

تغییرات زمانی جامعه فیتوپلانکتونی دریاچه زریبار در لایه‌های سطحی (نیم متری) آب

تحسین رحمانی^۱، هادی پورباقر^{۱*}، آرش جوانشیر خوئی^۱ و برزان بهرامی کمانگر^۲

^۱ دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات، کرج صندوق پستی ۴۳۱۴، ایران

^۲ دانشگاه کردستان، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات، سنندج، ۴۱۶، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۳/۳۰)

چکیده

بررسی تنوع زیستی و تهیه لیست فیتوپلانکتون‌های موجود در یک منبع آبی می‌تواند در کلیه‌ی مطالعات آتی آن منبع مورد استفاده قرار گیرد. چنین مطالعاتی اطلاعات مفیدی را از وضعیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی اکوسیستم‌های آبی خواهد داد. مطالعه حاضر با هدف ارائه‌ی لیست فیتوپلانکتون‌های دریاچه‌ی زریبار (استان کردستان) و همچنین بررسی پراکنش آنها در ماه‌های مختلف انجام شد. نمونه‌برداری در ۳ نقطه مختلف هر ۲ ماه یکبار از شهریور ۸۹ تا تیر ۹۰ انجام پذیرفت. در مجموع ۵۳ جنس فیتوپلانکتون در قالب ۹ شاخه و ۱۴ راسته شناسایی شد. بررسی شاخص غنای جنس (دامنه‌ای از ۲۰ تا ۴۹ جنس) و تنوع شانون (دامنه‌ای از ۲/۳۶ تا ۳/۷۹) نشان داد که تنوع جامعه فیتوپلانکتونی دریاچه بالا بود. سیانوباکتری‌ها (از جنس‌های *Lyngbya*، *Cylindrospermopsis* و *Microcystis*) در ماه‌های شهریور و آبان، دیاتومه‌ها (از جنس‌های *Synedra* و *Cyclotella*) در سایر ماه‌ها قسمت اعظم جامعه فیتوپلانکتونی را تشکیل دادند. از میان سایر شاخه‌های فیتوپلانکتونی جلبک‌های سبز (از جنس‌های *Chlorella* و *Scenedesmus*) در ماه‌های اسفند و تیر و جلبک‌های طلایی-قهوه‌ای از جنس *Gonyostomum* در ماه‌های اردیبهشت و تیر و از جنس *Dinobryon* در ماه دی جزو جنس‌های غالب دریاچه بودند. مطالعات بیشتری در حد گونه مورد نیاز است تا تصویر صحیح‌تری از جامعه فیتوپلانکتونی دریاچه زریبار ارائه گردد.

واژه‌های کلیدی: فیتوپلانکتون، شاخص تنوع زیستی، دریاچه زریبار.

مقدمه

فیتوپلانکتون‌ها موجوداتی با پراکنش جهانی در زیستگاه‌های مختلف هستند. آنها حلقه اول زنجیره غذایی را در اکوسیستم‌های آبی ساکن تشکیل داده و از فتوسنتز کنندگان اصلی هستند. تخمین دقیقی از تعداد گونه‌های فیتوپلانکتونی موجود نیست (Reynolds, 2006). قسمت اعظم آنها در آب شیرین، برخی در آب شور و بخشی از آنها نیز در هر دو اکوسیستم موجود می‌باشند (Suthers and Rissik, 2008). این تنوع بالا در نتیجه‌ی انعطاف پذیری اکولوژیکی و توانایی آنها در تحمل شرایط مختلف اقلیمی و استرس‌های محیطی است. در خصوص شناسایی و بررسی جامعه فیتوپلانکتونی در ایران در چند سال اخیر مطالعات قابل توجهی انجام شده از قبیل: (Gholami et al., 2005; Nasrollahzadeh et al., 2008;) به (Gharibkhany et al., 2009; Salavatian et al., 2010). علاوه بر عوامل تأثیرگذار بر تنوع، فراوانی، پراکنش، توالی و غالبیت گونه‌های آنها در چند سال اخیر رشد چشم‌گیری در سطح دنیا داشته که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: (Beamud et al., 2010; Joo et al., 2010;) (Tilahun and Ahlgren, 2010; Spatharis et al., 2011). به طور کلی شناسایی فیتوپلانکتون‌ها با اهداف مشخص و حتی مرتبط با سلامت انسانی انجام می‌شود. برخی فیتوپلانکتون‌های آب شیرین (مانند انواعی از سیانوباکتری‌ها) سمومی تولید می‌کنند که علاوه بر ایجاد مسمومیت و مرگ میر در آبزیان می‌تواند سبب بروز بیماری‌های کلیوی، معدی، روده‌ای، سرطان و حتی مرگ در انسان گردد (Sierp et al., 2009). لذا تهیه لیست فیتوپلانکتون‌های یک منبع آبی می‌تواند به کنترل انواع مضر آن کمک نماید. فیتوپلانکتون‌ها شاخص زیستی بسیار حساس شرایط زیست محیطی منابع آبی بوده و مطالعه آن‌ها می‌تواند اطلاعات مفیدی از شرایط کیفی آب حاصل نماید. به عنوان مثال بررسی جامعه دیاتومه‌ها در مطالعه شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب تالاب‌ها کاربرد بسیار دارد (U.S.EPA, 2002). به علاوه درک صحیح از نقش فیتوپلانکتون‌ها در اکوسیستم‌ها نیاز به تشخیص آنها و بررسی پارامترهای مربوطه (ترکیب گونه‌ای، بیوماس، فراوانی، توالی و غیره) دارد.

