مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

شناسایی، بررسی تنوع زیستی و فراوانی فیتوپلانکتون در رودخانه کن، تهران

سیامک باقری*، یعقوبعلی زحمتکش، حجتا.. محسن پور

پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۰۴/۰۴
اصلاح: ۹۶/۱۱/۰۸
پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۴

کلمات کلیدی:
تنوع
رودخانه کن
فیتوپلانکتون

چکیده

این مطالعه برای شناسایی فیتوپلانکتون و بررسی فراوانی و ارتباط پارامترهای زیستی و غیر زیستی در رودخانه کن در ۳ ایستگاه در سال ۱۳۹۳ انجام گردید. در این مطالعه ۱۹ گروه فیتوپلانکتونی شامل دیاتوم‌ها (۱۳ جنس)، کلروفیتا (۴ جنس) و سیانوفیتا (۲ جنس) شناسایی گردیدند. یافته‌ها نشان دادند که دیاتوم‌ها با میانگین فراوانی ۳۹۰۰۰۰ ± ۱۰۶۸۰۰۰ سلول در لیتر غالب فیتوپلانکتون (۹۷ درصد فراوانی) رودخانه کن بوده است. کمترین میانگین فراوانی را شاخه کلروفیتا با میزان ۳۰۰۰۰ ± ۱۲۷۰۰ سلول در لیتر تشکیل می‌دهد. میانگین فراوانی سالانه فیتوپلانکتون ۱۰۷۵۰۰۰ سلول در لیتر با بیشترین میزان در اردیبهشت (۱۴۲۰۰۰۰ سلول در لیتر) بود. آنالیز PCA نشان داد که جنس‌های *Cocconeis*، *Achnanthes*، *Navicula* و *Gomphonema* از شاخه دیاتوم‌ها کمترین واریانس و غالبیت جنس‌ها را در اجتماعات فیتوپلانکون به خود اختصاص می‌دهند. همچنین بر اساس آنالیز CCA فسفر کل، نیتروژن کل و دمای آب از مهم‌ترین پارامترهای غیر زیستی در افزایش تراکم سیانوفیتا و کلروفیتا است. نتایج حاصل از گروه‌های فیتوپلانکتون نشان داد، رودخانه کن با میزان شاخص تنوع زیستی بین ۱/۸ و ۲ در رده آب‌های نیمه پاکیزه قرارگرفته است. جهت حفاظت و توسعه پایدار این اکوسیستم آبی، مطالعات پایش لیمنولوژیک و ارزیابی آلودگی‌های محیطی در رودخانه کن توصیه می‌گردد.

مقدمــه

آب‌های شیرین مهم‌ترین پیکره آب‌های داخلی را تشکیل می‌دهند و فقط سهم ۰/۰۲ از منابع آبی دنیا را شامل می‌شوند. بنابراین با وجود کمبود ذخایر آب شیرین کره زمین، نقش بسیار مهمی در ادامه حیات ایفا می‌کنند (Bertoni , 2011).

نوترینت‌ها شامل فسفات، نیتروژن، سیلیس و فلزات همچون آهن، کبالت و روی از عناصر بسیار مهم در رشد و ازدیاد فیتوپلانکتون محسوب می‌گردند. بعضی از مواد مغذی مانند فسفر از فاکتورهای محدودکننده بوده و افزایش آن در محیط شکوفایی فیتوپلانکتونی را در پی خواهد داشت (Wetzel and Liken, 1991; Honjo, 1993; Kufel, 2001). همچنین فقدان عنصر معدنی آهن باعث عدم رشد فیتوپلانکتون می‌گردد (Boyd, 1990). رودخانه‌ها و نهرها مهم‌ترین منبع انتقال مواد مغذی به داخل دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها بوده و به شرایط توپوگرافی، اقلیم، رژیم هیدرولوژی، فعالیت‌های انسانی حوضه آبریز و شرایط اکولوژیک محیط وابستگی دارند (Bagheri *et al.*, 2011). جوامع فیتوپلانکتون در برابر تغییرات محیطی واکنش بسیار سریع نشان می‌دهند. ساختار جمعیت پلانکتون بشدت به میزان مواد مغذی وابسته است (Bagheri *et al.*, 2010). به‌طورکلی جوامع فیتوپلانکتون در مکان و زمان متفاوت ثابت نبوده و دارای تغییرات فصلی و سالانه بسیاری می‌باشد (Bagheri *et al.*, 2012a ؛

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: siamakbp@gmail.com

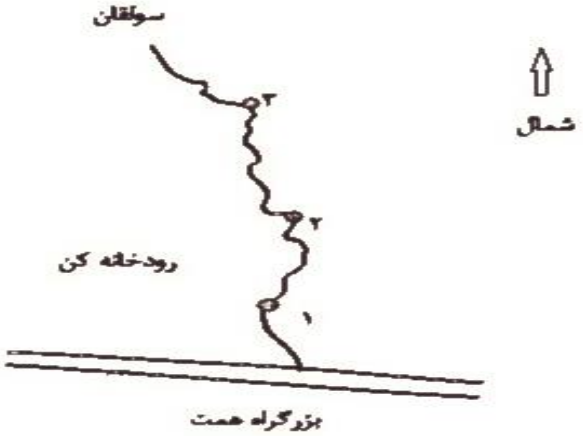
Bertoni, 2011). پلانکتون نقش مهمی در انتقال انرژی در هرم اکولوژیک برای آبزیان دارد، آن‌ها همچون پمپ بیولوژیک، دی‌اکسید کربن را از لایه‌های سطحی به اعماق مختلف آب انتقال می‌دهند. به علت دوره زندگی کوتاه، آن‌ها به عنوان شاخص مهمی برای آلودگی‌های زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی به شمار می‌روند (Reshardson, 2008). لذا هرگونه آلودگی و اثرات مخرب زیستی بر جوامع پلانکتونی تأثیر مستقیم بر ذخایر آبزیان خواهد گذاشت (Bagheri *et al.*, 2012b). مطالعات Boyce و همکاران (۲۰۱۰) از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰ بر فیتوپلانکتون اقیانوس و دریا نشان داد که میزان فراوانی فیتوپلانکتون به دلیل افزایش ۱ درصد درجه حرارت کاهش یافته است. بنابراین مطالعه جوامع پلانکتونی اکوسیستم‌های آبی به دلیل اهمیت آن‌ها در هرم غذائی (تولیدکنندگان اولیه و ثانویه) دارای ضرورت ویژه است.

