

## پراکنش، فراوانی و تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌های دریاچه سد حنا، ایران

امیدوار فرهادیان<sup>\*</sup>، صفی‌الله حیدری، رویا صداقت، نصرالله محبوبی صوفیانی،عیسی ابراهیمی، سعید اسداله و ابراهیم متقی<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۵)

## چکیده

فیتوپلانکتون‌ها پایه تولید دراکوسیستم‌های آبی می‌باشند و اهمیت بالایی در محیط آب شیرین هم براساس اکولوژی محض و هم در ارتباط با استفاده انسان از منابع طبیعی دارند. هدف از این پژوهش تعیین پراکنش، فراوانی و تنوع جامعه فیتوپلانکتون‌های دریاچه سد حنا واقع در استان اصفهان بود. نمونه‌برداری در اواسط هر فصل طی یکسال از ۶ ایستگاه معین انجام شد. دامنه فراوانی دیاتوم‌ها، کلروفیسه، دسمیدها، دینوفیسه و سیانوفیسه به ترتیب ۲۳۹۵-۴۰۵، ۶۷۷۸-۷۸۶، ۱۴-۰، ۷۰-۰ سلول در میلی‌لیتر در فصل بهار، ۳۸۷۹-۱۲۸۱، ۴۵۱۸-۱۹۸۷، ۱۷۳-۱۳، ۱۵۷-۰ و ۸۵-۰ سلول در میلی‌لیتر در تابستان، ۱۲۶۵-۵۹۳، ۴۹۸۰-۱۹۲۶، ۱۴-۰، ۵۱-۰، ۳۷-۰ سلول در میلی‌لیتر در پاییز، و ۲۶۴-۴۸، ۶۲۴-۱۱۶، ۱۳-۰، ۵۱-۰ و ۱۳۱-۰ سلول در میلی‌لیتر در زمستان برآورد شد. در بهار از دیاتوم‌ها *Cyclotella*، *Cocconeis* و *Surirella* و از کلروفیسه *Chlorella*، *Oocystis*، *Tetraedron* غالب بود. در تابستان از دیاتوم‌ها *Surirella* و *Cyclotella* از کلروفیسه *Chlorella*، *Mougeotia*، *Scenedesmus* و *Closterium* از دسمیدها *Procoenocentrum* و از سیانوفیسه *Chroococcus* غالب بود. در پاییز از دیاتوم‌ها *Surirella* و *Cyclotella* از کلروفیسه *Mougeotia* و *Chlorella* از دسمیدها *Closterium* از دیاتوم‌ها *Cocconeis* و *Amphora* از کلروفیسه *Chlorella* و *Tetraedron* از دسمیدها *Closterium* از دیاتوم‌ها *Cocconeis* و از سیانوفیسه *Tolypothrix* غالب بودند. شاخص‌های تنوع سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف به ترتیب دامنه ۰/۷۲-۰/۴۰، ۲/۲۹-۱/۲۳ و ۱/۵۹-۰/۹۵ در بهار، ۰/۷۷-۰/۵۹، ۲/۷۳-۱/۹۷ و ۲/۸۰-۲/۱۳ در تابستان، ۰/۷۱-۰/۵۰، ۲/۳۱-۱/۵۶ و ۱/۸۲-۰/۹۶ در پاییز، ۰/۶۳-۰/۱۳، ۱/۴۲-۰/۲۷ و ۰/۹۷-۰/۱۰ در زمستان داشت. بیشترین تنوع زیستی در بهار و تابستان به دست آمد. براساس خصوصیات کیفی آب، ترکیب و تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌ها، این دریاچه را به‌عنوان یک دریاچه یوتروف می‌توان طبقه‌بندی نمود.