دریاچه زریبار در استان کردستان از اهمیت فرهنگی، اقتصادی و اکولوژیکی بالایی برخوردار بوده و تنوع زیستی جانوری و گیاهی بالایی را در خود جای داده است. تاکنون مطالعات محدودی بر روی جامعه‌ی فیتوپلانکتونی دریاچه

زریبار صورت گرفته و لیست معتبری از سوی مراکز دانشگاهی برای فیتوپلانکتون‌های آن ارائه نشده است. تهیه این لیست می‌تواند مطالعات فیتوپلانکتونی آبی را تسهیل سازد و در مدیریت دریاچه مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

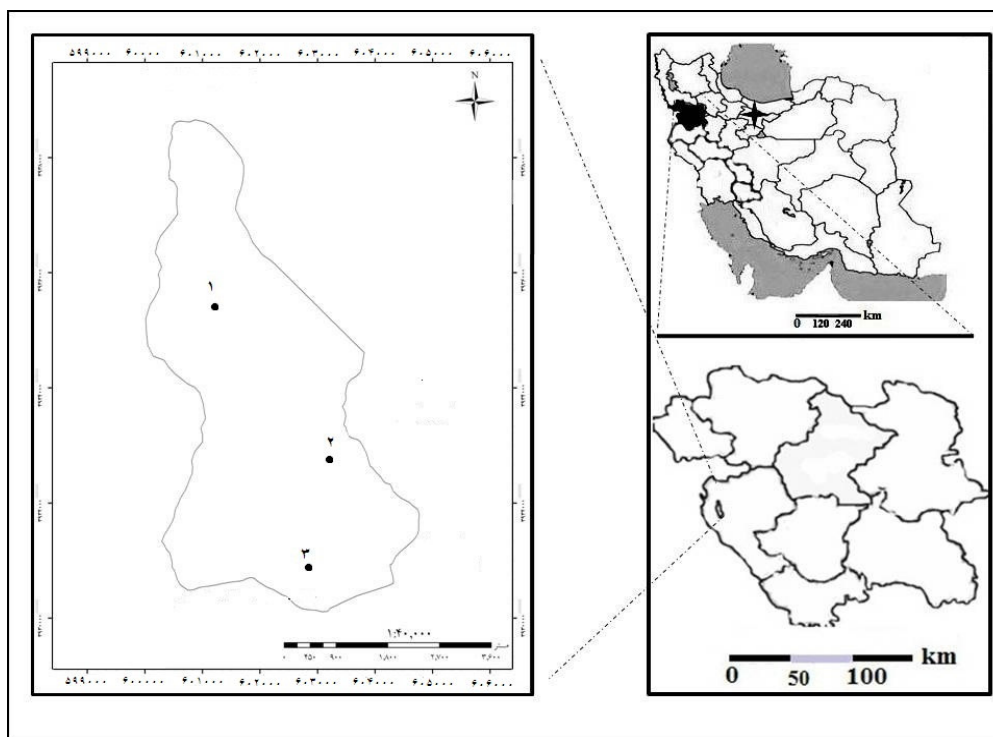
محدوده مطالعه

دریاچه زریبار با مساحت حدود ۲۰۰۰ هکتار در منتهی الیه غرب کشور در چند کیلومتری شهرستان مریوان، استان کردستان در مختصات جغرافیایی "۳۱°۳۰'۳۵" تا "۶°۳۷'۳۵" عرض شمالی و "۵۲°۰۳'۴۶" تا "۴۷°۱۰'۴۶" طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). در مجموع میانگین عمقی دریاچه برابر با ۳/۶ متر و حداکثر عمق آن ۵/۵ متر است. بیش از ۶۰ درصد سطح دریاچه را گیاه نی (*Phragmites australis*) پوشانده و سایر گیاهان آبی نیز (به عنوان مثال *Myriophyllum* و *Ceratophyllum*) از بیوماس بالایی برخوردار هستند.

در این مطالعه مجموعاً از سه ایستگاه نمونه برداری گردید. ناحیه شمالی نزدیک به ورودی آب شیرین دریاچه (با مختصات "۲۷°۳۳'۳۵" N و "۱۹°۰۷'۴۶" E)، ناحیه میانی (با مختصات "۱۲°۳۲'۳۵" N و "۲۶°۰۸'۴۶" E) و منتهی الیه جنوبی دریاچه (با مختصات "۲۹°۳۱'۳۵" N و "۵۹°۰۷'۴۶" E) که موقعیت آنها در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه برداری هر دو ماه یکبار از شهریور ۸۹ آغاز شده و به مدت یک سال ادامه داشت. به دلیل تجمع فیتوپلانکتون‌ها در لایه سطحی آب، نمونه برداری‌ها در عمق ۵/۰ متری و بوسیله نمونه‌بردار روتتر انجام پذیرفت. به منظور شناسایی و تعیین نسبت جنس‌های فیتوپلانکتون در هر ایستگاه ۱ نمونه آب با حجم ۱ لیتر برداشت گردید. سپس هر نمونه بوسیله محلول لوگل با نسبت حجمی ۱ به ۱۰۰ فیکس شد. عمل رسوب دهی فیتوپلانکتون در محفظه‌های ۱۰ میلی‌لیتری اوترمول و به مدت ۲۰ ساعت در محیط تاریک و بی حرکت انجام شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ معکوس و در ترانسکت‌های شعاعی بررسی شدند. به طوری که هر زمینه میکروسکوپی با دو بزرگنمایی ۴۰۰ برابر برای فیتوپلانکتون‌های بزرگ (سایز بالای ۲۰ میکرون) و ۱۰۰۰ برابر برای فیتوپلانکتون‌های ریز (سایز زیر ۲۰ میکرون) مشاهده گردید. شناسایی فیتوپلانکتون‌ها در حد جنس با استفاده از کلید شناسایی ارائه شده در کتاب جلبک‌های آب شیرین انجام گرفت (Bellinger and Sige, 2010). به منظور تعیین نسبت

فیتوپلانکتون شمارش شده در هر نمونه است) و در نهایت تعداد هر جنس ثبت شد.

جنس‌ها در هر نمونه حداقل ۱۰۰۰ عدد فیتوپلانکتون شمارش گردید. که درصد خطای شمارش معادل $6/32$ درصد بوده (درصد خطا $= 100 \times (2/\sqrt{n})$ که در آن n برابر تعداد



شکل ۱: موقعیت دریاچه زریبار و نقاط نمونه برداری.