سابقه مطالعات فیتوپلانکتون بر رودخانه‌ها و دریاچه‌های پشت سد از دهه سال ۱۳۵۰ توسط مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان آغاز گردید. از مهم‌ترین آن‌ها بررسی لیمنولوژیک شامل پلانکتون، منابع آلاینده و جایگاه‌های تخم‌ریزی ماهیان خاویاری رودخانه سفیدرود طی مهر و موم‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۹ است، همچنین می‌توان به مطالعات پراکنش، فراوانی فیتوپلانکتون، رودخانه‌های خیرود، سیاهرود و هراز (Mousavi, 1991 ; Tabari, 1991)، بررسی‌های پلانکتونی رودخانه‌های شفارود و کرگانرود و حویق (Sabkara *et al*., 2006 a,b)، شناسایی و بررسی تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون در رودخانه‌های سفیدرود (Sabkara *et al*., 2008)، یامچی (Sabkara and Makaremi, 2016)، زاینده‌رود (Sabkara and Makaremi, 2008) به ترتیب در استان‌های گیلان، آذربایجان شرقی و چهارمحال و بختیاری اشاره نمود. رودخانه کن از مهم‌ترین رودخانه‌های استان تهران بشمار می‌رود که سرچشمه اصلی آن از آب چشمه‌ها و آب ناشی از ذوب برف در ارتفاعات کوهستانی است. این رودخانه اهمیت ویژه‌ای در تغذیه سفره آب زیرزمینی غرب و جنوب غربی تهران دارد. رودخانه کن به طول تقریبی ۳۳ کیلومتر از دامنه‌های قله توچال واقع در شمال شهر تهران سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه در جهت جنوب غربی جاری شده و پس از عبور از روستاهای امامزاده داوود و کیگا وارد اراضی سولقان می‌شود (Bagheri, 2016). مطالعه جوامع فیتوپلانکتون رودخانه کن بخشی از پروژه مطالعاتی لیمنولوژیک رودخانه کن بوده که با اهداف شناسایی، تعیین تنوع گونه‌ای، ساختار جمعیت فیتوپلانکتون، تعیین عوامل محدود کننده در شکوفایی فیتوپلانکتونی به‌منزله حفظ کیفیت آب رودخانه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه کن امروزه با میانگین دبی ۸۸ میلیون متر مکعب بر سال یا حدود ۲۷۰۰ لیتر بر ثانیه پرآب‌ترین رود تهران است و از تجمع آب برف تمام قله‌های کوه توچال، بازارک، سیاسنگ، لوراک پشت بندو لیچه و چشمه‌های دامنه آن‌ها که ارتفاع مرتفع‌ترینشان از سطح آب‌های آزاد حدود ۳۱۰۰ متر سرچشمه می‌گیرد. بر اساس مشخصات رودخانه ۳ ایستگاه با فواصل ۲ کیلومتر در مناطق مختلف رودخانه کن انتخاب گردید، ایستگاه شماره ۱ در بالادست رودخانه (عرض شمالی " ۷۹ ´ ۷۹ ° ۳۵ ، طول شرقی "۲۵ ´ ۲۵ °۵۱)، ایستگاه شماره ۲ (عرض شمالی "۰۸ ´ ۷۸ °۳۵ ؛ طول شرقی "۳۱ ´ ۲۶ °۵۱) در زیر اولین پل جاده سولقان بود و ایستگاه شماره ۳ (عرض شمالی "۵۰ ´ ۷۶ °۳۵ ، طول شرقی "۵۲ ´ ۲۶ °۵۱) در منطقه بند انحرافی واقع در پائین‌دست رودخانه بوده است. نقاط جغرافیای ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از GPS مدل Garmin (60 CSx) ثبت گردید (شکل ۱). نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون در ماه‌های اردیبهشت (۹۳/۲/۳۰)، خرداد (۹۳/۳/۲۵)، مرداد (۹۳/۵/۲۰)، شهریور (۹۳/۶/۲۴) و آبان (۹۳/۸/۵) انجام گردید.



شکل ۱. ایستگاه‌های نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون در رودخانه کن- تهران، سال ۱۳۹۳

روش نمونه‌برداری و شمارش فیتوپلانکتون

جهت بررسی فیتوپلانکتون، مقدار ۱ لیتر آب توسط بشر پلاستیکی از ایستگاه‌های مورد نظر برداشته و در داخل ظروف مخصوص پلی اتیلنی ۱ لیتری ریخته و سپس توسط فرمالین به نسبت ۴ درصد نمونه‌ها تثبیت و برای مطالعه به آزمایشگاه انتقال داده شدند (APHA, 2005). نمونه‌ها پس از همگن‌سازی در محفظه‌های ۵ میلی‌لیتری رسوب داده شده و با استفاده از منابع (Thorp and Covich, 2001؛ Newell and Newell, 1977؛ Boney, 1989) شناسایی شده و سپس شمارش گردیدند. تعداد آن‌ها در واحد حجم (یک لیتر) با استفاده از فرمول (حجم کل نمونه * تعداد نمونه شمارش شده / حجم محفظه شمارش) محاسبه گردید. فاکتورهای محیطی دمای آب، pH، اکسیژن محلول (DO)، نیتروژن کل (T.N)، فسفات کل (T.P) به کار گرفته شده در این مطالعه، از گزارش بررسی لیمنولوژیک رودخانه کن، تهران اخذ گردیده است (Bagheri, 2016).

آنالیز داده‌ها

جهت آنالیز آماری از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس برای مقایسه نوسانات فراوانی فیتو پلانکتون در ماه‌های نمونه‌برداری استفاده شد. نرم‌افزار استفاده شده SPSS نسخه ۱۹ بود. آنالیز PCA جهت دسته‌بندی داده‌ها انجام گردید، محورهای PC1 و PC2 بیشترین واریانس را در نمونه‌ها نشان داد. جهت تعیین همبستگی و ارتباطات بین فاکتورهای زیستی و متغیرهای محیطی از آنالیز CCA استفاده شد. برای تعیین تنوع گونه‌ای از شاخص Shannon wiener و برای تعیین یکنواختی گونه‌ای شاخص، Evenness استفاده شد. برای اجرای آنالیزهای PCA، CCA و تعیین تنوع و یکنواختی گونه‌ای از نرم‌افزار MVSP نسخه ۳/۱۳ استفاده گردید (Krebs, 1994).