واژه‌های کلیدی: فیتوپلانکتون، پراکنش، فراوانی، تنوع، دریاچه سد حنا

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: omfarhad@cc.iut.ac.ir

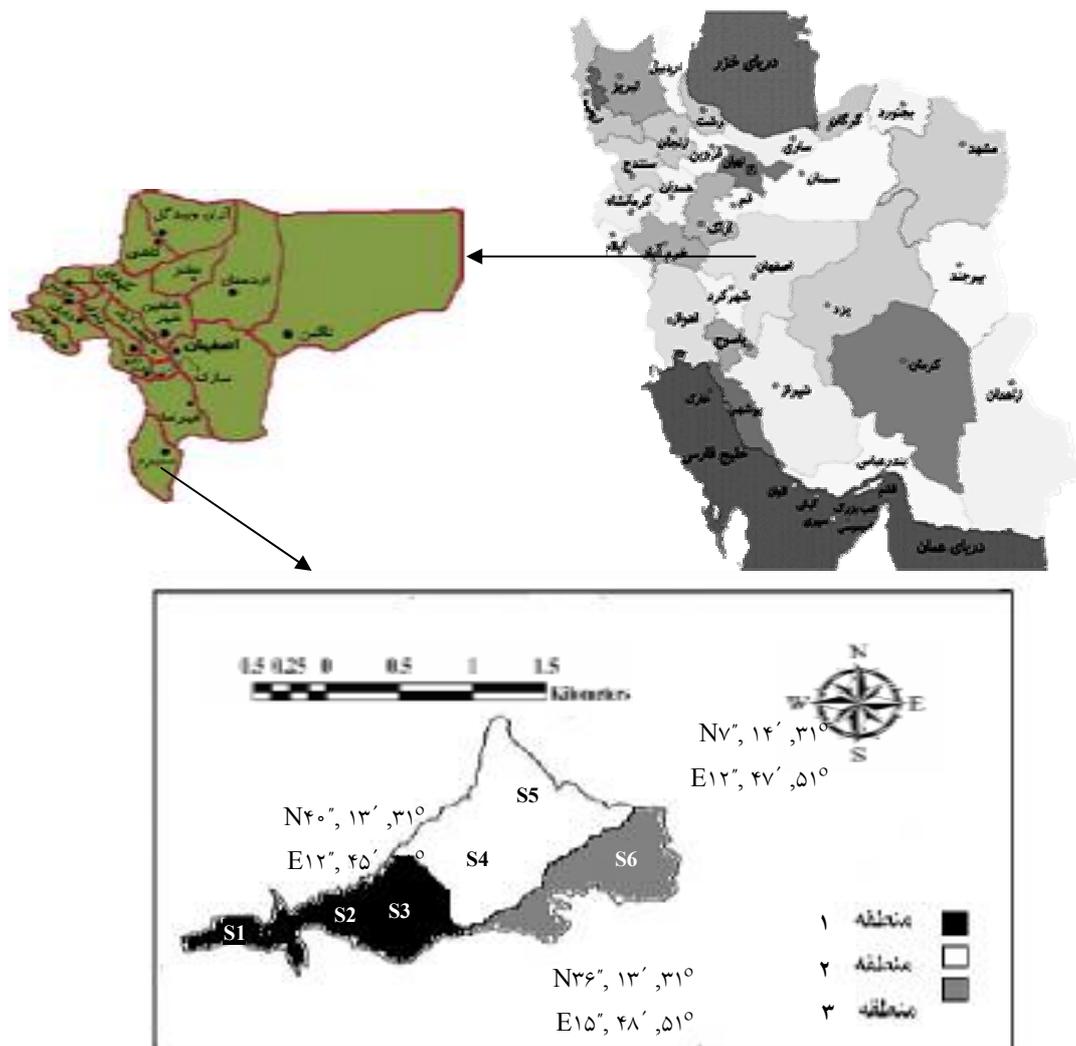
## مقدمه

فیتوپلانکتون‌ها شامل بسیاری از سیانو باکتری‌ها و جلبک‌های تک سلولی بوده که دارای کلروفیل *a* هستند (۲۲). آنها پایه حیات و تولید در آب‌های شیرین و شور دریاچه‌ها و رودخانه‌ها می‌باشند و در طبیعت پراکندگی بسیار زیادی دارند. کمتر موجوداتی را می‌توان یافت که همانند فیتوپلانکتون‌ها قادر باشند در محیط‌ها و شرایط مختلف رشد کنند. فیتوپلانکتون‌ها بر اساس اصول اکولوژیکی و هم‌چنین در ارتباط با استفاده انسان از منابع طبیعی اهمیت بالایی دارند. امروزه زیست توده فیتوپلانکتونی به‌عنوان غذای دام و آبزیان پرورشی، کودهای زیستی، کاغذسازی، تکنولوژی‌های نوین محیط‌زیست و تصفیه خانه‌های آب به‌عنوان جاذب‌های زیستی، و سوخت زیستی استفاده می‌شوند (۸، ۱۸ و ۱۹).

در بسیاری از مطالعات اکولوژیکی در خصوص فیتوپلانکتون‌ها، تنوعات زمانی و مکانی قابل ملاحظه است. بین فیتوپلانکتون‌ها و شرایط رشد و زندگی آنها در انتخاب یا تحمل فاکتورهای محیطی مشخص و معین تفاوت‌هایی وجود دارد. حضور و عدم حضور گونه‌ها، الگوهای پراکنش آنها، گوناگون بودن جامعه فیتوپلانکتون‌ها و اجتماعات آنها متأثر از فاکتورهای محیطی است که قابل اندازه‌گیری می‌باشد، اما فیتوپلانکتون‌ها همواره تحت تأثیر ارتباطات و آثار متقابل بین مشخصه‌های محیطی شناخته شده و معین با سایر پارامترهای غیرقابل اندازه‌گیری و غیرقابل انتظار قرار دارند. علاوه بر این، یک گونه ممکن است در پراکنش خود در شرایط اقلیمی، جغرافیایی و زیست شناختی بتواند عکس‌العملی داشته باشد که در گذشته آن را تجربه نموده است و تمایلی به شرایط ایجاد شده کنونی نداشته باشد. به‌طور کلی گونه‌های فیتوپلانکتونی برای نظارت بر جنبه‌های معینی از محیط زیست از جمله وقایع هیدروگرافیکی، یوتریفکاسیون، آلودگی، آمار و ارقام گرم شدن و مشکلات زیست‌محیطی به لحاظ تغییرات دراز مدت بسیار مفید هستند (۲۶). فیتوپلانکتون‌ها در سطح یا لایه اپی لیمنیون

دریاچه‌ها در تعریف و طبقه‌بندی دریاچه به لحاظ سطح تروفی (*trophic state*) و تولید اولیه اهمیت دارند. به‌عبارت دیگر ترکیب گونه‌های فیتوپلانکتون‌ها از طریق توالی فصلی (*seasonal succession*)، تنوع زیستی (*biodiversity*)، گونه‌های بیواندیکاتور (*bioindicator species*)، و شاخص‌های زیستی (*bioindices*) با سطح تروفی یک دریاچه مرتبط می‌شود (۱۰). با توجه به پیچیدگی حضور فیتوپلانکتون‌ها در هر محیط و روابط متفاوت این موجودات با گروه‌های زیستی دیگر، شناخت گروه‌های مختلف فیتوپلانکتونی بسیار اهمیت دارد.