در آبان ماه و برابر با ۴۹ جنس و کمترین غنا در دی ماه مشاهده شده و برابر با ۲۰ جنس بود. شاخص تنوع شانون در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف مقدار بالایی نشان داده و دامنه‌ای از $2/3$ تا $3/8$ را شامل شد (شکل ۲). جنس‌های فیتوپلانکتونی موجود در دریاچه زریبار دارای نوسانات بسیاری در ماه‌های نمونه برداری بودند. به طور کلی در هر دوره‌ی نمونه برداری ۳ جنس غالب در دریاچه مشاهده گردید که هر کدام درصد قابل توجهی از جامعه‌ی فیتوپلانکتونی زریبار را تشکیل دادند (جدول ۱). قسمت عمده آنها را دیاتومه‌ها و سیانوباکتری‌ها تشکیل داده و به علاوه جنس‌های *Chlorella* و *Scenedesmus* از جلبک‌های سبز، جنس‌های *Dinobryon* و *Gonyostomum* از جلبک‌های طلایی-قهوه‌ای را شامل شدند. سایر شاخه‌های فیتوپلانکتونی دریاچه از فراوانی بسیار کمی برخوردار بودند. جنس‌هایی مانند *Nephroclytium* و *Aphanocapsa* فقط در ماه‌های گرم و *Dinobryon*، *Synedra* و *Cymbella* فقط در ماه‌های سرد مشاهده شد. نوسان برخی جنس‌ها از قبیل

برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی غنای جنس (تعداد جنس‌های مشاهده شده در نمونه مورد نظر) و شاخص شانن-وینر $(-\sum bi/B \log_2(bi/B))$ که در آن bi تعداد افراد جنس i و B تعداد کل افراد است) از نرم‌افزار Biodiversity Pro 2 استفاده گردید. به منظور بررسی رابطه فراوانی شاخه‌های فیتوپلانکتونی با یکدیگر از آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) استفاده گردید. PCA با استفاده از ماتریس همبستگی انجام شد چون داده‌های فراوانی فیتوپلانکتون‌ها دارای واریانس‌های بسیار متفاوتی بودند. بر اساس پلات، دو مولفه اصلی (PC) در آنالیز انتخاب گردید. PCA با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد.

نتایج

تنوع جامعه فیتوپلانکتونی

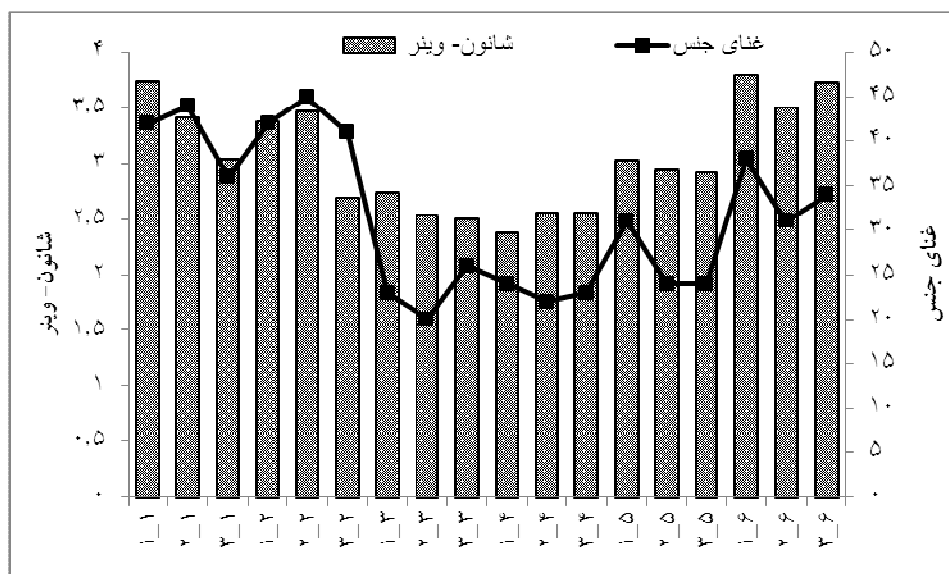
در دریاچه زریبار ۵۳ جنس فیتوپلانکتون در قالب ۹ شاخه و ۱۴ راسته شناسایی گردید که فراوانی آنها در طول ماه‌های مختلف، متفاوت بود (جدول ۱). بیشترین غنای جنس

دی و تیر در حوالی ایستگاه سوم داشت. بیشترین فراوانی Euglenophyceae در شهریور در ایستگاه اول، در ماه‌های آبان و اردیبهشت در ایستگاه دوم و در سایر ماه‌ها در مجاورت ایستگاه سوم بود. همچنین برخی شاخه‌ها مانند Cryptophyceae در ماه‌های اردیبهشت، تیر و شهریور و Xanthophyceae در ماه‌های اسفند و اردیبهشت حضور نداشتند.

بررسی همبستگی شاخه‌ها نشان می‌دهد که روابط آنها با همدیگر در ماه‌های مختلف، متفاوت بود. به عنوان مثال Chrysophyceae با Dinophyceae در ماه‌های دی و اردیبهشت همبستگی منفی، در اسفند و تیر همبستگی مثبت، اما در شهریور و آبان تقریباً رابطه‌ای با هم نداشتند. با این وجود در رابطه با سیانوباکتری‌ها الگوی خاصی به چشم می‌خورد. سیانوباکتری‌ها در زمان غالبیت خود (شهریور و آبان) با سایر شاخه‌ها تقریباً همبستگی منفی داشتند. روابط سایر شاخه‌ها از الگوی خاصی پیروی نکرد.

Chlorella و *Melosira* از روند خاصی پیروی نکرد. برخی جنس‌ها مانند *Aphanothece*, *Anabaena*, *Spirogyra*، *Phacus* و *Merismopedia* فقط در ماه‌های شهریور و آبان یافت شدند. جنس *Cyclotella* در شهریور کمترین میزان خود را داشته و به تدریج تا اردیبهشت دارای روند افزایشی بوده و سپس دوباره کاهش یافت. جنس *Microcystis* در نمونه برداری دی حداقل میزان خود را داشت و سپس تا ماه آبان دارای روند افزایشی بود. جنس‌هایی مانند *Selenastrum*، *Ceratium* و *Heterocapsa* جزو جنس‌های نایاب دریاچه بودند که فقط در نمونه برداری‌های خاصی (به ترتیب در ماه‌های تیر و شهریور، دی، آبان) با تعداد بسیار اندک (هر کدام فقط ۲ عدد) یافت شدند.

