفیتا (Pyrrophyta) در سال ۱۳۸۵، مشخص شد که غلظت کلروفیل-آ 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 بود. رودخانه سفیدرود و حوضه آبریز تالاب انزلی نقش عمده‌ای در فعالیت بیولوژیکی این بخش از سواحل نشان دادند (CEP-HAB, 2006). مطالعه Kideys و همکاران (۲۰۰۸) در فاصله زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ (میلادی) در دریای‌خزر بیانگر افزایش غلظت کلروفیل-آ بعد از سال ۱۹۹۹ بود. در مطالعه آنها در سال ۲۰۰۱، میزان کلروفیل-آ از ۲/۶۲ در مارس به ۹ میکروگرم بر لیتر در آگوست رسید. در مطالعات Bagheri و همکاران (a,b ۲۰۱۲) 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 گونه های فیتوپلانکتون همراه شد. در مطالعه آنها میانگین کلروفیل در سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۶ کمتر از ۲۰۱۰-۲۰۰۸ بدست‌آمد. Jamalomidi و همکاران (۲۰۱۳) نیز، میانگین سالانه کلروفیل-آ 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) بدست‌آوردند. Qiuhua و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های مختلف آماری، مدل‌های تجربی بین کلروفیل با فاکتورهای غیرزیستی و نیز گروه‌های فیتوپلانکتونی را در سد عمیقی در جنوب غربی چین ارائه دادند. Kozlowski (۲۰۰۸) از رگراسیون خطی چندگانه برای تعیین مشارکت انواع گروه های فیتوپلانکتون در ایجاد کلروفیل استفاده نمود. در دیگرمطالعات مشابه روابط متقابل بین تراکم و زی توده فیتوپلانکتون و گروه‌های تشکیل دهنده آن با عوامل محیطی و کلروفیل و نیز ضرایب تاثیر با فرمول‌های تجربی تعیین شدند (Montagnes & Montagnes *et al.*, 1994; Ribalta, Reynolds, 2006; Franklin, 2001; 2012;). مطالعه تغییرات غلظت کلروفیل-آ، تعیین روابط و همبستگی آن با گروه‌های غالب فیتوپلانکتون و نیز عوامل محیطی و مواد مغذی گامی مهم در آبزی‌پروری دریایی و شناخت دریای خزر محسوب می‌شود. هدف مطالعه حاضر تعیین و بررسی تغییرات کلروفیل-آ و فهم تغییرات این فاکتور در ارتباط با برخی پارامترهای زیستی فیتوپلانکتون و غیرزیستی (محیطی و مواد مغذی) در اکوسیستم ساحلی دریای خزر-منطقه گهرباران می‌باشد. از نتایج کاربردی این تحقیق تعیین عملکرد تجمع فیتوپلانکتون در روند پیش‌بینی میزان تولیدات و نیز شکوفایی جلبکی در محل احتمالی استقرار قفس‌های پرورش ماهی (پن و کیج) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در بخش شرقی حوزه جنوبی دریای خزر، در منطقه گهرباران (مازندران) و در اعماق ۵، ۱۰ و ۱۵ متری صورت‌گرفت. ایستگاه‌ها در موقعیت جغرافیایی ´۱۵۰ °۵۳ تا ´۲۴ °۵۳ طول شرقی و ´۸۳ °۳۶ تا ´۸۷ °۳۶ عرض شمالی قرار داشتند (شکل ۱). نمونه‌برداری از اردیبهشت ۱۳۹۲ شروع شد و بصورت ماهانه تا اسفند ادامه یافت و فقط در مرداد ماه بعلت شرایط نامساعد نمونه برداری انجام نگردید. نمونه‌ها در هر یک از اعماق فوق به‌ترتیب از لایه‌های (سطح)، (سطح، ۵ متر)، (سطح، ۵ و ۱۰ متر) جمع‌آوری شدند.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریای خزر- منطقه گهرباران، سال ۱۳۹۲

Figure 1: Map of sampling stations in the Caspian Sea-Goharbaran (2013-14)