مطالعات اکولوژیکی فیتوپلانکتون‌ها به‌صورت موردی در تالاب‌ها و دریاچه‌های ایران انجام شده است (۱، ۲، ۳، ۴ و ۶). با توجه به این‌که فیتوپلانکتون‌ها دارای گروه‌های مختلفی هستند که تأثیرات متنوعی بر تولید اولیه، ارتباطات تغذیه‌ای و رنگ و خصوصیات کیفی آب دارند لذا دستیابی به یک الگوی مناسب و قابل تعمیم برای مناطق دریاچه‌ای با اندک اطلاعات موجود دشوار است. لذا ضرورت مطالعه پایه‌ای در این خصوص همچنان در اولویت خواهد بود. در راستای مطالعات بیان شده مطالعه پراکنش، فراوانی و ترکیب گونه‌ای جامعه فیتوپلانکتون‌ها دریاچه سد حنا امری ضروری می‌باشد. این دریاچه از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی در استان اصفهان است که در ۳۰ کیلومتری شهرستان سمیرم (۱۹۰ کیلومتری جنوب شرق اصفهان) و در عرض جغرافیایی  $31^{\circ}$  و  $13'$  شمالی و طول جغرافیایی  $51^{\circ}$  و  $47'$  شرقی واقع است (شکل ۱). این دریاچه مانند یک تالاب اهمیت اکولوژیکی برای پرندگان مهاجر، حیات‌وحش و موجودات آبی به خصوص ماهیان دارد. از نظر فون ماهیان ۳ گونه ماهی بومی شامل کولی (*Alburnus sp.*)، سیاه ماهی ریز فلس (*Capoeta damascina*) و آفانیوس (*Aphanius isfahanensis*) و دو گونه ماهی کاراس طلایی (*Carassius auratus*) که توسط افراد بومی و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) که توسط شبلات به دریاچه معرفی شده‌اند (۵).



شکل ۱. نقشه دریاچه حنا و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مناطق ۱، ۲ و ۳ (S1, S2, S3) منطقه ۱، S4 و S5 منطقه ۲، S6 منطقه ۳).

قرارگرفت اما ما گمان داریم که مدیریت و نظارت دراز مدت این دریاچه می‌تواند براساس ساختار جامعه فیتوپلانکتونی، کیفیت آب و بررسی روند تغییرات پی در پی انجام شود.

### مواد و روش‌ها

#### معرفی منطقه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

موقعیت جغرافیایی دریاچه سد حنا در شکل ۱ مشخص شده است. جهت بررسی اهداف مورد نظر در این تحقیق نمونه‌برداری به مدت یک سال از تابستان ۱۳۸۶ تا بهار ۱۳۸۷

با توجه به این‌که برنامه‌های نظارت بر آب‌های شیرین بهتر است براساس شناسایی گروه‌های مختلف تاکسونومیک باشد تا هزینه‌های برنامه‌های نظارتی برای مدیریت این آب‌ها کاهش یابد. لذا بررسی پراکنش، فراوانی و تنوع فیتوپلانکتون‌ها دریاچه سد حنا در فصول مختلف سال اطلاعات کاربردی اکولوژیکی و بیولوژیکی را برای تعیین توان اکولوژیکی و نظارت و مدیریت آبی این دریاچه و دریاچه‌های مشابه فراهم خواهد نمود. اگر چه در این پژوهش بررسی تغییرات ساختاری جامعه فیتوپلانکتون‌ها و تعیین سطح تروفی دریاچه مورد بررسی

سد حنا انجام گرفت. پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل دما، pH، اکسیژن محلول و عمق رویت در محل هر منطقه با دماسنج جیوه‌ای، pH متر (دیجیتال Schottgerate، مدل ۶۶۶۲۲۱)، اکسیژن متر (مدل Paqualab ELE، ساخت آلمان) و صفحه سکنشی اندازه‌گیری شد. در این مقاله میانگین پارامترهای مورد نظر از سه عمق برای هر فصل گزارش شد. نمونه‌های آب از عمق‌های متفاوت و مناطق سه‌گانه به آزمایشگاه منتقل شد و به‌طور جداگانه نیترات و فسفات آنها اندازه‌گیری شد. نیترات به‌وسیله الکتروود انتخابگر یونی (Ion Selective Electrode، مدل JEAN WAY 3310، ساخت آلمان)، فسفات محلول به روش رنگ‌سنجی با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل JEAN WAY 6400، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد (۱۴). میانگین نتایج نیترات و فسفات دریاچه در هر فصل در این مقاله گزارش شده است.

#### نمونه‌برداری، شناسایی و تعیین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها

نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون‌ها با جمع‌آوری آب از عمق‌های بین ۰-۱ متر به میزان کافی پس از مخلوط نمودن آنها انجام شد. جهت تثبیت فیتوپلانکتون‌ها به نمونه‌های آب محلول لوگول آبودین (۱۰ میلی‌لیتر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌لیتر نمونه) اضافه شد و شناسایی جنس‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری و کلیدهای شناسایی (۱۰، ۱۳ و ۱۶) انجام گرفت. شمارش فیتوپلانکتون‌ها با استفاده از لام سدویک رفت و شمارش فرم‌های رشته‌ای فیتوپلانکتون‌ها براساس اندازه‌گیری طول رشته با استفاده از میکرومتر چشمی انجام شد (۱۰).