بررسی نمودار حاصل از PCA نشان می‌دهد که شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتونی با توجه به تغییرات ماهیانه فراوانی متفاوتی در نقاط مختلف نمونه‌برداری داشتند (شکل ۳). به طوری که Xanthophyceae بیشترین فراوانی خود را در شهریور در ایستگاه دوم، در آبان در ایستگاه اول و در ماه‌های

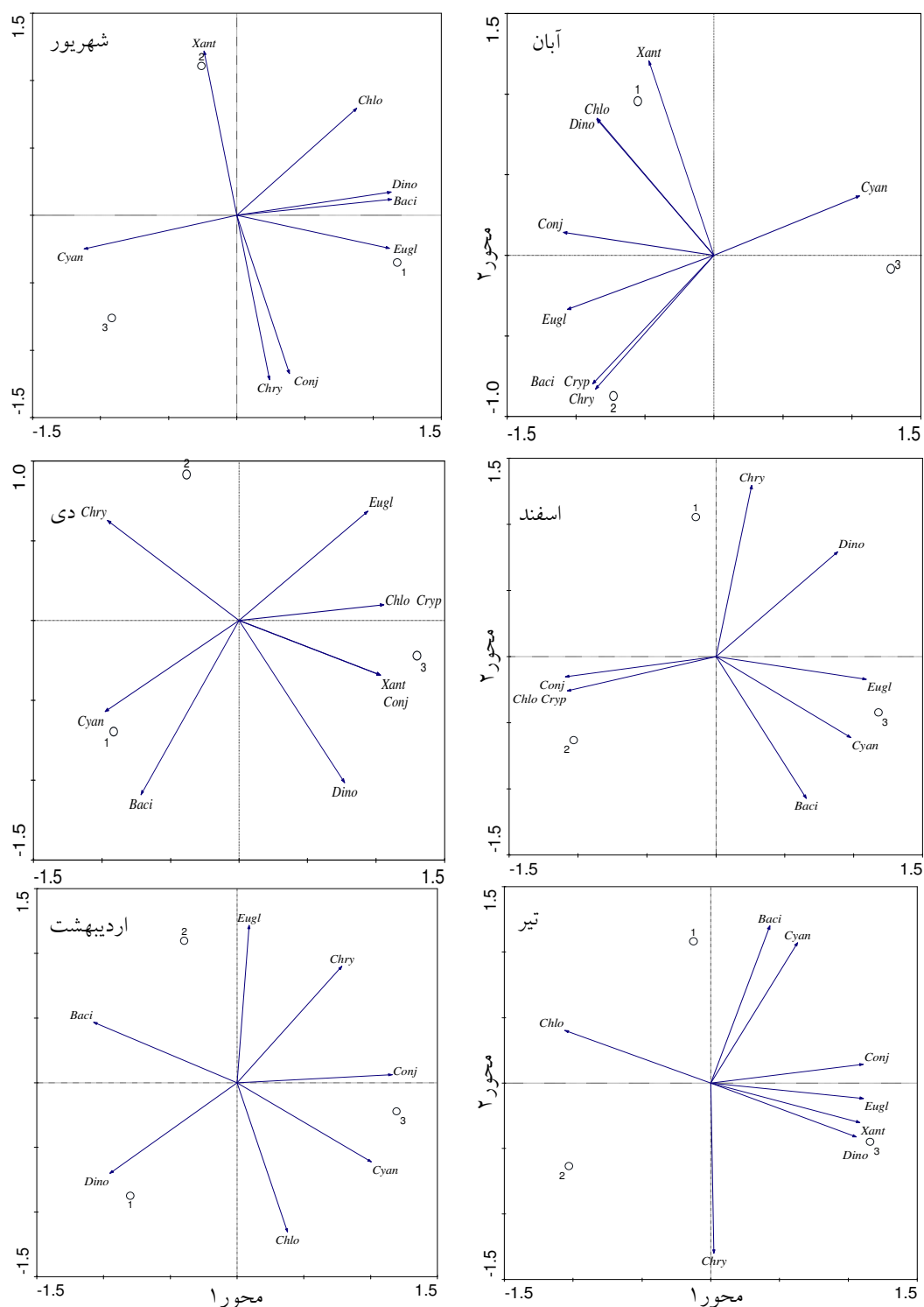


شکل ۲: نمودار مقادیر شاخص‌های تنوع غنای جنس و شانون-وینر (اعداد محور x: عدد اول از یک تا شش نشان دهنده شماره ماه به ترتیب هر دو ماه یکبار از شهریور ۸۹ تا تیر ۹۰ و عدد دوم نشان دهنده شماره ایستگاه است). با توجه به نمودار فوق غنای جنس در شهریور و آبان به بیشترین میزان خود رسیده، سپس در ماه دی کاهش یافته و دوباره به تدریج تا ماه تیر افزایش می‌یابد. تغییرات شاخص شانون-وینر نیز تقریباً منطبق بر تغییرات غنای جنس بوده است.

جدول ۱: لیست شاخه، راسته و فراوانی جنس‌های فیتوپلانکتونی دریاچه زریبار در ماه‌های مختلف