نتایـج

ترکیب و فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتون

اسامی و تعداد گروه‌های فیتوپلانکتون شناسایی‌شده‌ی رودخانه کن در سال ۱۳۹۳ در جداول ۱ و ۲ آمده است. در این بررسی تعداد ۱۹ جنس از ۳ شاخه فیتوپلانکتون در رودخانه شناسایی گردید، بیشترین تعداد جنس متعلق به شاخه دیاتوم‌ها (Bacillariophyta) با تعداد ۱۳ جنس و کمترین تعداد جنس را شاخه سیانوفیتا (Cyanophyta) با تعداد ۲ جنس تشکیل دادند (جدول ۱). بیشترین تعداد گروه‌های فیتوپلانکتونی در خرداد با تعداد ۱۳ جنس و کمترین در ماه‌های اردیبهشت و مرداد با تعداد ۸ جنس بود (جدول ۲). شاخه دیاتوم ها در همه ماه‌ها از نظر تعداد و تراکم جنس‌های فیتوپلانکتون غالب بوده است و بیشترین تعداد جنس در ماه آبان مشاهده شد (جداول ۱و ۲).

جدول ۱. اسامی گروه‌های فیتوپلانکتون شناسایی‌شده و فراوانی آن‌ها در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

			فراوانی فیتوپلانکتون (سلول در لیتر)					
ردیف	شاخه	جنس	اردیبهشت	خرداد	مرداد	شهریور	آبان	سالانه
۱	Bacillariophyta	*Achnanthes*	۴۶۰۰۰۰	۳۴۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰	۸۷۰۰۰۰	۳۱۰۰۰۰	۴۴۶۶۶۷
۲		*Cyclotella*	۰	۰	۸۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۱۶۶۷
۳		*Diatoma*	۱۸۶۶۶۷	۶۶۶۶۷	۰	۱۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۷۱۶۶۷
۴		*Cocconeis*	۲۰۶۶۶۷	۱۲۶۶۶۷	۹۰۰۰۰	۹۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۱۲۶۶۶۷
۵		*Navicula*	۱۱۳۳۳۳	۱۳۳۳۳۳	۸۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۸۳۳۳۳
۶		*Nitzschia*	۱۷۳۳۳۳	۱۴۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۰	۳۰۰۰۰	۹۳۳۳۳
۷		*Cymbella*	۱۳۳۳۳۳	۱۰۶۶۶۷	۲۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۷۵۰۰۰
۸		*Synedra*	۰	۰	۱۰۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
۹		*Gomphonema*	۱۰۶۶۶۷	۱۹۳۳۳۳	۳۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۱۰۶۶۶۷
۱۰		*Amphora*	۰	۶۶۶۷	۰	۰	۰	۱۶۶۷
۱۱		*Caloneis*	۰	۶۶۶۷	۰	۰	۰	۱۶۶۷
۱۲		*Melosira*	۰	۰	۰	۰	۳۰۰۰۰	۵۰۰۰
۱۳		*Rhoicosphenia*	۰	۶۶۶۷	۰	۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰
۱۴	Chlorophyta	*Ankistrodesmus*	۶۶۶۷	۰	۰	۰	۰	۱۶۶۷
۱۵		*Carteria*	۰	۶۶۶۷	۰	۰	۰	۱۶۶۷
۱۶		*Cosmarium*	۰	۰	۰	۰	۱۰۰۰۰	۱۶۶۷
۱۷		*Scenedesmus*	۰	۲۶۶۶۷	۰	۰	۰	۲۶۶۶۷
۱۸	Cyanophyta	*Chroococcus*	۰	۰	۰	۱۰۰۰۰	۰	۱۶۶۷
۱۹		*Oscillatoria*	۳۳۳۳۳	۶۶۶۶۷	۰	۰	۰	۲۵۰۰۰