#### محاسبه شاخص‌های تنوع

در این مطالعه تنوع گونه‌ای در سه دسته اصلی شاخص غنای گونه‌ای (species richness) براساس شاخص مارگالف (Margalef index)، غالبیت/یکنواختی گونه‌ای (species evenness/dominance) براساس شاخص سیمپسون (Simpson index) و ترکیب غنای و غالبیت گونه‌ای براساس

در اواسط هر فصل از منطقه پلاژیک دریاچه سد حنا انجام گردید. در این مطالعه با توجه به تفاوت‌های فاحش در میانگین عمق دریاچه، ورودی آب به تالاب و تفاوت مرفولوژیکی در شکل تالاب و وسعت آن سه منطقه برای نمونه‌برداری در دریاچه سد در نظر گرفته شد (شکل ۱). منطقه ۱ (محل ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳) دارای متوسط عمق بین ۲۰-۱۰ متر، بدون ورودی آب، بستر عمدتاً سنگی و با دانه‌بندی درشت، منطقه ۲ (محل ایستگاه‌های ۴ و ۵) متوسط عمق بین ۱۲-۵ متر، دارای ورودی آب (حدود ۵۰ درصد از ورودی آب تالاب)، بستر با دانه‌بندی متوسط و ماسه‌ای، دارای گیاهان آبی شناور و غوطه‌ور، منطقه ۳ (محل ایستگاه ۶) متوسط عمق بین ۱۰-۳ متر با بستر عمدتاً رسی، دارای مواد آلی بسیار، دارای ورودی آب (حدود ۵۰ درصد از ورودی آب دریاچه)، دارای گیاهان آبی شناور و غوطه‌ور و شناور در آب است. در هر شکل تفاوت بین مناطق در مقایسه به ایستگاه‌های درون مناطق بسیار قابل ملاحظه بود. مساحت دریاچه ۷۰۰ هکتار، ارتفاع از سطح دریا ۲۳۰۰ متر، میانگین سالانه عمق آب ۱۰ متر و متوسط بارندگی سالانه منطقه ۳۸۰ میلی‌متر می‌باشد. متوسط پایین‌ترین و بالاترین دمای هوا به ترتیب در بهمن (۱/۱ درجه سانتی‌گراد) و در مرداد (۲۲/۹ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. این منطقه دارای اقلیم سرد و کوهستانی است به‌طوری‌که سطح دریاچه در نیمی از فصل زمستان پوشیده از یخ می‌باشد. بخش‌های کم عمق دریاچه به‌وسیله گیاهان بن در آب از جنس‌های *Typha*، *Phragmites*، *Juncus* و *Cyperus* اشغال می‌شود در حالی که گیاهان غوطه‌ور از جنس‌های *Myriophyllum*، *Ceratophyllum*، *Potamogeton* و *Polygonum* از اردیبهشت تا مهر وجود دارند.

#### نمونه‌برداری آب و اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی

نمونه‌برداری از آب جهت تعیین مهم‌ترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب از ساعت ۹ تا ۱۲ صبح با استفاده از نمونه‌بردار آب Van Dorn از سطح (کمتر از ۲ متر)، میان (۳ تا ۵ متر) و عمق (۷ تا ۱۰ متر) در سه منطقه (شکل ۱) از دریاچه

جدول ۱. پارامترهای کیفی آب در فصول مختلف در دریاچه حنا (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد). میانگین‌ها در هر ردیف که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۰/۰۵ درصد با آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

پارامتر	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
دمای آب (°C)	۱۴/۷۹ $\pm$ ۰/۳۹ <sup>b</sup>	۲۰/۶۵ $\pm$ ۰/۴۷ <sup>a</sup>	۱۱/۳۳ $\pm$ ۰/۴۶ <sup>c</sup>	۵/۳۴ $\pm$ ۰/۲۴ <sup>d</sup>
اکسیژن محلول (mg/L)	۸/۰۱ $\pm$ ۰/۲۹ <sup>b</sup>	۷/۴۶ $\pm$ ۰/۲۲ <sup>b</sup>	۷/۹۴ $\pm$ ۰/۰۸ <sup>b</sup>	۹/۷۳ $\pm$ ۰/۰۶ <sup>a</sup>
عمق رویت سکشی (cm)	۹۸/۲ $\pm$ ۲/۲ <sup>c</sup>	۱۰۹/۹ $\pm$ ۳/۷ <sup>b</sup>	۱۱۸/۹ $\pm$ ۲/۴ <sup>a</sup>	۹۶/۹ $\pm$ ۳/۹ <sup>c</sup>
pH	۸/۰۷ $\pm$ ۰/۰۲ <sup>c</sup>	۸/۲۴ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>a</sup>	۸/۱۴ $\pm$ ۰/۰۲ <sup>b</sup>	۸/۲۲ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>a</sup>
نیترات (mg/L)	۱/۱۸ $\pm$ ۰/۰۷ <sup>c</sup>	۲/۲۶ $\pm$ ۰/۵۸ <sup>b</sup>	۱/۸۹ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>bc</sup>	۵/۲۷ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>a</sup>
فسفات (mg/L)	۰/۰۵ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup>	۱/۲۰ $\pm$ ۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۶۷ $\pm$ ۰/۰۹ <sup>b</sup>	۰/۰۳ $\pm$ ۰/۰۰ <sup>c</sup>

۸/۱۴ و ۱۱۸/۹ سانتی‌متر در پاییز و ۸/۲۲ و ۹۶/۹ سانتی‌متر در زمستان بود. میانگین فصلی نیترات و فسفات محلول نیز به ترتیب ۱/۱۸ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر در بهار، ۲/۲۶ و ۱/۲۰ میلی‌گرم بر لیتر در تابستان، ۱/۸۹ و ۰/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر در پاییز و ۵/۲۷ و ۰/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر در زمستان به‌دست آمد (جدول ۱).