شاخه	راسته	جنس	شهریور	آبان	دی	اسفند	اردیبهشت	تیر
	Centrales	<i>Melosira</i>	۹	۹	۶	۱۳	۱۲	۲
	Centrales	<i>Aulacoseira</i>	۶	۳۱	۴	۶	۴	۲
	Centrales	<i>Rhizosolenia</i>	۱۷	۷۱	۲	۱۸	۹	۲۴
	Centrales	<i>Stephanodiscus</i>	۱۸	۲۱	۱۵۳	۴۵	۲۷	۱۳
	Centrales	<i>Cyclotella</i>	۸۳	۹۴	*۳۹۶	*۶۶۶	*۹۱۲	*۳۴۰
Bacillariophyceae	Pennales	<i>Navicula</i>	۵	۱۰	۴	۳۱	۳۰	۱۱
	Pennales	<i>Cymatopleura</i>	۱	۱۳	۱	۹	۴	۸
	Pennales	<i>Surirella</i>	۱۳	۱۹	۹	۹	۵	۰
	Pennales	<i>Cymbella</i>	۰	۳	۱۹	۱۵	۰	۱
	Pennales	<i>Synedra</i>	۵۰	۱۰۶	*۱۴۸۲	*۱۴۶۴	*۵۵۹	۲۰۶
	Pennales	<i>Nitzschia</i>	۰	۱۲	۶	۱۲۴	۷۷	۵۲
	Chlorococcales	<i>Sphaerocystis</i>	۲۳	۷	۰	۰	۰	۱۶
	Chlorococcales	<i>Pediastrum</i>	۶	۴	۰	۰	۰	۱۱
	Volvocales	<i>Pandorina</i>	۱۷	۱۴	۰	۰	۶	۱
	Chlorococcales	<i>Ankistrodesmus</i>	۱۱	۴	۰	۰	۱	۲۱
	Chlorococcales	<i>Tetraedron</i>	۳۳	۴۴	۳۴	۵	۲۵	۱۳۷
	Chlorococcales	<i>Chlorella</i>	۲۳۶	۱۱۳	۱۶۰	*۴۵۷	۳۲۷	۸۷
	Chlorococcales	<i>Quadrigula</i>	۵۱	۷	۰	۰	۱	۹
Chlorophyceae	Chlorococcales	<i>Scenedesmus</i>	۳۹	۶۱	۱۵	۱۴	۱۱۳	*۵۴۸
	Chlorococcales	<i>Golenkina</i>	۳۲	۶	۰	۰	۰	۱
	Chlorococcales	<i>Selenastrum</i>	۱	۰	۰	۰	۰	۱
	Chlorococcales	<i>Coelastrum</i>	۶	۲	۰	۰	۰	۷۸
	Volvocales	<i>Volvox</i>	۵	۵	۰	۰	۲	۰
	Volvocales	<i>Eudorina</i>	۶	۸	۰	۰	۲	۱۴
	Chlorococcales	<i>Oocystis</i>	۰	۰	۰	۰	۱۱	۱۲
	Chlorococcales	<i>Nephrocystium</i>	۴	۰	۰	۰	۴	۲
Chrysophyceae	Ochromonadales	<i>Dinobryon</i>	۲	۹	*۳۲۱	۳۱	۱۲	۰
	Ochromonadales	<i>Gonyostomum</i>	۲۱	۳۰	۱۱۲	۵۸	*۶۶۷	*۲۹۸
	Ochromonadales	<i>Synura</i>	۱۹	۳	۰	۰	۰	۵
Conjugatophyceae	Zygnematales	<i>Spirogyra</i>	۳۱	۱۵	۰	۰	۰	۰
	Zygnematales	<i>Zygnema</i>	۱۸	۶۰	۲	۰	۸	۵
	Desmidiiales	<i>Staurstum</i>	۱۹	۱۶	۰	۶	۱۹	۱۶۱
	Desmidiiales	<i>Cosmarium</i>	۲	۲	۰	۰	۲	۲۲
Cryptophyceae	Cryptomonadales	<i>Cryptomonas</i>	۲	۲۱	۲۵	۹	۰	۸
	Nostocales	<i>Cylindrospermopsis</i>	*۷۹۷	*۲۷۶	۱۲	۰	۰	۰
	Oscillatoriales	<i>Oscillatoria</i>	۱۵	۲۱	۰	۱۸	۰	۲
	Oscillatoriales	<i>Spirulina</i>	۳۳	۸۹	۰	۰	۵	۰
	Nostocales	<i>Raphidiopsis</i>	۸	۱۰	۰	۰	۰	۶
	Chroococcales	<i>Microcystis</i>	*۳۲۰	*۳۴۰	۱۶	۸۲	۱۲۱	۲۰۰
Cyanobacteria	Nostocales	<i>Anabaena</i>	۱۲	۲	۰	۰	۰	۰
	Oscillatoriales	<i>Lyngbya</i>	*۸۶۰	*۱۴۵۲	۳۰	۳۱	۴۹	۸
	Chroococcales	<i>Chroococcus</i>	۵۴	۱۱	۱۸	۰	۸	۱۱
	Chroococcales	<i>Aphanocapsa</i>	۳۹	۵	۰	۰	۰	۲۹
	Chroococcales	<i>Aphanothece</i>	۲۱	۱۵	۰	۰	۰	۰
	Chroococcales	<i>Merismopedia</i>	۵	۶	۰	۰	۰	۰
Dinophyceae	Peridiniales	<i>Peridinium</i>	۲۷	۱۸	۰	۰	۳	۲۸
	Peridiniales	<i>Glenodinium</i>	۵	۵	۴	۴	۲	۶
	Peridiniales	<i>Ceratium</i>	۰	۲	۰	۰	۰	۰
	Peridiniales	<i>Heterocapsa</i>	۰	۰	۲	۰	۰	۰
Euglenophyceae	Euglenales	<i>Trachelomonas</i>	۱۶	۱۳	۲۲۸	۴۱	۴۳	۴
	Euglenales	<i>Euglena</i>	۴	۹	۱	۱	۰	۰
	Euglenales	<i>Phacus</i>	۴	۲	۰	۰	۰	۰
Xanthophyceae	Tribonematales	<i>Tribonema</i>	۱	۵	۱	۰	۰	۱۲

*جنس‌های غالب دریاچه که درصد قابل توجهی از کل فراوانی را به خود اختصاص دادند.



شکل ۳: بردارهای ویژه (eigenvector) برای شاخه‌های فیتوپلانکتونی و امتیازهای (score) مکان نمونه برداری حاصل از PCA. علائم اختصاری شاخه‌های فیتوپلانکتونی بدین شرح است: (Chry) Chrysophyceae، (Chlo) Chlorophyceae، (Baci) Bacillariophyceae، (Cryp) Cryptophyceae، (Xant) Xanthophyceae، (Eugl) Euglenophyceae، (Dino) Dinophyceae، (Cyan) Cyanobacteria، (Conj) Conjugatophyceae. دایره‌ها و شماره آن نشان‌دهنده مکان نمونه برداری و زاویه بین بردارها نشان‌دهنده همبستگی بین آنها است. به طوری که زاویه ۹۰ درجه به معنی عدم رابطه، زاویه بیش از ۹۰ درجه نشانه همبستگی منفی و کمتر از ۹۰ درجه به معنی همبستگی مثبت است. به عنوان مثال در شهریور ماه Dinophyceae با Cyanobacteria همبستگی منفی بالا و با Bacillariophyceae همبستگی مثبت بالایی دارد. تفسیر سایر شاخه‌ها نیز به همین طریق است.