نمونه‌برداری آب به‌منظور تعیین فیتوپلانکتون، کلروفیل و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی با استفاده از نمونه‌بردار ۲ لیتری (Niskin water sampler) انجام شد. برای بررسی فیتوپلانکتون نمونه_های آب پس از انتقال به بطری‌های شیشه‌ای (نیم لیتری)، با فرمالین ۳۷ درصد تا حجم نهایی ۲ درصد تثبیت و به آزمایشگاه حمل شدند (APHA, 2005). نمونه‌ها پس از مرحله آماده‌سازی (رسوب‌گذاری و سانتریفوژ)، با کمک میکروسکوپ دوچشمی معمولی مورد شناسایی گونه‌ای (Proshkina-Hartley *et* ; Lavrenko & Makarova, 1968; *al.*, 1996) و شمارش سلولی قرارگرفتند (Wetzel & Likens, 2000). سپس تراکم و وزن‌تر فیتوپلانکتون با توجه به شکل هندسی گونه (حجم) تعیین شدند. برای اندازه‌گیری کلروفیل-آ حجم معینی از آب با استفاده ازکاغذ صافی ۰/۴۵ میکرون، GF صاف شد. سپس استخراج کلروفیل-آ از رسوب بدست آمده بر روی کاغذ صافی با استفاده از استن ۹۰ درصد صورت‌گرفت. جذب نوری نمونه در طول موج های معین توسط اسپکتروفتومتر قرائت و غلظت کلروفیل-آ با فرمول‌های مربوطه محاسبه شد (APHA, 2005). پارامترهای دمای آب و شفافیت بترتیب بوسیله‌ی ترمومتربرگردان و صفحه دایره‌ای سیشی دیسک (APHA, 2005) ثبت شدند. اندازه‌گیری مواد معلق کل (TSS, Total Suspended Solid) با استفاده از پمپ خلا (GAST) و فیلتر سلولزی استات ۰/۴۵ میکرومتر (MEDAP) و اندازه‌گیری مواد باقیمانده با ترازو (BOSCH، دقت ۰/۰۰۱گرم) انجام شد. نیتروژن و فسفر کل پس از هضم نمونه با پرسولفات و قرائت جذب با اسپکتروفتومتر سنجیده شدند (Valderrama, 1981). میزان سیلیس محلول با روش مولیبدوسیلیکات و اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد(Sapozhnikov *et al.*, 1988).

تجزیه و تحلیل آماری در برنامه SPSS۱۱/۵ با استفاده از آزمون‌های پارامتریک ANOVA ، همبستگی پیرسون و رگراسیون خطی انجام شد. پیش از هر نوع آزمون ابتدا نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از انتقال داده‌ها (رتبه‌بندی) صورت گرفت. در آزمون رگراسیون، باقیمانده (Residual) به میزان تغییرات (نسبت به مقدار پیش-بینی شده) در یک متغیر وابسته اشاره می‌کند (نصیری، ۱۳۸۸). در این مطالعه، مقادیر باقیمانده (Residual) کلروفیل از نتایج آزمون رگراسیون استخراج و در آزمون همبستگی (پیرسون) بکار گرفته شدند. رسم شکل‌ها در محیط Excel انجام شد.

نتایج

الگوی تغییرات فصلی کلروفیل-آ به‌نحوی بود که پس از روند افزایشی از بهار تا پاییز، در زمستان کاهش یافت. میزان میانگین زی‌توده فیتوپلانکتون از بهار تا تابستان کاهش داشت و پس از آن تا زمستان دارای روند افزایشی بود. اما تراکم فیتوپلانکتون از بهار تا زمستان افزایش نشان داد. نتایج نشان داد که کمترین میزان تراکم و زی توده

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

فیتوپلانکتون بترتیب در بهار و تابستان با مقادیر ۳۹ میلیون سلول در مترمکعب و ۹۴ میلی‌گرم درمترمکعب بود. حداقل و حداکثر کلروفیل-آ نیز به‌ترتیب در بهار به میزان ۰/۰۵± ۰/۳۹ و پاییز به میزان ۰/۲۳± ۴/۵۶ میکروگرم بر لیتر ثبت شد (جدول۱).

جدول ۱: میانگین (±SE) تراکم و زی توده فیتوپلانکتون، کلروفیل-آ و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در دریای خزر- منطقه گهرباران، سال ۱۳۹۲

Table 1: Mean (±SE) of phytoplankton abundance and biomass, chlorophyll-a and physico-chemical parameters in the Caspian Sea-Goharbaran (2013-14)

	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
کلروفیل-آ (میکروگرم بر لیتر)	۰/۵۹±۰/۰۵	۱/۳۲±۰/۱۷	۴/۵۶±۰/۲۳	۲/۳۱±۰/۱۷
زی توده (میلی‌گرم در مترمکعب)	۲۴۰±۴۰	۹۴±۱۶	۷۱۴±۷۷	۱۲۰۹±۱۰۶
تراکم (میلیون سلول درمترمکعب)	۳۹±۹	۱۶۷±۴۱	۲۶۸±۲۶	۵۵۴±۵۸
دمای آب (سانتی‌گراد)	۲۳/۵۹±۰/۴۶	۲۷/۹۹±۰/۱۵	۱۸/۶۰±۰/۴۶	۱۰/۷۴±۰/۱۶
شفافیت (متر)	۳/۹۳±۰/۷۶	۲/۳۶±۰/۳۶	۱/۳۶±۰/۱۶	۳/۱۱±۰/۳۵
pH	۸/۳۰±۰/۰۳	۸/۵۶±۰/۰۳	۸/۴۷±۰/۰۱	۸/۴۳±۰/۰۰
TSS (میلی‌گرم در مترمکعب)	۰/۰۱±۰/۰۰	۰/۰۳±۰/۰۰	۰/۰۶±۰/۰۰	۰/۰۳±۰/۰۱
نیتروژن کل(میکروگرم بر لیتر)	۱۱۴۴±۲۷	۱۳۷۷±۳۹	۱۰۳۹±۱۵	۱۱۴۱±۱۷
فسفر کل(میکروگرم بر لیتر)	۲۰/۵۰±۰/۹۵	۲۶/۴۶±۰/۸۸	۵۰/۱۸±۱/۹۶	۴۳/۷۸±۰/۸۷
سیلیس (میکروگرم بر لیتر)	۲۶۱±۴	۳۱۵±۸	۳۶۷±۱۱	۱۴۷±۴