#### ترکیب گونه‌ای و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها

ترکیب گونه‌ای و فراوانی فیتوپلانکتون‌های در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده دریاچه سد حنا در فصول مختلف در جداول ۲ تا ۵ ارائه شده است. در فصل بهار جنس‌های فیتوپلانکتونی از دیاتوم‌ها (Bacillariophyceae) و کلروفیسه (Chlorophyceae) جمعیت غالب را تشکیل داد در حالی که از دسمیدها (Desmidiaceae) تنها جنس *Cosmarium* و از دینوفیسه (Dinophyceae) جنس *Ceratium* شناسایی گردید. دامنه فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در بهار در ایستگاه‌های مختلف برای دیاتوم‌ها ۲۳۹۵-۴۰۵، کلروفیسه ۶۷۷۸-۷۸۶، دسمیدها ۱۴-۰ و دینوفیسه ۷۰-۰ سلول در میلی‌لیتر به‌دست آمد (جدول ۲). در بهار دیاتوم‌های غالب جنس‌های *Cyclotella*، *Cocconeis* و *Surirella* بود که دامنه فراوانی آنها به ترتیب ۹۷۲-۱۷۶، ۷۸۹-۱۰۹ و ۵۲۱-۸۲ سلول در میلی‌لیتر در ایستگاه‌های مختلف بود. به‌طور مشابیهی در کلروفیسه، جنس‌های *Chlorella*، *Oocystis* و *Tetraedron* غالب بود و دامنه فراوانی

شاخص شانون-وینر (Shannon-Wiener index) مورد و محاسبه و بررسی قرار گرفت. شاخص‌های سیمپسون و شانون-وینر با استفاده از نرم‌افزار Ecological Methodology (۲۱) و شاخص مارگالف براساس تحقیقات مارگالف (۲۳، ۱۰ و ۲۶) محاسبه گردید.

#### آنالیزهای آماری

داده‌های کیفی آب و شاخص‌های تنوع با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) مورد تجزیه آماری قرار گرفت، و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت (۳۳). تمام آنالیزها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار (SPSS; version 11.5) انجام شد (۳۰).

#### نتایج

##### فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب

مشخصات فیزیکوشیمیایی آب دریاچه در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین فصلی دمای آب و اکسیژن محلول به ترتیب  $14/79 \pm 0/39$  °C و  $8/01 \pm 0/29$  میلی‌گرم بر لیتر در بهار،  $20/65 \pm 0/47$  °C و  $7/46 \pm 0/22$  میلی‌گرم بر لیتر در تابستان،  $11/33 \pm 0/46$  °C و  $7/94 \pm 0/08$  میلی‌گرم بر لیتر در پاییز و  $5/34 \pm 0/24$  °C و  $9/73 \pm 0/06$  میلی‌گرم بر لیتر در زمستان بود. میانگین فصلی pH و عمق رویت صفحه سکشی به ترتیب  $8/07 \pm 0/02$  و  $98/2 \pm 2/2$  سانتی‌متر در بهار،  $8/24 \pm 0/03$  و  $109/9 \pm 3/7$  سانتی‌متر در تابستان،

جدول ۲. ترکیب گونه‌ای و میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) فراوانی (سلول در میلی‌لیتر) فیتوپلانکتون‌های دریاچه حنا در فصل بهار در ایستگاه‌های مختلف

ردیف	جنس	ایستگاه‌های نمونه‌برداری					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
	<i>Navicula</i>	۰	۱۹/۳±۱۵/۸	۰	۰	۵/۴±۴/۴	۱۷/۳±۷۰/۴
	<i>Cocconeis</i>	۴۴/۴±۱۰۹	۶۶/۹±۱۸۹/۳	۱۸۹/۶±۲۷۷/۴	۱۴۶/۶±۴۱۴/۷	۵۶/۱±۲۳۲/۶	۲۰۹/۹±۷۸۸/۹
	<i>Amphora</i>	۰	۰	۰	۰	۰	۲۹/۹±۴۲/۳
	<i>Encyonema</i>	۰	۰	۰	۱۲/۱±۳۹/۵	۰	۰
	<i>Cyclotella</i>	۲۲/۲±۲۱۲/۶	۵۸±۵۵۰/۵	۷۲/۸±۷۱۳/۴	۰±۴۷۴	۱۴/۲±۱۷۵/۵	۱۵۸/۱±۹۷۲
	<i>Surirella</i>	۳۸/۵±۸۲/۳	۶۹/۷±۳۱۵/۵	۷۲/۸±۲۳۷/۸	۵۵/۴±۳۵۵/۵	۳۳/۶±۱۸۴/۳	۲۲۸/۲±۵۲۱/۲
	میانگین	۱۰۵±۴۰۴/۶	۲۱۳/۸±۱۰۴۱	۳۳۵/۲±۱۲۲۸/۷	۲۱۴/۱±۱۲۸۳/۷	۱۰۹/۳±۵۹۶/۸	۶۴۳/۴±۲۳۹۴/۹
	<i>Scenedesmus</i>	۰±۲۰/۹	۱۰۷/۶±۲۵۲/۴	۱۰۵/۸±۱۳۸/۷	۶۴±۱۲۸/۴	۱۴/۲±۲۱/۹	۵۱/۸±۱۲۶/۸
	<i>Pediastrum</i>	۸/۴±۶/۹	۰	۰	۱۲/۱±۹/۹	۰	۰
	<i>Chlorella</i>	۴۲±۲۲۹۷/۱	۱۳۵/۲±۵۰۰۰/۱	۷۸۲/۳±۵۸۰۶/۴	۲۵۳/۴±۱۵۵۰/۳	۸۳/۸±۶۸۴/۶	۴۴۶/۳±۲۶۶۲/۶
	<i>Tetraedron</i>	۱۶/۸±۱۳/۷	۸۸/۵±۹۴/۶	۶۴/۲±۲۱۸	۱۲/۱±۳۹/۵	۹۶/۱±۱۸۳/۱	۹۶/۱±۱۸۳/۱
	<i>Mougeotia</i>	۰	۰	۴۸/۵±۳۹/۶	۰	۰	۱۷/۳±۲۸/۲
	<i>Oocystis</i>	۱۰۳/۲±۳۰۱/۷	۵۸±۲۳۶/۶	۲۳۹±۵۷۴/۷	۳۶/۳±۱۴۸/۱	۲۱/۵±۷۴/۶	۵۱/۸±۲۹۵/۸
	میانگین	۱۷۰/۴±۲۶۴۰	۳۸۹/۳±۵۵۸۳/۸	۱۹±۶۷۷۷/۵	۱۲۴/۹±۷۸۵/۶	۳۷۷/۸±۱۸۷۶/۱	۶۶۳/۱±۳۲۹۶/۵
	<i>Cosmarium</i>	۱۶/۸±۱۳/۷	۰	۰	۰	۰	۰
	میانگین	۱۶/۸±۱۳/۷	۰	۰	۰	۰	۰
	<i>Ceratium</i>	۰	۰	۰	۰	۰	۰±۷۰/۴
	میانگین	۰	۰	۰	۰	۰	۰±۷۰/۴