بحث و نتیجه گیری

دیاتومه‌ها گروه عمده جامعه فیتوپلانکتونی دریاچه زریبار بودند که در طی ماه‌های مختلف فراوانی و تنوع بالایی را به خود اختصاص دادند. از میان دیاتومه‌ها جنس‌های *Cyclotella* و *Synedra* جزو جنس‌های غالب دریاچه بودند. دیاتومه‌ها بویژه در دریاچه‌های با مواد مغذی بالا به غالبیت می‌رسند (Reynolds, 2006). علاوه بر غلظت مواد مغذی پارامترهای دیگری نیز به شرح زیر بر ساختار جامعه دیاتومه‌ها تاثیرگذار است. Cardoso and Marques (2009) بیان نمودند که اختلاط آب سبب تغییر در ترکیب جامعه فیتوپلانکتونی می‌گردد. (Allende et al., 2009) در مطالعه چندین دریاچه کم عمق بیان کردند که وجود دیاتومه‌ها بستگی به میزان تلاطم و اختلاط آب داشته و حضور دائم آنها نشانه تلاطم بالای آب است. زیرا دیاتومه‌ها به علت دارا بودن پوسته سیلیسی چگالی بیشتر از آب داشته و برای باقی ماندن در لایه یوفوتیک نیازمند آب‌های پر تلاطم هستند. مطالعه Moaghar and Shultz (1973) نشان داد که زریبار دریاچه‌ای فاقد لایه‌بندی حرارتی بوده و به طور دائم در حال اختلاط است. بنابراین مهمترین دلیل حضور و غالبیت دیاتومه‌ها در اکثر ماه‌های سال (دی، اسفند، اردیبهشت و تیر) احتمالاً اختلاط دائم آب بوده و با توجه به دمای پایین آب در ماه‌های سرد سال ناشی از قرار گرفتن دریاچه زریبار در منطقه معتدله، بیشترین فراوانی آنها در ماه‌های دی و اسفند (حدود ۷۰٪ فراوانی کل) مشاهده گردید.

سیانوباکتری‌ها پس از دیاتومه‌ها از نظر فراوانی دومین گروه جامعه فیتوپلانکتونی دریاچه زریبار را تشکیل دادند. دلیل اصلی فراوانی بالای سیانوباکتری‌ها می‌تواند شرایط مطلوب محیطی جهت شکوفایی (مواد مغذی بالا) و درنهایت خصوصیات منحصر به فرد آنها باشد. به عبارت دیگر، سیانوباکتری‌ها در دریاچه‌های نواحی معتدله غنی از مواد مغذی با افزایش دما (Reynolds, 2006) بدلیل توانایی زیست در دامنه وسیعی از کدورت (Rissik et al., 2008)، مقاومت در برابر چرای زئوپلانکتونی، توانایی تنظیم شناوری، مقاومت نسبت به شدت نور کم و pH بالا به غالبیت می‌رسند (Bellinger and Sige, 2010). اهمیت سیانوباکتری‌ها از این لحاظ است که معمولاً ترکیباتی از خود ترشح می‌کنند که تاثیر برخی از آنها بر روی سایر جانداران بسیار زینبار بوده و عملاً سم محسوب می‌شوند. سیانوباکتری‌های غالب دریاچه در ماه‌های شهریور و آبان، جنس‌های *Lyngbya*، *Cylindrospermopsis* و *Microcystis* بودند که جزو معروفترین تولیدکنندگان ترکیبات سمی هستند (Chorus and Bartram, 1999). بنابراین اهمیت این موضوع،

بررسی تاکسیکولوژی فیتوپلانکتون‌های دریاچه زریبار بویژه سیانوباکتری‌ها را در مطالعات آتی ضروری می‌نماید.

در میان سایر شاخه‌های فیتوپلانکتونی، با وجود اینکه از جلبک‌های طلایی-قهوه‌ای تنها سه جنس *Dinobryon*، *Gonyostomum* و *Synura* تشخیص داده شد اما از نظر فراوانی درصد قابل توجهی را به خود اختصاص داده و دو جنس آنها در ماه‌های دی (*Dinobryon*)، اردیبهشت و تیر (*Gonyostomum*) جزو جنس‌های غالب بودند. اکثر گونه‌های جنس *Dinobryon* در ماه‌های پایین (Lehman, 1976) و حتی در زمان یخ زدگی آب یافت می‌شوند. بنابراین احتمالاً یکی از دلایل غالبیت آن در دی ماه دمای بسیار پایین آب دریاچه در آن زمان بوده است. جنس *Gonyostomum* (Reynolds, 2006) و *Synura* (Bellinger and Sige, 2010) به طور خاص مشخصه دریاچه‌های هومیک هستند. با توجه به اینکه ناحیه وسیعی از اطراف دریاچه را پوشش جنگلی فرا گرفته و ورود لاشبرگ جنگلی به درون دریاچه و تجزیه ناقص آنها به همراه تجزیه ناقص لاشبرگ گیاهان آبی دریاچه می‌تواند مواد هومیک تولید نماید. بنابراین حضور این مواد هومیک می‌تواند عامل حضور و فراوانی بالای این جنس‌ها در دریاچه زریبار باشد.