بررسی درصد تراکم گروه‌های غالب فیتوپلانکتون (جدول ۲) نشان داد که در همه فصول (بجز تابستان) شاخه باسیلاریوفیتا (Bacillariophyta) غالب بود. شاخه کلروفیتا (Chlorophyta) در فصل تابستان و پاییز بترتیب اولین و دومین شاخه غالب از نظر تراکم بود. درصد مشارکت تراکم پیروفیتا در فصل بهار قابل‌توجه بود. در جدول ۲، ترجیحاً درصد تراکم گونه‌هایی نوشته‌شد که در ایجاد زی توده فیتوپلانکتون نیز نقش قابل‌توجهی داشتند. در حالی‌که در فصل بهار علاوه بر موارد ذکر شده گونه‌های با زی‌توده کم از قبیل *Nitzschia acicularis*، *Nitzschia reversa* و گونه‌های کوچک سایز (دارای طول خطی کمتر از ۲۰ میکرون) از جنس *Chaetoceros* (شاخه باسیلاریوفیتا) نیز وجود داشتند که مجموعاً ۲۲ درصد از تراکم کل را شامل شدند. 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. بررسی درصد زی-توده بیانگر آن بود که در همه فصول شاخه‌های باسیلاریوفیتا و پیروفیتا به‌ترتیب اولین و دومین جایگاه را به خود اختصاص دادند. کلروفیتا در فصل تابستان با دارا بودن ۱۱/۳ درصد از زی‌توده کل، مشارکت قابل‌ملاحظه در زی‌توده فیتوپلانکتون نشان داد. بالاترین درصد گونه-های غالب در زی‌توده را در فصول بهار و پاییز *Prorocentrum* (*obtusum*+ *proximum*+ *scutellum*)، در تابستان *Cyclotella menenghiniana* و در زمستان *Pseudonitzschia seriata* تشکیل دادند.

جدول ۲: تغییرات فصلی درصد تراکم و زی توده گروه‌های غالب فیتوپلانکتون در دریای خزر- منطقه گهرباران، سال ۱۳۹۲

Table 2: The seasonal percentage changes of dominant phytoplankton groups abundance and biomass in the Caspian Sea-Goharbaran (2013-14)

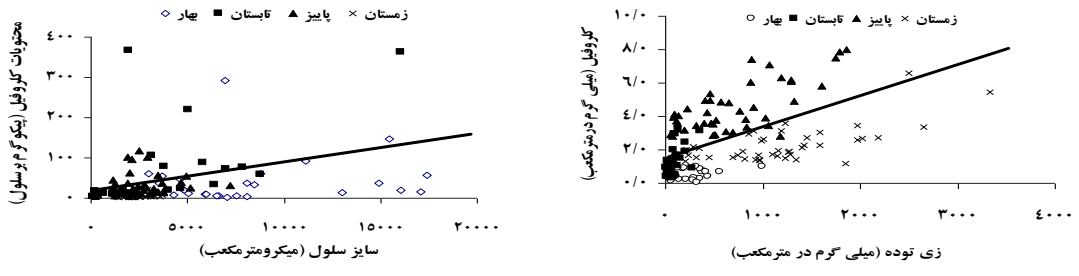
	بهار		تابستان		پاییز		زمستان	
	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده
Bacillariophyta	۴۶/۲	۴۷/۸	۹/۹	۵۶/۱	۷۸/۶	۵۹/۴	۸۴/۵	۷۹/۸
Pyrrophyta	۴۴/۳	۵۱/۵	۱/۵	۲۷/۵	۴/۶	۳۹/۷	۸/۰	۱۸/۳
Cyanophyta	۳/۱	۰/۴	۱/۴	۰/۶	۴/۴	۰/۴	۱/۹	۰/۱
Chlorophyta	۲/۶	۰/۲	۸۵/۶	۱۱/۳	۱۱/۵	۰/۲	۳/۳	۰/۱

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

جدول ۲:

Chaetoceros (*peruvianus+convolutes*)	<۰/۱	<۰/۱	۰/۱	<۰/۱	۸/۸	۱/۳	۰/۲	<۰/۱
Coscinodiscus (*gigas+ granii+ jonesianus+ perforatus*)	۰/۶	۱۲/۴	<۰/۱	۹/۲	۰/۱	۲/۲	<۰/۱	۶/۵
Cyclotella menenghiniana	۷/۸	۱۲/۷	۱/۶	۲۷/۸	۳/۹	۱۴/۶	۰/۳	۱/۳
Dactyliosolen fragilissima	۰/۲	۰/۴	۰/۱	۰/۱	۱/۳	۱/۴	۵/۷	۱۶/۷
Gyrosigma (*acuminatum+ attenuatum+kuetzingii*)	۲/۸	۱۸/۳	۰/۳	۱۴/۸	۰/۹	۱۱/۸	۰/۱	۱/۲
Pseudonitzschia seriata	۰/۳	۰/۱	<۰/۱	۰/۱	۹/۷	۵/۹	۷۰/۳	۵۱/۴
Thalassionema nitzschioides	۱/۲	۰/۳	۱/۳	۲/۶	۴۴/۷	۲۰/۳	۶/۸	۴/۱
Glenodinium (*penardii+ behningii+ lenticula*)	۳/۲	۳/۲	۰/۲	۲/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۲	۰/۴
Goniaulax (*polyedra+ spiniferum*)	۴/۰	۸/۰	۰/۲	۵/۵	۰/۴	۲/۰	۰/۱	۰/۵
Peridinium (*achromaticum+ latum*)	۱/۳	۴/۹	۰/۲	۸/۰	۰/۱	۰/۹	۰/۱	۰/۵
Prorocentrum (*obtusum+ proximum+ scutellum*)	۴/۳	۲۹/۰	۰/۲	۱۴/۵	۲/۰	۳۲/۹	۰/۶	۱۱/۷
Prorocentrum cordatum	۳۲/۶	۱۰/۶	۰/۷	۲/۹	۲/۷	۱۲/۵	۷/۰	۶/۹
Binuclearia lauterbornii	۲/۴	۰/۱	۸۴/۰	۳/۰	۱۱/۰	۰/۱	۳/۸	<۰/۱

آنالیز آماری نشان داد که داده‌های زیستی و غیر زیستی در بین لایه‌ها (سطح، ۵ و ۱۰ متر) دارای اختلاف معنی‌دار نبودند (ANOVA ،p>۰/۰۵) و 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 شدند ولی عموم پارامترهای فوق در بین فصول مختلف دارای اختلاف معنی‌دار بودند (ANOVA ،p<۰/۰۵). آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت کلروفیل-آ با زی توده فیتوپلانکتون کل، شاخه ها-ی غالب و گونه‌های *Cyclotella menenghiniana*، *Pseudonitzschia seriata*، *Thalassionema nitzschioides* و (*Prorocentrum* (*obtusum+ proximum+ scutellum* همبستگی مثبت معنی‌دار (p<۰/۰۵) نشان داد. در حالی‌که با سایز سلول، دما و شفافیت، همبستگی منفی معنی‌دار (p<۰/۰۵) دارا بود. در فصول پاییز و بهار به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلروفیل-آ در واحد زی‌توده ثبت شد (شکل ۲-الف). بررسی ارتباط بین سایز سلول و محتویات کلروفیل-آ در هر فصل (شکل۲-ب) نشان داد که عموماً در فصل زمستان گونه های غالب دارای محتویات کلروفیلی پایین تری در مقایسه با سایز سلولی مشابه در فصل پاییز بودند.



الف ب

شکل ۲: ارتباط غلظت کلروفیل-آ و زی توده فیتوپلانکتون (الف) و ارتباط محتویات کلروفیل-آ سلول فیتوپلانکتون با سایزسلول (ب) در دریای خزر- منطقه گهرباران، سال ۱۳۹۲

Figure 2: Relationship between Chlorophyll-a concentration and phytoplankton biomass (a) and relationship between chlorophyll-a per cell of phytoplankton and cell size (b) in the Caspian Sea-Goharbaran (2013-14)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

همانطورکه جدول ۱ نشان داد، الگوی تغییرات فصلی زی-توده و کلروفیل-آ در همه فصول یکسان نبود. به منظور شناخت عوامل موثر بر بروز این اختلافات، مقادیر تفاوت (Residual) بدست آمده در آزمون رگراسیون بین زی-توده و کلروفیل-آ استخراج شد (این مقادیر اختلاف بین کلروفیل-آ پیش‌بینی شده (بر اساس زی توده) را با کلروفیل-آ میدانی بیان می‌کند). سپس آزمون همبستگی پیرسون بین تفاوت (کلروفیل-آ پیش‌بینی شده و کلروفیل-آ میدانی) با برخی از عوامل زیستی و غیرزیستی انجام شد (جدول۳).