دیاتومها

کلروفیسه

دسمیدها

سیانوفیسه

۱۱۹ سلول در میلی‌لیتر، از کلروفیسه *Chlorella Mougeotia* و *Scenedesmus* به ترتیب دامنه فراوانی ۱۰۳۷-۹۱، ۳۳۰۲-۱۰۵۳ و ۳۷۱-۱۱۹ سلول در میلی‌لیتر، از دسمیدها *Closterium* با فراوانی ۱۴۸-۰ سلول در میلی‌لیتر، از دینوفیسه *Prorocentrum* با فراوانی ۱۱۴-۰ سلول در میلی‌لیتر و از سیانوفیسه *Chroococcus* با دامنه فراوانی ۸۵-۰ سلول در میلی‌لیتر بود (جدول ۳).

نتایج ترکیب و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در فصل پاییز در جدول ۴ ارائه شده است که در مقایسه با فصل تابستان تا

آنها به ترتیب ۵۸۰۶-۶۸۵، ۵۷۵-۷۵ و ۲۱۸-۱۴ سلول در میلی‌لیتر بود (جدول ۲).

در فصل تابستان ترکیب گونه‌ای و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در شرایط بسیار مناسب قرار داشت که در جدول ۳ ارائه شده است. در ایستگاه‌های نمونه‌برداری فراوانی دیاتومها، کلروفیسه، دسمیدها، دینوفیسه و سیانوفیسه (Cyanophyceae) به ترتیب ۳۸۷۹-۱۲۸۱، ۴۵۱۸-۱۹۸۷، ۱۷۳-۱۳، ۱۵۷-۰ و ۸۵-۰ سلول در میلی‌لیتر بود. جنس‌های غالب دیاتومها *Cyclotella* و *Surirella* بود که دامنه فراوانی آنها به ترتیب ۲۵۳۰-۷۰ و ۳۸۶-

جدول ۳. ترکیب گونه‌ای و میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) فراوانی (سلول در میلی‌لیتر) فیتوپلانکتون‌های دریاچه حنا در فصل تابستان در ایستگاه‌های مختلف