به طور کلی در دریاچه‌های غنی از مواد مغذی جلبک‌های سبز توانایی رقابت با سیانوباکتری‌ها و دیاتومه‌ها را نداشته و معمولاً در اوایل تابستان شکوفایی کوتاه مدتی دارند (Bellinger and Sige, 2010). در دریاچه زریبار اگرچه جلبک‌های سبز دارای تنوع بالایی بودند اما تنها جنس‌های غالب از این گروه *Scenedesmus* و *Chlorella* بوده که هر دو آنها توانایی بالایی در زیست در دریاچه‌های با مواد مغذی بالا را داشته (Reynolds, 2006) و از اینرو توانسته‌اند به غالبیت برسند. از طرفی جنس *Chlorella* بر خلاف اکثر جلبک‌های سبز در دامنه وسیع دمایی دیده شده (Reynolds, 1998) و لذا غالبیت آن در اسفند ماه دور از انتظار نیست.

جنس *Chlorella* به همراه جنس‌های *Synedra*، *Nitzschia* و *Navicula* که در ماه‌های سرد با فراوانی بالایی دیده شدند در شمار جنس‌های مقاوم به آلودگی آلی قرار دارند (Bellinger and Sige, 2010) و فراوانی بالای آنها نشانه آلودگی آلی آب دریاچه زریبار در زمان حضور آنها (به ویژه طی فصل سرد که بیشترین فراوانی را داشته‌اند) است. با توجه به این نکته که حجم گیاهان آبی دریاچه بسیار بالاست، منشا مواد آلی احتمالاً لاشبرگ گیاهان آبی در پایان فصل رشد آنها است. از میان گیاهان آبی گیاه نی توانایی بالایی در جذب آلاینده‌های آلی داشته (Tepe et al., 2006) و احتمالاً

نوسان بالایی با توجه به تغییرات ماهیانه بود (شکل ۲). با توجه به اینکه به لحاظ تئوری مقدار شاخص شانون وابسته به مقدار غنای جنس است بنابراین تغییرات شاخص شانون نیز همسو با غنای جنس بوده و در ماه‌های سرد کاهش یافته است. فراوانی و ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون ناشی از برخورد شرایط محیطی مختلف از قبیل دما، نور، مواد مغذی، تلاطم و به علاوه رقابت و چرای زئوپلانکتونی است (Mukherjee *et al.*, 2010). زمانی که شرایط منابع آبی دلخواه فیتوپلانکتون باشد تنوع زیستی آنها به بیشترین میزان خود می‌رسد (Chalar, 2009). با توجه به اینکه رقابت بر سر مواد غذایی وجود نداشته و در اغلب ماه‌ها جنس‌های غالب از سیانوباکتری‌ها و دیاتومه‌های غیر خوراکی بودند، تنوع فیتوپلانکتونی افزایش یافته، اما احتمالاً کاهش دما و نور در ماه‌های سرد سبب کاهش نسبی میزان غنای جنس و شاخص شانون شده است.

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که تنوع جامعه فیتوپلانکتونی دریاچه زریبار و غالبیت جنس‌های آن نظیر دریاچه‌هایی با مواد مغذی بالا است. به علاوه در بیشتر ماه‌ها روابط شاخه‌های فیتوپلانکتونی دریاچه زریبار از الگوی خاصی پیروی نکرد. این نتیجه می‌تواند ناشی از بررسی فیتوپلانکتون‌ها در رده‌های بالای تاکسونمیک باشد. از این رو پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی جامعه فیتوپلانکتونی در حد گونه شناسایی و روابط آنها بررسی گردد. همچنین تحقیقات جامعی روی سیانوباکتری‌های این دریاچه (شامل شناسایی دقیق آنها، عوامل و دلایل اصلی شکوفایی و غالبیت آنها، بیومس و نوع و مقدار سموم تولیدی آنها در حین شکوفایی) انجام پذیرفته و نتایج حاصل در جهت کنترل آنها به کار گرفته شود.

در فصول گرم سبب کنترل آنها شده اما در پایان فصل رشد نی و در ماه‌های سرد سال تجزیه متعاقب آنها آلودگی آلی دریاچه را بالا برده و منجر به حضور و یا غالبیت این جنس‌های مقاوم به آلودگی آلی شده است.

همبستگی شاخه‌های فیتوپلانکتونی با همدیگر و همچنین با نقاط نمونه برداری در طول سال بسیار متغییر بود. احتمالاً اختلاط دائم به همراه جریان‌های افقی آب دریاچه زریبار بر پراکنش مکانی فیتوپلانکتون‌ها اثر گذاشته و سبب تغییر در روابط شاخه‌های فیتوپلانکتونی با یکدیگر می‌شود. با این وجود در زمان غالبیت سیانوباکتری‌ها (شهریور و آبان) تقریباً تمامی شاخه‌های فیتوپلانکتونی همبستگی منفی با آنها داشته‌اند. این پدیده احتمالاً به دلیل تاثیر ترکیبات سمی سیانوباکتری‌ها است که در شرایط رقابتی سایر شاخه‌ها را از محیط حذف نموده (Chorus and Bartram, 1999) و پراکنش آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابراین علاوه بر عوامل زیستی چون رقابت عامل غیر زیستی یعنی اختلاط آب و جریان افقی بر روابط جامعه فیتوپلانکتونی و تغییرات زمانی فراوانی آنها در نقاط نمونه برداری تاثیر گذاشته که توسط (Maberly 2000) نیز مورد اشاره قرار گرفته است.

عدم حضور برخی شاخه‌های فیتوپلانکتونی در برخی ماه‌های سال بدلیل شرایط اکولوژیک خاص آنها است. به عنوان مثال شاخه Cryptophyceae در دماهای پایین و نزدیک یخ زدگی آب بیشترین رشد خود را داشته و از اینرو به طور معمول قسمت اندکی از جامعه فیتوپلانکتونی منابع آبی را تشکیل می‌دهند (Bellinger and Sige, 2010). بنابراین در دریاچه زریبار نیز بویژه در ماه‌های گرم (اردیبهشت، تیر و شهریور) مشاهده نشد.