جدول ۳: نتایج آزمون پیرسون بین تفاوت (Residual) مقادیر کلروفیل-آ (میدانی و پیش‌بینی شده) با درصد تراکم شاخه‌ها و گونه‌های غالب فیتوپلانکتون و پارامترهای محیطی در دریای خزر- منطقه گهرباران، سال ۱۳۹۲

Table 3: The Pearson correlation between residual of chlorophyll-a (field and predicted values) and percentage of dominant phytoplankton (phyla and species) and environmental parameters in the Caspian Sea-Goharbaran (2013-14)

پارامتر	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
Bacillariophyta		۰/۴۱	-۰/۶۰		-۰/۱۹
Pyrrophyta	-۰/۶۰	-۰/۵۸	۰/۵۶		-۰/۴۲
Cyanophyta	۰/۵۵	-۰/۵۴		۰/۳۳	
Chlorophyta	۰/۳۸	۰/۵۸			۰/۱۸
Cyclotella menenghiniana	-۰/۴۲				۰/۱۶
Dactyliosolen fragilissima			-۰/۴۲	-۰/۳۶	-۰/۲۹
Pseudonitzschia seriata			-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۲۸
Thalassionema nitzschioides			-۰/۴۶		۰/۲۹
Prorocentrum cordatum	-۰/۷۰	-۰/۵۸	۰/۴۷		-۰/۳۸
Glenodinium (*penardii+ behningii+ lenticula*)		-۰/۴۵			-۰/۲۴
Goniaulax (*polyedra+ spiniferum*)		-۰/۴۱	۰/۴۳		-۰/۲۰
Prorocentrum (*obtusum+ proximum+ scutellum*)		-۰/۴۶	۰/۳۹		
Binuclearia lauterbornii		۰/۵۹			۰/۱۹
دمای آب (سانتیگراد)		-۰/۵۰	۰/۴۴		۰/۴۱
شفافیت (متر)	-۰/۷۸	-۰/۵۵			-۰/۴۳
pH		۰/۴۱		-۰/۳۶	۰/۵۱
TSS (میلی‌گرم بر لیتر)	-۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۴۸		۰/۲۱
نیتروژن کل (میکروگرم برلیتر)	-۰/۳۸	-۰/۶۰			
فسفر کل (میکروگرم برلیتر)	۰/۴۱				۰/۲۲
سیلیس (میکروگرم برلیتر)	۰/۵۲			-۰/۴۰	۰/۵۰

بر اساس این جدول در بررسی سالانه، عوامل محیطی مورد بررسی (بجز نیتروژن کل) در ایجاد تفاوت بین الگوی تغییرات زی‌توده و کلروفیل-آ نقش موثری داشتند. این آزمون در بررسی فصلی نشان داد که در فصل بهار کاهش ماده مغذی فسفر، در تابستان افزایش دما، شفافیت و نیز نیتروژن کل و در فصل زمستان افزایش غلظت سیلیس محلول در کاهش تفاوت (Residual) موثر بودند. در بررسی سالانه، افزایش درصد باسیلاریوفیتا و پیروفیتا و برخی از گونه‌های غالب فیتوپلانکتون با کاهش تفاوت همراه بود که در بعضی موارد با نتایج فصلی این بررسی همخوانی داشت.

بحث

فیتوپلانکتون بعنوان گروهی از میکروارگانیسم‌های فتوسنتز کننده، نقش مهمی در حفظ زنجیره غذایی، ثبات اکوسیستم و افزایش بهره‌وری از ماهیان اقتصادی دارد (Reynolds, 2006).

با توجه به عمق ایستگاه‌های نمونه‌برداری (کمتر از ۲۰ متر) و نتایج بررسی آماری بنظر می‌رسد که تلاطمات (ناشی از امواج و جابجایی‌ها) سبب ایجاد یکنواختی در بین لایه‌ها شدند (Kozlowski, 2008) و ستون آب دارای اختلاط مناسب در همه فصول بود. مطالعه حاضر نشان داد که شاخه کلروفیتا در تابستان و شاخه باسیلاریوفیتا در سایر فصول اولین شاخه غالب بودند.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

عموماً شاخه باسیلاریوفیتا در همه فصول به‌دلیل دسترسی مناسب و کافی به سیلیس محلول (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ Ren, 2002) و نیز ویژگی ثبات باسیلاریوفیتا نسبت به تغییر عوامل غیر زنده اکوسیستم (Kasymov, 2004) بالاترین درصد تراکم را در دریای خزر (بخصوص تا اواخر دهه ۱۳۷۰) دارا بوده‌است (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۳). تراکم کلروفیتا در بخش شمالی دریای‌خزر بعلت وجود تعداد زیاد ورودی رودخانه‌ها بالا است (شریعتی، ۱۳۷۲) ولی در حوزه ایرانی دریای خزر، طبق اطلاعات سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۵، از اواخر تابستان تا اواسط پاییز فراوانی حضور و تراکم آن افزایش داشت ولی جزو اولین شاخه غالب در تراکم نبود (پورغلام و همکاران، ۱۳۷۴؛ فضلی و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه حاضر افزایش تراکم شاخه کلروفیتا در تابستان و پاییز قابل توجه بود. این امر احتمالاً بدلیل نزدیکی ایستگاه‌های مطالعاتی (بخصوص عمق ۵ متر) به دهانه‌های رودخانه‌ای و نیزعدم ثبات شرایط محیطی در دریای خزر در سال‌های اخیر (نصراله-زاده و همکاران، ۱۳۹۴) تشدید شد.