رده	جنس	ایستگاه‌های نمونه‌برداری					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
دیاتوم‌ها	<i>Navicula</i>	۳۰/۲±۹۸/۷	۴۱/۲±۸۴/۴	۰±۲۷/۳	۵۰±۱۶۹/۶	۴۸/۵±۷۹/۳	۵۲/۳±۱۲۸/۱
	<i>Cocconeis</i>	۴۵/۴±۷۴/۱	۱۰۳/۳±۲۶۹/۹	۱۹/۳±۸۲/۰	۳۷/۸±۷۷/۱	۱۶/۲±۲۶/۴	۶۲/۸±۱۱۳/۸
	<i>Amphora</i>	۴۵/۴±۷۴/۱	۲۰/۷±۸۴/۳	۰±۲۷/۳	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۴۶/۱±۵۶/۹
	<i>Coscinodiscus</i>	۰	۰	۰	۱۸/۹±۱۵/۴	۱۶/۲±۲۶/۴	۳۴/۹±۱۱۳/۸
	<i>Nitzschia</i>	۲۶/۲±۱۱۱/۱	۸۲/۶±۲۸۶/۷	۱۱/۲±۴۵/۶	۵۰±۱۲۳/۴	۲۸±۷۹/۳	۶۲/۸±۱۵۶/۵
	<i>Fragilaria</i>	۱۵/۱±۱۲/۳	۰	۱۱/۲±۹/۱	۱۸/۹±۱۵/۴	۰	۰
	<i>Encyonema</i>	۰	۰±۵۰/۶	۱۱/۲±۱۸/۲	۱۸/۹±۳۰/۸	۱۶/۲±۱۳/۲	۱۷/۴±۱۴/۲
	<i>Gomphonema</i>	۱۵/۱±۲۴/۷	۰±۵۰/۶	۰±۲۷/۳	۱۸/۹±۶۱/۷	۰±۳۹/۶	۳۰/۲±۸۵/۴
	<i>Asterionella</i>	۰	۰	۰	۱۸/۹±۳۰/۸	۰	۰
	<i>Cyclotella</i>	۴۵۸/۸±۷۰۳/۵	۲۴۷/۹±۲۵۳۰/۰	۱۱۸/۱±۹۱۱/۴	۸۶/۵±۹۶۳/۹	۷۰/۵±۷۰۰/۱	۸۷۵±۲۲۹۰/۸
	<i>Cymbella</i>	۱۵/۱±۲۴/۷	۴۱/۳±۶۷/۵	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۵۲/۳±۴۲/۷
	<i>Synedra</i>	۰±۳۷	۴۳/۳±۲۱۹/۳	۱۱/۲±۹/۱	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۱۷/۴±۱۴/۲
	<i>Surirella</i>	۲۱۱/۶±۳۲۰/۹	۱۰۳/۳±۲۳۶/۱	۷۳/۲±۱۱۸/۵	۲۶۲/۴±۳۸۵/۵	۱۷۵±۲۷۷/۴	۱۳۱/۶±۱۷۰/۷
	میانگین	۸۶۲/۹±۱۴۸۱/۱	۶۸۱/۷±۳۸۷۹/۳	۲۵۵/۳±۱۲۷۶/۰	۵۸۱/۱±۱۶۰۳/۸	۴۱۹/۱±۱۲۸۱/۳	۱۳۸۲/۸±۳۱۸۷/۲
کلروفیسه	<i>Scenedesmus</i>	۵۴/۵±۲۴۶/۹	۴۱/۳±۳۷۱/۱	۲۹/۵±۱۱۸/۵	۵۰±۲۶۲/۲	۶۴/۷±۱۷۱/۷	۱۶۸/۱±۳۴۱/۵
	<i>Pediastrum</i>	۱۵/۱±۱۲/۳	۰±۵۰/۶	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۱۷/۴±۲۸/۵
	<i>Chlorella</i>	۱۹۱۵/۶±۲۱۲۲/۷	۲۰۶/۶±۲۲۰۹/۵	۲۴۱/۵±۱۷۴۹/۹	۲۸۵/۸±۲۸۸۳/۷	۲۰۲±۳۳۰۲/۴	۵۰۵/۴±۱۰۵۲/۹
	<i>Coelastrum</i>	۰	۰	۰	۱۸/۹±۱۵/۴	۰	۰
	<i>Tetraedron</i>	۱۵/۱±۲۴/۷	۰±۵۰/۶	۱۱/۲±۹/۱	۰	۳۲/۴±۲۶/۴	۵۲/۳±۸۵/۴
	<i>Mougeotia</i>	۱۳۶/۱±۱۰۳۶/۸	۶۲/۰±۴۰۴/۸	۷۸/۱±۹۱/۱	۱۰۵/۲±۵۸۶	۱۲۲/۱±۳۱۷	۷۹/۹±۸۵۳/۷
	<i>Oocystis</i>	۶۹/۳±۷۴/۱	۰±۵۰/۶	۲۲/۳±۱۸/۲	۳۲/۷±۴۶/۳	۱۶/۲±۲۶/۴	۱۷/۴±۲۸/۵
	میانگین	۲۲۰۶/۶±۴۵۱۷/۵	۳۰۹/۹±۳۱۳۷/۲	۳۸۲/۶±۱۹۸۶/۹	۴۹۲/۵±۳۷۹۳/۶	۲۲۷۵/۶±۳۸۵۷/۲	۸۴۰/۴±۲۳۹۰/۴
	<i>Desmidium</i>	۱۵/۱±۱۲/۳	۰±۵۰/۶	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۰
	<i>Cosmarium</i>	۱۵/۱±۱۲/۳	۰	۱۱/۲±۱۸/۲	۱۸/۹±۱۵/۴	۰	۱۷/۴±۱۴/۲
دسمیپداها	<i>Closterium</i>	۱۸۱/۴±۱۴۸/۱	۰	۸۹/۳±۷۲/۹	۱۷۰±۱۳۸/۸	۰	۰
	میانگین	۲۱۱/۶±۱۷۲/۸	۰±۵۰/۶	۱۰۰/۵±۹۱/۱	۱۸۸/۹±۱۵۴/۲	۱۶/۲±۱۳/۲	۱۷/۴±۱۴/۲
	<i>Ceratium</i>	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۱۶/۲±۲۶/۴	۰±۴۲/۷
	<i>Prorocentrum</i>	۱۵/۱±۱۲/۳	۰	۰	۰	۰	۷۶±۱۱۳/۸
	میانگین	۱۵/۱±۱۲/۳	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۱۶/۲±۲۶/۴	۷۶±۱۵۶/۵
	<i>Agmenellum</i>	۰	۰	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۰
	<i>Aphanizomenon</i>	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۰
	<i>Anabaena</i>	۱۵/۱±۲۴/۷	۰	۱۱/۲±۹/۱	۱۸/۹±۳۰/۸	۱۶/۲±۲۶/۴	۰
	<i>Chroococcus</i>	۰±۳۷	۰	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۷۹/۹±۸۵/۴
	<i>Tolypothrix</i>	۱۵/۱±۱۲/۳	۰	۰	۰	۰	۰
میانگین	۳۰/۲±۷۴/۱	۰	۲۲/۳±۱۸/۲	۱۸/۹±۳۰/۸	۶۴/۷±۶۶	۷۹/۹±۸۵/۴	