میزان غنای جنس نسبتاً بالا بوده و در طول سال دارای

منابع

- Allende, L., Tell, G., Zagarese, H., Torremorell, A. Perez, G. Bustingorry, J. Escaray, R. Izaguirre, I. 2009. Phytoplankton and primary production in clear-vegetated, inorganic-turbid, and algal-turbid shallow lakes from the pampa plain (Argentina). *Hydrobiologia* 624, 45-60.
- Beamud, S.G., Diaz, M. M., Baccalá, N. B., Pedrozo, F. L., 2010. Analysis of patterns of vertical and temporal distribution of phytoplankton using multifactorial analysis: Acidic Lake Caviahue, Patagonia, Argentina. *Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters* 40, 140-147.
- Bellinger, E.G., Sige, D.C., 2010. *Freshwater algae : identification and use as bioindicators*, 1 edn. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 271 p.
- Cardoso, L.D.S., Marques, D.D.M., 2009. Hydrodynamics-driven plankton community in a shallow lake. *Aquatic Ecology* 43, 73-84.
- Chalar, G., 2009. The use of phytoplankton patterns of diversity for algal bloom management. *Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters* 39, 200-208.

- Chorus, I., Bartram, J., 1999. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management E and FN Spon, London, 400 p.
- Gharibkhany, M., Tatina, M., Ramezani, Z., Chobian, F., 2009. Studying the diversity, density and abundance of phytoplanktons of Estel lagoon in Astara. Journal of Fisheries 3, 1-15.
- Gholami, A., Ejtehadi, H., Ghassemzade, F., 2005. Species diversity and ecological studies of phytoplankton in Bazangan Lake Iranian Scientific Fisheries Journal 14, 73-90.
- Joo, S., Lee, S.-R., Park, S., 2010. Monitoring of phytoplankton community structure using terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP). Journal of Microbiological Methods 81, 61-68.
- Lehman, J.T., 1976. Ecological and nutritional studies on Dinobryon Ehrh. : Seasonal periodicity and the phosphate toxicity problem. Limnology And Oceanography 21, 646-658.
- Maberly, S. C., 2000. Ecology of Shallow Lakes: Marten Scheffer, Chapman & Hall, London, 1998, 357 pp., Aquatic Botany 68, 93-94.
- Moaghar, Sh., Shultz, M., 1973. Limnological and ichthyological assessment of Lake Zerebar. Ministry of Agriculture and Natural Resources, 63 p.
- Mukherjee, B., Nivedita, M., Mukherjee, D., 2010. Plankton diversity and dynamics in a polluted eutrophic lake, Ranchi. Journal of Environmental Biology 31, 827-839.
- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Foong, S.Y., Makhloogh, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Continental Shelf Research 28, 1153-1165.
- Reynolds, C.S., 1998. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? Hydrobiologia 369/370, 11-26.
- Reynolds, C.S., 2006. The Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, New York, 535 p.
- Rissik, D., Senden, D. V., Doherty, M., Ingleton, T., Ajani, P., Bowling, L., Gibbs, M., Gladstone, M., Kobayashi, T., Suthers, I., Froneman, W., 2008. Plankton-related environmental and water-quality issues. In Suthers, I. M. , D. Rissik (eds) Plankton: a guide to their ecology and monitoring for water quality. CSIRO, Collingwood, 256 p.
- Salavatian, S. M., Abdollahpour, H., Baluchie, S. N., Makarami, M., Mogaddam, A. P., 2010. Identification and comparison of seasonal phytoplankton density in Lar dam lake. *majale elmi takhasosie talab* (Specialised Scientific Wetland Journal) 2, 26-38 (in Persian).
- Sierp, M.T., Qin, J.G., Recknagel, F., 2009. Biomanipulation: a review of biological control measures in eutrophic waters and the potential for Murray cod *Maccullochella peelii peelii* to promote water quality in temperate Australia. Reviews in Fish Biology and Fisheries 19, 143-165.
- Spatharis, S., Roelke, D.L., Dimitrakopoulos, P.G., Kokkoris, G.D., 2011. Analyzing the (mis)behavior of Shannon index in eutrophication studies using field and simulated phytoplankton assemblages. Ecological Indicators 11, 697-703.
- Suthers, I. M., Rissik, D., 2008. Plankton: a guide to their ecology and monitoring for water quality. CSIRO, Collingwood, 256 p.
- Tepe, Y., Naz, M., Türkmen, M., 2006. Utilization of different nitrogen sources by cultures of *Scenedesmus acuminatus*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 6, 123-127.
- Tilahun, G., Ahlgren, G., 2010. Seasonal variations in phytoplankton biomass and primary production in the Ethiopian Rift Valley lakes Ziway, Awassa and Chamo – The basis for fish production. Limnological - Ecology and Management of Inland Waters 40, 330-342.
- U.S. EPA 2002. Methods for Evaluating Wetland Condition: Using Algae To Assess Environmental Conditions in Wetlands. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA-822-R-02-021.

Temporal Changes of Phytoplankton Communities in Surface Layers (0.5 m) of the Zerebar Lake

T. Rahmani¹, H. Poorbagher^{1*}, A. Javanshir Khooshe¹ and B. Bahrami Kamangar²

¹ Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj PO Box 4314, Iran

² Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Kurdistan University, Sanandaj 416, Iran

(Received: 21-Jan.2012 – Accepted: 19-Jun.2012)

Abstract

Assessment of biodiversity and providing phytoplankton checklist of a water body can be used in all subsequent studies. Such studies provide information on physical, chemical and biological conditions of aquatic ecosystems. The present study aimed to provide a phytoplankton checklist for the Zerebar Lake (Kurdistan province, Iran) and also investigate the distribution of phytoplankton community at different months. Sampling was carried out every two months from September 2010 to July 2011 in three different parts of the lake. A total number of 53 genera of phytoplankton were identified belonged to 9 classes and 14 orders. Genus richness and Shannon-Weiner indices indicated that the Zerebar Lake had high phytoplankton diversity. Cyanobacteria (the genera *Lyngbya*, *Cylindrospermopsis* and *Microcystis*) in September and November, diatoms (the genera *Synedra* and *Cyclotella*) in other months, green algae (the genera *Chlorella* and *Scenedesmus*) in March and July and Chrysophyceae from the genera *Gonyostomum* in May and July and the genus *Dinobryon* in January constituted the major parts of phytoplankton communities. The present genera indicate high concentrations of nutrients in the lake. A further study using phytoplankton species is needed to depict clearer image of phytoplankton community in the Zerebar Lake.

Keywords: Phytoplankton, Biodiversity index, Zerebar Lake.