الگوی تغییرات زمانی زی‌توده و کلروفیل-آ بجز از تابستان به 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*) زی‌توده به ترتیب کاهش و افزایش یافت در حالیکه غلظت کلروفیل-آ به ترتیب افزایش و کاهش یافت. در واقع حداکثر زی‌توده و غلظت کلروفیل-آ طی دوره به ترتیب با حداکثر تراکم *Pseudonitzschia seriata* و *Thalassionema nitzschioides* همراه بود. این امر همان‌طور که مطالعه Felip و Catalan (۲۰۰۰) نیز نشان داد بیانگر نقش مهم ترکیب گروه‌های فیتوپلانکتون در تغییر روابط کلروفیل-آ و زی‌توده می‌باشد. از سوی دیگر حضور و تراکم این گروه‌ها نیز به فرم زندگی گروه‌های غالب و نیز خصوصیات اکولوژیکی و مرفولوژیکی آن ها از جمله سایز سلولی مربوط می‌شود (Makhlough *et al*., 2017). نتایج مطالعه حاضر (شکل۲-ب) نشان‌داد گونه‌های غالب در فصل پاییز و تابستان عموماً محتویات کلروفیلی بالاتری نسبت به فصل بهار و خصوصا زمستان دارا بودند. مقایسه مقادیر کلروفیل گونه‌های غالب نیز این نتیجه را تایید می-کند. بعنوان مثال محتویات کلروفیلی *Thalassionema nitzschioides* (گونه غالب در فصل پاییز) ۱/۳ پیکوگرم بر سلول است که حدوداً دو برابر محتویات کلروفیلی *Pseudonitzschia seriata* (گونه غالب در فصل زمستان) می‌باشد (Reynolds, 2006). این امر احتمالاً سبب شد که میزان کلروفیل-آ در فصل زمستان (علی‌رغم ۲ برابر شدن میزان تراکم و زی‌توده) نسبت به پاییز، نصف شود. در حالی‌که در مطالعه Bagheri و همکاران (۲۰۱۲a, b) در ناحیه غربی دریای خزر (لیسار، انزلی و سفیدرود)، حداکثر میانگین غلظت کلروفیل-آ در فصل زمستان همزمان با غالبیت *Dactyliosolen fragilissima* (باسیلاریوفیتا) گزارش شد. لذا همان‌طور که نتایج مطالعه حاضر نیز نشان می‌دهد (شکل ۲-الف و جدول ۵). تغییر در ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون، تغییر شکل و سایز سلولی گونه‌های غالب در بیشتر موارد بر تغییر روابط کلروفیل-آ و زی‌توده نقش داشته است. بنابراین لازم است که عدم تطابق الگوی تغییرات زی‌توده و کلروفیل بخصوص در نقاط حداکثر مقادیر با توجه به جایگزینی گونه‌ها به هنگام تغییر فصل و شرایط محیطی مورد توجه قرار گیرد.

در مطالعه حاضر کاهش دما از تابستان به پاییز با افزایش حجم سلولی، میزان کلروفیل سلول و کلروفیل در واحد زی‌توده همراه بود در حالی که کاهش دما از پاییز به زمستان با کاهش سه پارامتر فوق همراه شد. لذا 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 می-شود (Felip & Catalan, 2000; Longhurst & Harrison, 1989). اثر دما بر کلروفیل (چه بعنوان عامل مستقیم و چه غیرمستقیم) در مطالعه حاضر 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 زی‌توده و آب همراه‌گردید.

از نگاه آبزی‌پروری تعیین اختصاصات فیتوپلانکتونی از قبیل تراکم، زی توده، میزان کلروفیل-آ و فتوسنتز هنگامی دارای ارزش است که در تعیین تولیدات اولیه برای انتقال به حلقه‌های بعدی زنجیره غذایی و یا پیش-بینی رویدادهای اکولوژیکی نامطلوب (شکوفایی جلبکی) کارایی داشته باشد. در این راستا در نظر گرفتن مزایا و معایب بکارگیری فاکتورها و کاهش منابع بروز خطا، اهمیت دارد. بعنوان مثال طی ساعات روز، تغییرات میزان