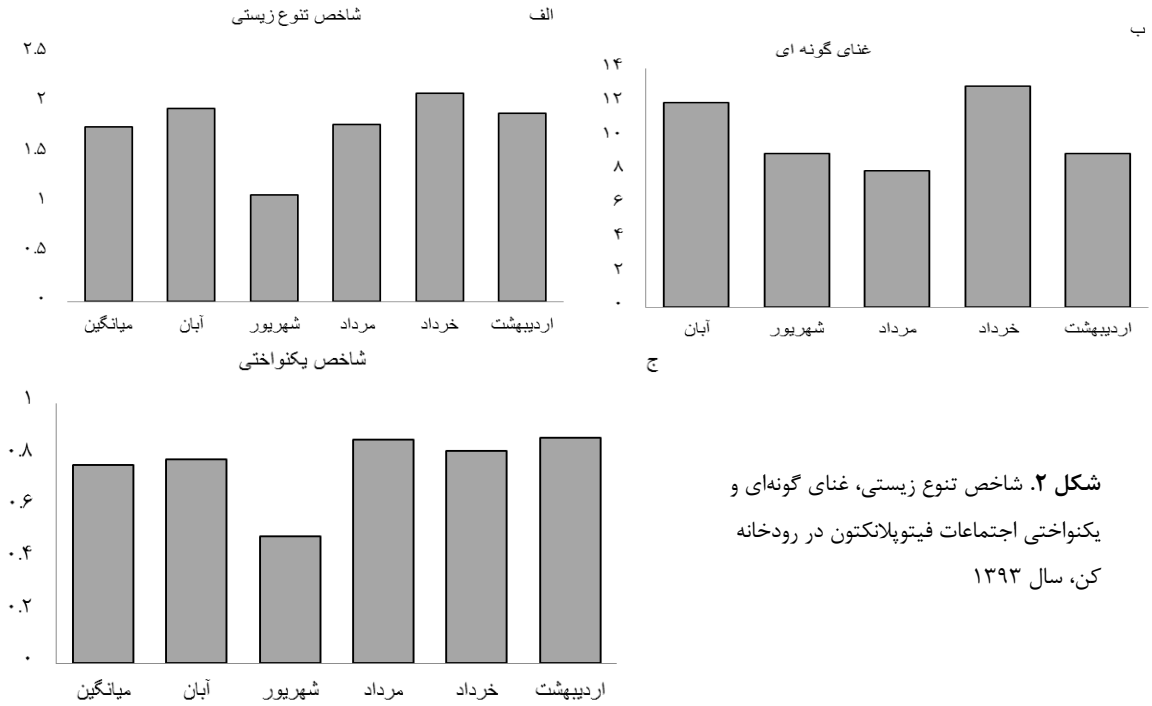
تنوع زیستی

شاخص تنوع زیستی (Shannon's method) در ماه‌های مختلف دارای نوسانات محسوسی بود، شاخص تنوع زیستی بین ۱ و ۲ در ماه‌های شهریور و خرداد ۹۳ متغیر بوده است (شکل ۲ الف). میانگین شاخص تنوع زیستی در رودخانه کن ۰/۳۹ ± ۱/۷۶ بوده است. بیشترین غنای گونه‌ای فیتوپلانکتون همچون شاخص تنوع گونه‌ای در خرداد با میزان ۱۳ گونه بود، کمترین غنای

جدول ۲. تعداد گروه‌های فیتوپلانکتون شناسایی‌شده در رودخانه کن، سال۱۳۹۳

فیتوپلانکتون	اردیبهشت	خرداد	مرداد	شهریور	آبان
دیاتوم	۷	۱۰	۸	۸	۱۱
کلروفیتا	۱	۲	۰	۰	۱
سیانوفیتا	۱	۱	۰	۱	۰
مجموع	۸	۱۳	۸	۹	۱۲

گونه‌ای فیتوپلانکتون در مرداد با میزان ۸ عدد ثبت گردید (شکل ۲ ب). شاخص یکنواختی (Evenness) همچون شاخص تنوع گونه‌ای در شهریور در کمترین میزان (۰/۵) بوده است، در سایر ماه‌های مورد مطالعه تغییرات محسوسی در شاخص یکنواختی فیتوپلانکتون مشاهده نگردید (شکل ۲ ج).



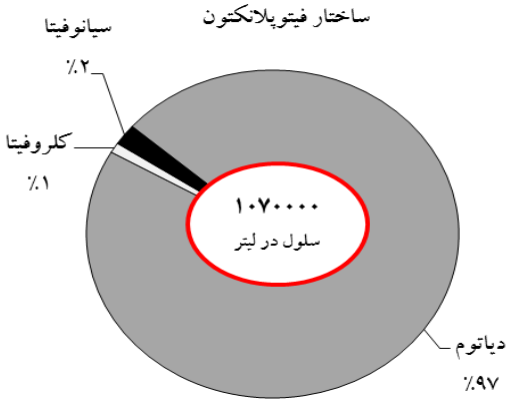
شکل ۲. شاخص تنوع زیستی، غنای گونه‌ای و یکنواختی اجتماعات فیتوپلانکتون در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

ساختار جمعیت فیتوپلانکتون

بررسی‌ها نشان داد، غالب فراوانی فیتوپلانکتون از گروه دیاتوم با میزان ۹۷ درصد (با میزان فراوانی ۱ میلیون لیتر در سلول) بوده است. شاخه‌های سیانوفیتا و کلروفیتا به ترتیب دارای فراوانی ۲ و ۱ درصد در رودخانه کن بوده‌اند (شکل ۳)، میانگین فراوانی فیتوپلانکتون ۱۰۷۰۰۰۰ لیتر در سلول طی مدت مطالعه محاسبه شد.

فراوانی فیتوپلانکتون

حداکثر میانگین فراوانی فیتوپلانکتون با میزان ۱۴۵۰۰۰۰ سلول در لیتر در ماه اردیبهشت و حداقل میانگین فراوانی فیتوپلانکتون با میزان ۱۲۳۰۰۰ سلول در لیتر در شهریور بوده است (شکل ۴). بررسی آماری، اختلاف معنی‌دار بین فراوانی