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

کلروفیل همراه با تغییرات شدت نور و مواد مغذی ممکن است منجر به کاهش ارتباط تولیدات روزانه با کلروفیل شود (Dickey *et al*., 1991). وزن تر فیتوپلانکتون، از حاصلضرب حجم هندسی یک گونه معین در تراکم بدست می‌آید. بنابراین استفاده از حجم نادرست از منابع بروز خطا در تعیین زی‌توده و در نهایت برآورد تولیدات آبزی پروری محسوب می‌شود. استفاده از زی توده خشک (Dry biomass) نیز بدلیل عواملی از قبیل وجود کربن آلی در بدن موجودات هتروتروف و ذرات ریز مواد آلی دارای خطاهایی است (Marra, 1992). جمع‌بندی مطالب فوق بیانگر آن است که برآورد تولیدات و یا پیش-بینی شکوفایی جلبکی، یک فرآیند پیچیده و چند عاملی است و لازم است که همه عوامل یعنی میزان کلروفیل-آ، زی توده و تراکم فیتوپلانکتون، صفات بیولوژیکی و اکولوژیکی، شکل و اندازه گونه‌های غالب (Williams *et al*., 2003) مورد توجه قرار گیرند و ضرایب بین زی‌توده و کلروفیل از طریق معادلات تجربی مبتنی بر تعداد فراوان نمونه‌برداری و یا داده‌های دراز مدت در اکوسیستم تعیین شوند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پروژه تحقیقاتی با عنوان "بررسی تغییرات غلظت کلروفیل-آ و روابط آن با عوامل غیرزیستی و تجمع فیتوپلانکتون در منطقه جنوب شرق دریای خزر (مازندران-گهرباران) به منظور استقرار احتمالی پرورش ماهی در قفس با شماره مصوب ۹۵۱۰۶-۱۲-۷۶-۴" بوده که طی سالهای ۹۳-۱۳۹۲ در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انجام شد. بدینوسیله از "موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور" که زمینه علمی و آزمایشگاهی و نیز "شرکت توسعه آب و نیرو ایران" که پشتیبانی مالی این تحقیق را فراهم آورده‌اند، کمال سپاسگزاری بعمل می‌آید. همچنین از کلیه همکاران و دست اندرکاران محترم در بخش اکولوژی و نیز نمونه‌برداران پژوهشکده سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

پورغلام، ر.، ۱۳۷۴. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با همکاری انسیتوتحقیقات کاسپنریخ(روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران،۷۴-۱۳۷۳. مرکز تحقیقات شیلات مازندران، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۳۸۹ صفحه.

شریعتی، ا.، ۱۳۷۲. نقش میکروفلورا و فیتوپلانکتون ها در پروسه های تولیدی دریای خزر. مرکز آمزش عالی و صنایع شیلاتی میرزاکوچک خان، رشت. ۳۴۷ صفحه.

فضلی، ح.، فارابی، م.و.، دریانبرد، غ.ر.، گنجیان، ع.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، روشن‌طبری، م. و روحی، ا.، ۱۳۸۹. پروژه تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر طی سال‌های ۸۵-۷۰. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۷۲ صفحه.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، اسلامی، ف. و موسوی، م.س.، ۱۳۹۳. بررسی تغییرات زمانی بوم زیست شناسی آب سواحل دریای مازندران (سال ۱۳۹۱)، اقیانوس شناسی، ۵(۱۹): ۳۵-۴۴.

نصراله زاده، س.ح. و حسینی، س.ع.، ۱۳۸۳. بررسی میزان همبستگی تغییرات کلروفیل-آ و عامل شفافیت در حوزه جنوبی دریای خزر. بولتن علمی شیلات ایران، ۱(۱۳): ۲۰۰-۱۹۱.

نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، واحدی، ف.، نصراله تبار، ع. و علومی، ی.، ۱۳۹۲. بررسی نسبت های استوکیومتری ماکرونوترینت در محدودیت رشد فیتوپلانکتون در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر-استان مازندران (سال ۱۳۹۱). مجله زیست شناسی دریا، اهواز، ۵(۱۷): ۷۱-۸۶.

نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.، کیهان ثانی، ع. و گل آقایی، م.، ۱۳۹۴. مطالعه وضعیت ثبات و اغتشاش در اکوسیستم دریای خزر (سواحل ایران) بر اساس الگوی ساختاری فیتوپلانکتون. مجله علمی-پژوهشی زیست شناسی دریا، اهواز، ۷(۲۶): ۴۴-۲۷.

APHA (American Public Health Association). 2005. Standard method for examination of water and wastewater. Washington. USA: American Public Health Association Publisher, 18th edition, 1113 p.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Makaremi, M., Maznah, W. and Negarestan, H., 2012a. Phytoplankton Species Composition and Abundancein the Southwestern Caspian Sea. Ekoloji, 21(83):32-43. DOI: 10.5053/ekoloji.2012.834.

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. DOI:10.1017/S0025315412000094.

CEP(Caspian Environment Programme)-HAB., 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%.Accessed July 17, 2007.

Dickey, T., Marra, J. Granata, T., Langdon, C., Hamilton, M., Wiggert, J., Siegel., D. and Bratkovich, A., 1991. Concurrent high resolution bio-optical and physical time series observation in the Sargasso Sea during spring 1987. Journal Geophysical Research, 95: 8643-63. DOI: 10.1029/91JC00413.

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. DOI:org/10.1093/plankt/22.1.91.

Hartley, B.H.G., Barber, J.R.C. and Sims, P., 1996. An Atlas of British Diatoms. UK: Biopress Limited, Bristol. 601 p.

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. ISSN 2227-670X.

Kasymov, A., 2004. Ecology of the Caspian Sea plankto. Exxon Azerbaijan Operating Company: Publ. House Adiloglu, ExxonMobil, I,I,C, Mobil Subsidiary. 541 p.

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, Volume 2008, Article ID 185642, DOI:10.1155/2008/185642, 4 p.

Kozlowski, W.A., 2008. Pigment derived phytoplankton composition along the western Antarctic Peninsula, Master of Science thesis, San Diego State University, 141 p.

Longhurst, A.R. and Harrison, W.G., 1989. The biological pump: profiles of plankton production and consumption in the upper ocean. Progressive Oceanography, 22: 47–123. DOI:10.1016/0079-6611(89)90010-4.

Makhlough, A., Nasrollahzadeh Saravi, H., Eslami, H. and Leroy, S.A.G., 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. DOI: 10.1117/12.140654.

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. DOI: 10.4319/lo.1994.39.5.1044.

Montagnes, D.J.S. and Franklin, D.J., 2001. Effect of temperature on diatom volume,

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

growth rate, and carbon and nitrogen content: reconsidering some paradigms. Limnology and Oceanography 46: 2008-2018. DOI: 10.4319/lo.2001.46.8.2008.

Proshkina-Lavrenko, A.I. and Makarova, I.V., 1968. Plankton Algae of the Caspian Sea. Leningrad, Nauka: L. Science. 291 p (in Russia).

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. DOI:org/10.1016/j.chnaes.2013.11.009.

Ren, L., 2002. Biogeochemical Conversion of Nitrogen in Enclosed Pelagic Coastal Ecosystems of the German Bight: Mesocosm and Modelling Studies. Doctoral dissertation, Hamburg University, Germany. 161 p.

Reynolds, C.S., 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. UK. 551 p.

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, 182 p.

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.

Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. Marine Chemistry, 10: 109–122. DOI:org/10.1016/0304-4203(81)90027-X.

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, 386 p.

Wetzel, R.G. and Likens, G.E., 2000. Limnological analyses. New York: Springer-Verlag. 429 p.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

Study on primary production with emphasis on phytoplankton biovolume and chlorophyll-*a* in the southern Caspian Sea-Goharbaran region

makhlough A.[1]; Narollahzadeh Saravi H.[1*], Eslami F.[2]; keyhansani A.[1], Vahedi F.[1]

* hnsaravi@gmail.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Mazandaran, Iran

2-Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Mazandaran, Iran

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.2.17.6]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113490]

Abstract

Phytoplankton biovolume and concentration of chlorophyll *a* are of major concerns in estimating the primary production in aquatic ecosystems. The objective of the present study was to estimate the concentration of chlorophyll *a* and its relation to variations of some phytoplankton community structure parameters and abiotic factors (environment and nutrients) in the coastal ecosystem of the Caspian Sea in Goharbaran region. Samples were collected monthly from various layers of water (surface, 5 and 10 m) in three depths (5, 10 and 15 m) during 2013-2014. Based on the results the minimum and maximum mean values (±SE) of biomass were obtained in summer (94± 16) and winter (1209± 106) mg/m^3, respectively. The minimum and maximum mean values (±SE) of chlorophyll *a* were recorded in spring (0.39±0.05 µg/L) and autumn (4.56± 0.23 µg/L), respectively. Seasonal changes in the pattern of dominant taxonomic groups of phytoplankton showed important role in relationship between chlorophyll content of the cells and abiotic factors. Temperature (in summer and autumn), phosphorous (in spring), nitrogen (in summer) and silicon (in spring and winter) showed significant effects on incompatibility between phytoplankton biovolume and the concentration of chlorophyll. As conclusion, difference between the patterns of change in chlorophyll and phytoplankton biovolume indicated the importance of choosing appropriate parameters in order to estimate the primary production and to predict the algal bloom, especially in the cage and pen culture sites. Since the rapid changes in the chlorophyll-biovolume relationship could lead to significant errors in the explanation of results and unexpected field observations.

Keywords: Phytoplankton, Chlorophyll-a, Biomass, Goharbaran, Caspian Sea

*Corresponding author