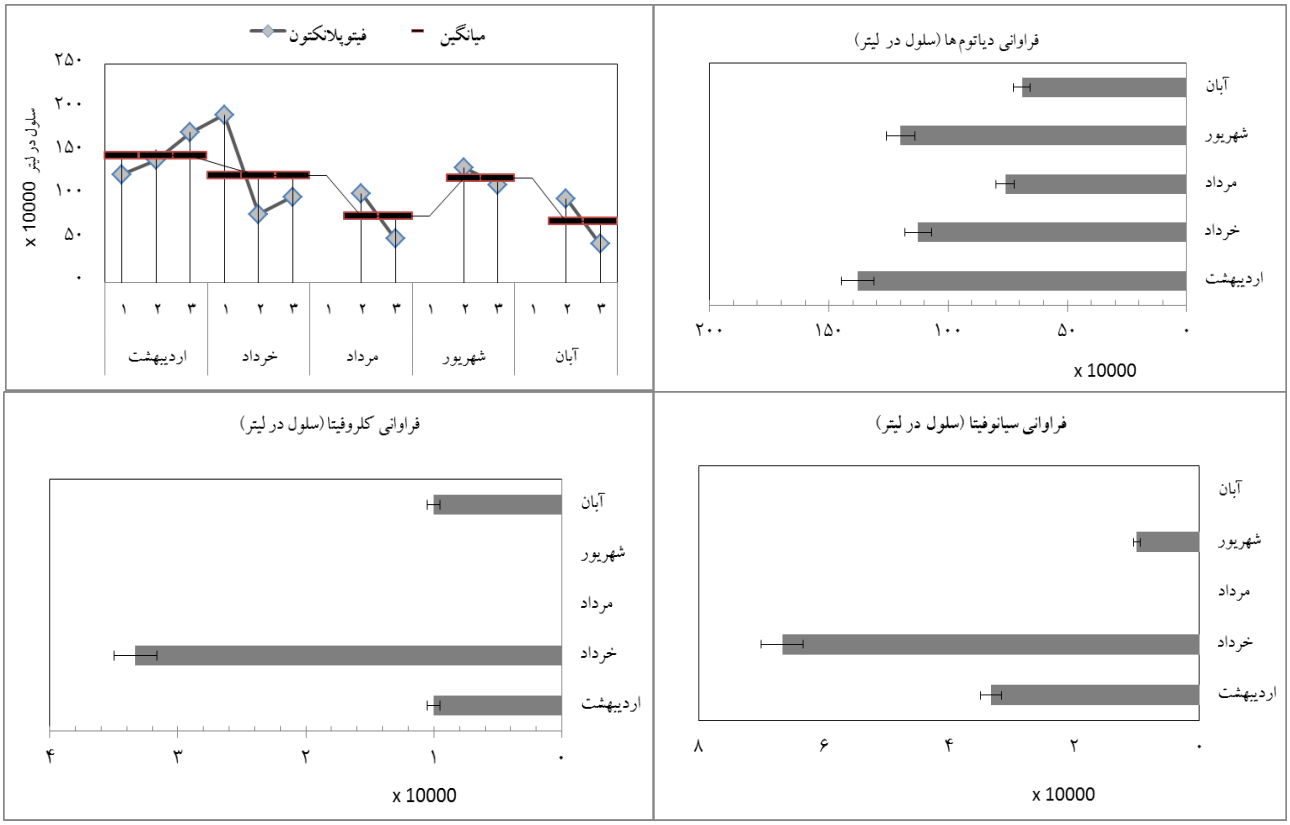


شکل ۳. ترکیبات فیتوپلانکتون در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

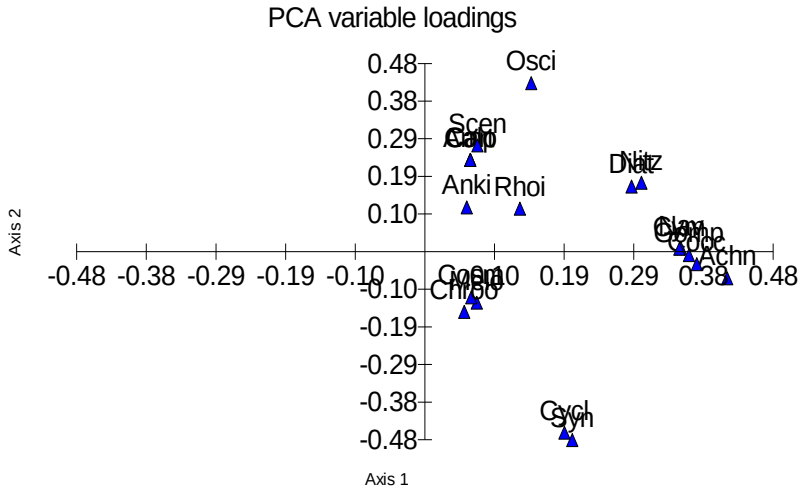
فیتوپلانکتون در ماه‌های مختلف نشان داد ($P < 0.05$). میانگین فراوانی دیاتوم‌ها در ماه‌های مختلف دارای نوسانات محسوسی بوده است. بیشترین فراوانی این شاخه با میزان ۱۹۳۰۰۰ ± ۱۳۸۰۰۰۰ لیتر در سلول در ماه اردیبهشت و حداقل فراوانی آن در آبان با میزان ۳۵۰۰۰۰ ± ۶۹۰۰۰۰ لیتر در سلول مشاهده شد. آآنالیز آماری اختلاف معنی‌دار بین ماه‌های مختلف ($P < 0.05$) نشان داد (شکل ۴). جنس‌های *Achnanthes*، *Cocconeis* و *Gomphonema* بیشترین فراوانی را بین شاخه دیاتوم به خود اختصاص داده بود (جدول ۱). نتایج نشان داد، بیشترین میانگین فراوانی کلروفیتا با میزان میانگین ۵۷۰۰۰ ± ۳۳۰۰۰ سلول در لیتر متعلق به ماه خرداد است (شکل ۴). میانگین فراوانی کلروفیتا در ماه‌های مرداد و شهریور به کمترین میزان رسید و در نمونه‌ها مشاهده نگردیدند (شکل ۴). نتایج آماری اختلاف معنی‌دار بین فراوانی کلروفیتا در ماه‌های مختلف نشان داده است ($P < 0.05$). نتایج نشان داد، بیشترین میانگین فراوانی سیانوفیتا با میزان میانگین ۲۳۰۰۰ ± ۶۶۰۰۰ سلول در لیتر در ماه خرداد مشاهده شد (شکل ۴). سیانوفیتا در ماه مرداد مشاهده نگردیدند و در شهریور میانگین فراوانی آن ۱۴۰۰۰± ۱۰۰۰۰ سلول در لیتر بود (شکل ۴). در ادامه بررسی‌ها در آبان فراوانی آن به صفر رسید. نتایج آماری اختلاف معنی‌دار بین فراوانی سیانوفیتا در ماه‌های مختلف نشان داده است ($P < 0.05$).

آنالیز تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

آنالیز PCA بر فراوانی ۳۶ گروه فیتوپلانکتون طی ماه‌های اردیبهشت تا آبان ۹۳ انجام گردید. آنالیز نشان داد، Eigenvalue اولین محور (PC1) حدود ۲۲۸ و برای دومین محور (PC2) حدود ۳۱ است. این دو محور حدود ۹۰ درصد واریانس ترکیبات گروه‌های فیتوپلانکتون را تشکیل دادند. بر اساس امتیازبندی (Component loading score) در محورهای PC1 و PC2 اجتماعات گروه‌های فیتوپلانکتون را می‌توان در bioplot دسته‌بندی کرد (شکل ۵). بر این اساس آنالیز PCA نشان داد، جنس‌های *Achnanthes*، *Cocconeis*، *Navicula* و *Gomphonema* غالب جمعیت فیتوپلانکتون را با حداکثر Component loading score در محور PC1 به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۳۷، ۰/۳۵ و ۰/۳۶ دارا بودند (شکل ۵).



شکل ۴. میانگین فراوانی شاخه‌های فیتوپلانکتون در ماه‌های مختلف در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

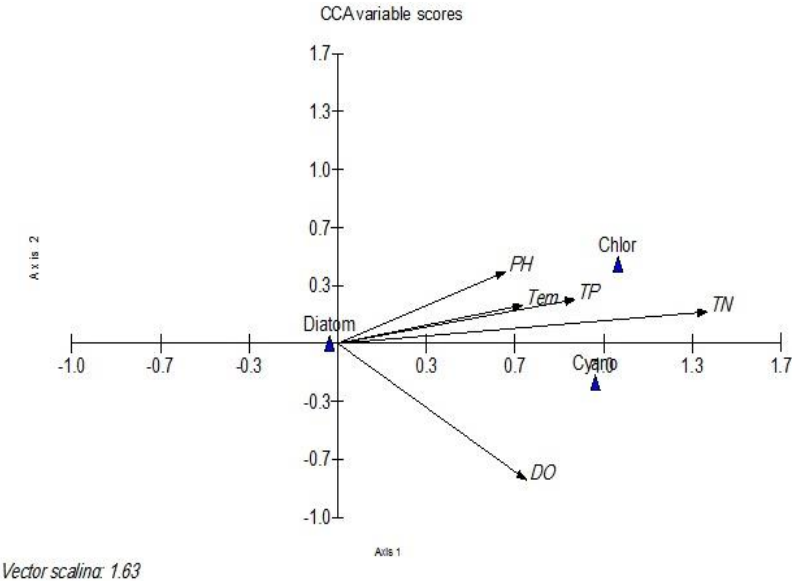


شکل ۵. آنالیز PCA بر روی فراوانی فیتوپلانکتون در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

آنالیز تطبیق متعارف (CCA)

آنالیز CCA بین ۵ فاکتور محیطی دمای آب، pH، اکسیژن محلول (DO)، نیتروژن کل (T.N)، فسفات کل (T.P) و فراوانی ۳ گروه فیتوپلانکتون شامل دیاتوم‌ها، کلروفیتا و سیانوفیتا بین اردیبهشت و آبان ۹۳ انجام گردید. آنالیز نشان داد، Eigenvalue برای اولین محور CCA1 به میزان ۰/۰۳ و برای دومین محور CCA2 به میزان ۰/۰۰۳ بوده است. ۹۱/۱ درصد واریانس برای محور CCA1 و ۸/۹ درصد واریانس برای محور CCA2 محاسبه گردید. بر اساس آنالیز CCA برای محورهای CCA1, CCA2 همبستگی قوی (r = 1) بین ۳ گروه فیتوپلانکتون و ۵ متغیر محیطی وجود داشت.

آنالیز CCA نشان داد، تغییرهای محیطی، دمای آب، نیتروژن کل، فسفر کل، اکسیژن محلول و pH مهم‌ترین فاکتورهای محیطی بوده که بیشترین اثرات را بر نوسانات فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتون داشته‌اند (شکل ۶). شاخه‌های کلروفیتا و سیانوفیتا در سمت راست نمودار مستقر گردیدند و با دمای آب، فسفات کل (T.P) و نیتروژن کل (T.N) ارتباط مستقیم و قوی نشان داده‌اند. شاخه دیاتوم‌ها در مرکز نمودار مستقر شده است و تحت تأثیر همه عوامل محیطی بوده است.



شکل ۶. اولین و دومین محور CCA برای فراوانی فیتوپلانکتون و عوامل محیطی در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

بحث

میانگین فراوانی سالانه فیتوپلانکتون در رودخانه کن در حد بسیار پائین بوده است، فراوانی بین ۱۲۳۰۰۰ تا ۱۴۵۰۰۰۰ سلول در لیتر و با میانگین ۱/۱ میلیون سلول در لیتر در نوسان بوده است (شکل ۲، جدول ۲). بر اساس مطالعات پیشین

بیشترین میانگین فراوانی فیتوپلانکتون در رودخانه سفیدرود ۱۱ میلیون سلول در لیتر (Sabkara *et al*., 2008)، رودخانه کرگانرود ۰/۴ میلیون سلول در لیتر (Sabkara *et al*., 2006a)، رودخانه حویق ۰/۴۴ میلیون سلول در لیتر و رودخانه شفارود ۰/۳۸ میلیون سلول در لیتر(Sabkara *et al*., 2006b) ، رودخانه زاینده‌رود ۰/۴۶ میلیون سلول در لیتر (Bagheri, 2016)، رودخانه یامچی ۴/۲ میلیون سلول در لیتر (Sabkara and Makaremi, 2016) بوده است. بر این اساس در مقایسه با سایر رودخانه‌ها میزان کمی داشته و احتمالاً می‌تواند ناشی از میزان سطوح مواد مغذی رودخانه کن باشد (Bagheri, 2016). در غالب رودخانه‌ها و اکوسیستم‌های آبی همچون رودخانه سفیدرود (Sabkara *et al*., 2016) رودخانه‌های کرگانرود، رودخانه حویق و شفارود (Sabkara *et al*., 2006a, b)، رودخانه زاینده‌رود (Sabkara and Makaremi, 2008)، رودخانه یامچی (Sabkara and Makaremi, 2016) جنس‌های *Cyclotella*، *Achnanthes*، *Navicula*، *Gomphonema*، *Nitszchia* و *Cyclotella* از شاخه دیاتوم ها غالب و بیش از ۹۰ درصد تراکم فیتوپلانکتون را دارا هستند و شاخص آب‌های پاکیزه می‌باشند (Palmer, 1969 ; Li and Mathias, 1994). در مطالعه حاضر بر اساس آنالیز PCA غالب گروه‌های فیتوپلانکتونی در رودخانه کن از شاخه دیاتوم ها از جنس‌های *Cocconeis*، *Achnanthes*، *Navicula* و *Gomphonema* با حداکثر امتیاز مؤلفه بوده‌اند (شکل ۵). غالبیت دیاتوم‌ها در رودخانه‌ها بیانگر کیفیت مطلوب سلامت بیولوژیک اکوسیستم بوده است. آن‌ها حاوی انواع کلروفیل‌ها همچون C1, C2 و A که به آسانی مورد تغذیه زئوپلانکتون‌ها همچون روتیفرا قرار می‌گیرند (Bertoni, 2011).

رودخانه کن فاقد جنس‌های شاخص آلودگی شدید نظیر *Phacus*، *Trachelomonas* و *Euglena* بوده‌اند (جدول ۲). در بررسی‌های اخیر جنس‌های *Cyclotella* و *Achnanthes* در مناطقی که میزان غلظت نوترینت کم بوده و کمتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی بوده به‌طور فراوان مشاهده می‌شوند (Bellinger and Sigee, 2010; Winder *et al*., 2009). بر اساس طبقه‌بندی دریاچه‌ها بر مبنا سطح تغذیه گرائی (Li and Mathias, 1994) رودخانه کن جزء رودخانه‌های الیگوتروف (آب‌های پاکیزه) می‌باشد، شاخه دیاتوم‌ها نقش بسیار مهم در تولیدات اکوسیستم‌های آب جاری داشته و از نظر سایز و اندازه به‌صورت تک‌سلولی و یا رشته‌ای با تاژک و عموماً با دیوار سیلیسی مشاهده می‌گردند، بر اساس یافته‌ها این شاخه فیتوپلانکتون در بستر رودخانه کن در حد انبوه به‌صورت متراکم مشاهده گردید (شکل ۴). احتمالاً شکوفایی دیاتوم‌ها در ماه‌های اردیبهشت و خرداد به دلیل فراهم بودن فاکتورهای غیر زیستی (نظیر دما، نیتروژن و فسفر) علت افزایش فراوانی فیتوپلانکتون در ماه‌های اردیبهشت و خرداد بوده است. همچنین کاهش دمای آب در اواخر تابستان و رشد و نمو گونه‌های دیاتوم‌ها عامل اصلی افزایش فراوانی فیتوپلانکتون در ماه شهریور بوده است (شکل ۴). نتایج فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتون (جدول ۲) علت این تغییرات را تائید کرده است.

در مطالعه حاضر بین غنای گونه‌ای و شاخص تنوع زیستی ارتباط مشاهده شد و روند تغییرات شاخص یکنواختی با شاخص تنوع زیستی مشابه بوده است. شاخص تنوع زیستی با افزایش دمای آب رودخانه (Bagheri, 2016) در خرداد افزایش نشان داد، ولی دوباره با کاهش دمای آب (جدول ۳) از خرداد تا شهریور کاهش محسوس داشته است (شکل ۲). همچنین مطابق مطالعاتIslam (2008)، رابطه منفی بین آلودگی رودخانه‌ها و شاخص تنوع زیستی یا شانون حاکم است، لذا بر اساس این شاخه بندی رودخانه‌ها که میانگین شاخص تنوع زیستی آن‌ها بین ۱ تا ۲ بوده، در گروه رودخانه‌های نیمه پاکیزه (Moderate) قرار می‌گیرد. از این رو رودخانه کن با میزان میانگین شاخص تنوع زیستی حدود ۱/۸ جز این گروه بوده است (شکل ۲). دیاتوم‌ها در شرایطی که نوترینت‌ها به میزان کافی در منابع آبی یافت می‌گردند به میزان وفور مشاهده می‌شوند (Turkoglu, 2008)، اما میزان مواد مغذی به‌عنوان یکی از فاکتورهای اساسی در فراوانی دیاتوم‌ها نقش دارند (Bagheri, 2012) کاهش فراوانی دیاتوم در مرداد ماه (شکل ۴) احتمالاً با میزان کاهش دبی به‌دلیل مصارف کشاورزی و افزایش دمای آب ارتباط مستقیم داشته است که باعث کاهش فراوانی دیاتوم و در پی آن کل فیتوپلانکتون در مرداد گردیده است (شکل ۴). آنالیز چند متغیر CCA در این مطالعه نشان داد، فراوانی دیاتوم‌ها تحت تأثیر همه عوامل محیطی بوده و فراوانی سیانوفیتا و کلروفیتا با دمای آب، فسفات و نیتروژن کل ارتباط مستقیم داشته‌اند و در ماه‌های اردیبهشت و خرداد کاملاً مشهود است (اشکال ۴ و ۶). البته مطالعات Bagheri و همکاران (۲۰۱۴)، Resende و همکاران (۲۰۰۷) و Kideys و همکاران (۲۰۰۵) با یافته‌های حاضر مطابقت دارد. به‌طورکلی شاخه‌های کلروفیتا و سیانوفیتا بشدت تحت تأثیر مواد مغذی در ماه‌های اردیبهشت و خرداد بوده است (شکل ۵)،

افزایش فراوانی دیاتوم‌ها در ماه شهریور (شکل ۴) نیز به دلیل افزایش بار مواد مغذی ناشی از زهاب‌های باغات و افزایش بارندگی در حوضه رودخانه کن بوده است (Bagheri, 2016). مطالعات فیتوپلانکتون رودخانه کن نشان داد، از نظر میزان شاخه‌های شناسایی‌شده با رودخانه‌های مناطق دیگر دارای اختلافی بوده است، به‌طورکلی رودخانه کن در مطالعه حاضر دارای ۳ شاخه و ۱۹ جنس بوده است (جدول ۱)؛ که در مقایسه با سایر رودخانه‌ها به‌جز رودخانه کرگانرود از تنوع کمتری برخوردار بود. در مطالعات پیشین در رودخانه زاینده‌رود ۴ شاخه و ۲۵ جنس فیتوپلانکتون ((Sabkara and Makaremi, 2008، رودخانه شفارود ۵ شاخه و ۲۵ جنس، رودخانه حویق ۴ شاخه و ۲۱ جنس (Sabkara *et al*., 2006 a,b) و رودخانه سفیدرود ۵ شاخه و ۷۸ جنس شناسایی گردید (Sabkara *et al*., 2008)، یکی از مهم‌ترین دلایل پائین بودن تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون در رودخانه کن، فصلی بودن این رودخانه می‌باشد که در ماه‌های تابستان به دلیل استفاده مصارف کشاورزی و کاهش نزولات جوی در مناطق پائین‌دست رودخانه دبی به حداقل رسیده و خشک می‌گردد (Bagheri, 2016).

تشکر و قدردانی

این مطالعه در قالب طرح خاص به سفارش و حمایت مالی سازمان مهندسی عمران شهر تهران به شماره قرارداد ۹۲-۳۵۹۷-۱۳۶ س ع، در موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی انجام گردید. جهت همکاری‌های بی‌دریغ همکاران محترم آزمایشگاه پلانکتون خانم مرضیه مکارمی برای شناسایی فیتوپلانکتون و خانم فریبا مددی جهت آماده‌سازی نمونه‌ها قدردانی می‌گردد. همچنین آقایان مهندسین ذوالفقاریان، حجازی، عفت منش، بابک محمودی، جواد بیات و مشاورین محترم طرح آقایان دکتر عبدلی و دکتر هاشمیان از دانشگاه شهید بهشتی و سایر عزیزان که از قلم افتاده‌اند، در اجرای این طرح صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابـع

APHA. 2005. Standard method for the examination of water and wastewater. Washigton, DC, USA. 1265 p.

Bagheri, S., Mashhor, M., Makaremi, M., Mirzajani, A., Babaei, H., Negarestan, H., Wan-Maznah, W.O. 2010. Distribution and composition of phytoplankton in the south-western Caspian Sea during 2001–2002, a comparison with previous surveys. World Journal of Fish and Marine Sciences. 2: 416-426.

Bagheri, S., Mansor, M., Makaremi, M., Sabkara, J., Wan-Maznah, W.O., Mirzajani, A., Khodaparast, S.H., Ghandi, A., Khalilpour, A. 2011. Fluctuations of phytoplankton community in the coastal waters of Caspian Sea in 2006. American Journal of Applied Sciences. 8: 1328-1336.

Bagheri, S. 2012. Ecological assessment of plankton and effect of alien species in the south-western Caspian Sea. PhD thesis. Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.

Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Makaremi, M., Wan Omar, W.O., Negarestan, H. 2012a. Phytoplankton species composition and abundance in the southwestern Caspian Sea. Ekoloji. 21: 32-43.

Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Wan Maznah, W.O., 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.

Bagheri, S., Turkuglo, M., Abedini, A. 2014. Phytoplankton and Nutrient Variations in the Iranian Waters of the Caspian Sea (Guilan region) during 2003–2004. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 14: 231-245.

Bagheri, S. 2016. Limnological study of Kan River in the Persian Gulf lake (Chitgar-Tehran) catchment area. Iranina Fisheries Sciences Institute, Anzali, Iran. 94 p. (in Persian)

Bertoni, R. 2011. Limnology of rivers and lakes. Institute of Ecosystem Study, ISE-CNR, Verbania, Italy, UNESCO-EOLSS. 68 p.

Bellinger, E.G., Sigee, D.C. 2010. Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators. John Wiley & Sons publication. 136 p.

Boney, A.D. 1989. Phytoplankton. Edward annoid. British Library Cataloguing Publication data. 118 p.

Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Department of Fisheries and Applied Aquacultures. 114 p.

Boyce, D., Lewis, M., Worm, B. 2010. Global phytoplankton decline over the past century. Nature. 466: 591-596.

Honjo, T. 1993. Overview on bloom dynamics and physiological of Heterosigma akashiwo. In Smayda, T.J. and Shimizu (eds) Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier Science Publishing Co., New York: 29-40.

Islam, M.S. 2008. Phytoplankton diversity index with reference to Mucalinda Sarovar, Bodh- Gaya. In: Sengupta, M., Dalwani, R. (eds.). Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference. 462-463.

Kideys, A.E., Soydemir, N., Eker, E., Vladymyrov, V., Soloviev, D., Melin, F. 2005. Phytoplankton distribution in the Caspian Sea during March 2001. Hydrobiology. 543: 159-168.

Krebs, C.J. 1994. Ecological methodology. Second edition, U.K: An imprint of Addison Wesley Longman. 620 p.

Kufel, L. 2001. Uncopling of chlorophyll and nutrients in lakes – possible reasons, expected Consequences. Hydrobiologia. 443: 59-67.

Li, S., Mathias, J. 1994. Freshwater Fish Culture in China: Principles and Practice, Volume 28, 1st edition, U.S, Elsevier Science. 445 p.

Mousavi, M. 1991. Hydrologi and Hydrobiology of Kheiroud River. Mazandaran Fisheries Research Center. Sari. 68 p.

Newell, G.E., Newell, K.C. 1977. Marin Plankton, Hutchinson and co London. 242 p.

Palmer, M.C. 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. Journal of Phycology. 5: 78-82.

Resende, P., Azeiteiro, U.M., Goncalves, F., Pereira, M.J. 2007. Distribution and ecological preferences of diatoms and dinoflagellata in the west Iberian coastal zone (North Portugal). Acta Oecologica. 32: 224-235.

Richardson, A.J. 2008. In hot water: zooplankton and climate change. ICES Journal of Marine Science. 65: 279-295.

Sabkara, J., Makaremi, M., Mohammadjani, T. 2006a. Distribution and abundance of Plankton in the Hevigh River. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 15 (3): 75-86. (in Persian)

Sabkara, J., Makaremi, M., Mohammadjani, T. 2006b. Distribution and abundance of plankton in the Karkanroud River. Journal of Pajohesh and Sazandegi. 73 (4): 65-73. (in Persian)

Sabkara, J., Makaremi, M. 2008. Study of fish culture farm in the Zayandehroud River (Kohrang area). Iranian Fisheries Sciences Institute, Iran. 24 p. (in Persian)

Sabkara, J., Nezami, S., Makaremi, M., Mohammadjani, T. 2008. Plankton state in Sephidroud River during 1994-2000. The first of Iranian Fisheries Conference. 7-12 May. Azad University, Lahijan, Iran. pp. 48-51. (in Persian)

Sabkara, J., Makaremi, M. 2016. Plankton community of Yamchi dam for potential of Aquaculture (Ardabil state). Aquaculture Development Journal. 10(1): 71-89. (in Persian)

Tabari, M. 1991. Hydrologi and Hydrobiology of Siahroud River, Mazandaran state. Mazandaran Fisheries Research Center, Sari. 76 p. (in Persian).

Thorp, J.H., Covich, A.P. 2001. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Second Edition-Academic Press.

Turkoglu, M. 2008. Synchronous blooms of the coccolithophore Emiliania huxleyi (Lohmann) Hay & Mohler and three dinoflagellata in the Dardanelles (Turkish Straits System). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 88: 433-441.

Winder, M., Reuter, J.E., Schladow, S.G. 2009. Lake warming favours small-sized planktonic diatom species. Proceedings of the Royal Society. doi: 10.1098/rspb. 2008.1200.

Wetzel, R.A., Likens, G.E. 1991. Limnological analyses. 2nd Edition. Springer-Verlag. New York. 391 p.