جدول ۴. ترکیب گونه‌ای و میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) فراوانی (سلول در میلی‌لیتر) فیتوپلانکتون‌های دریاچه حنا در فصل پاییز در ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه‌های نمونه‌برداری						جنس	رده
۶	۵	۴	۳	۲	۱		
۳۴/۹±۷۱/۱	۴۲/۸±۹۲/۵	۶۸/۱±۷۷/۱	۰	۲۰/۷±۳۳/۷	۱۵/۱±۱۲/۳	<i>Navicula</i>	دیترم‌ها
۳۴/۹±۲۸/۵	۰	۰	۱۱/۲±۱۸/۲	۰	۰	<i>Cocconeis</i>	
۱۷/۴±۱۴/۲	۰	۵۶/۷±۴۶/۳	۰	۴۱/۳±۳۳/۷	۰	<i>Amphora</i>	
۱۷/۴±۱۴/۲	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۴۱/۳±۳۳/۷	۰	<i>Coscinodiscus</i>	
۳۰/۲±۴۲/۷	۱۶/۲±۲۶/۴	۰±۹۲/۵	۰	۰	۱۵/۱±۱۲/۳	<i>Nitzschia</i>	
۰	۰	۱۸/۹±۳۰/۸	۰	۰	۰	<i>Fragilaria</i>	
۰	۲۸±۷۹/۳	۳۷/۸±۶۱/۷	۱۱/۲±۱۰۰/۳	۰	۰	<i>Encyonema</i>	
۰	۰	۰	۱۱/۲±۱۸/۲	۲۰/۷±۱۶/۹	۰	<i>Gomphonema</i>	
۰	۰	۰	۰	۲۰/۷±۱۶/۹	۰	<i>Asterionella</i>	
۷۶±۵۶۹/۱	۱۳۸/۲±۷۶۶/۲	۱۰۵/۲±۷۲۴/۸	۵۵/۸±۵۹۲/۴	۱۲۹±۹۶۱/۴	۳۰/۲±۴۵۶/۷	<i>Cyclotella</i>	
۰	۳۲/۴±۲۶/۴	۳۷/۸±۳۰/۸	۰	۲۰/۷±۱۶/۹	۰	<i>Cymbella</i>	
۴۶/۱±۱۱۳/۸	۹۸/۴±۲۱۱/۴	۸۲/۳±۲۰۰/۵	۹۷/۳±۱۲۷/۶	۱۴۴/۶±۱۱۸/۱	۱۳۶/۱±۱۱۱/۱	<i>Surirella</i>	
۲۵۶/۸±۸۵۳/۷	۳۵۶±۱۲۰۲/۱	۴۰۶/۷±۱۲۶۴/۵	۱۹۷/۸±۸۶۵/۹	۴۳۸/۹±۱۲۳۱/۳	۱۹۶/۵±۵۹۲/۵	میانگین	
۴۶/۱±۱۱۳/۸	۱۰۱±۱۱۸/۹	۱۸/۹±۱۰۷/۹	۱۱/۲±۹/۱	۵۴/۷±۱۶۸/۷	۹۴/۴±۱۴۸/۱	<i>Scenedesmus</i>	
۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۱۸/۹±۱۵/۴	۰	۰	۰	<i>Pediastrum</i>	
۱۳۳۴/۹±۲۶۴۶/۵	۳۵۰±۴۲۰۰/۶	۱۱۳/۳±۱۵۷۲/۹	۶۷/۹±۱۸۱۳/۷	۱۵۴۹/۷±۲۵۳۰	۲۷۲/۱±۱۱۱۰/۹	<i>Chlorella</i>	
۰	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	<i>Coelastrum</i>	
۱۷/۴±۲۸/۵	۰	۱۸/۹±۷۷/۱	۰	۲۰/۷±۳۳/۷	۱۲۰/۹±۹۸/۷	<i>Tetraedron</i>	
۱۲۵/۷±۶۶۸/۷	۷۰/۵±۶۲۰/۸	۱۲۳/۸±۳۰۸/۴	۴۸/۷±۲۲۷/۹	۵۴/۷±۵۹۰/۳	۱۸۹/۴±۵۳۰/۷	<i>Mougeotia</i>	
۱۵۹/۷±۱۷۰/۷	۱۶/۲±۲۶/۴	۱۸/۹±۱۵/۴	۰	۲۰/۷±۳۳/۷	۲۶/۲±۳۷	<i>Oocystis</i>	
۱۶۸۳/۸±۳۶۲۸/۳	۵۵۳/۹±۴۹۸۰	۳۱۲/۷±۲۰۹۷/۲	۱۳۸/۹±۲۱۴۱/۹	۱۷۰۰/۳±۳۳۵۶/۵	۷۳۰±۱۹۲۵/۵	میانگین	
۰	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	<i>Cosmarium</i>	
۱۷/۴±۱۴/۲	۰	۰	۰	۰	۰	<i>Staurastrum</i>	
۱۷/۴±۱۴/۲	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	میانگین	
۰	۰	۰	۰	۴۱/۳±۳۳/۷	۰	<i>Ceratium</i>	
۰	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۲۰/۷±۱۶/۹	۰	<i>Pyrodinium</i>	
۰	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۶۲±۵۰/۶	۰	میانگین	
۰	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	<i>Aphanizomenon</i>	
۰	۰	۰	۱۹/۳±۲۷/۳	۰	۰	<i>Chroococcus</i>	
۰	۰	۰	۳۰/۵±۳۶/۵	۰	۰	میانگین	

جدول ۵. ترکیب گونه‌ای و میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) فراوانی (سلول در میلی‌لیتر) فیتوپلانکتون‌های دریاچه حنا در فصل زمستان در ایستگاه‌های مختلف

ژنه	جنس	ایستگاه‌های نمونه‌برداری					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
دیاتوم‌ها	<i>Cocconeis</i>	۰	۰	۲۱۵/۲±۲۶۳/۶	۰	۳۰/۶±۲۵	۰
	<i>Amphora</i>	۷۴/۴±۶۲/۴	۰	۰	۰	۰±۳۷/۵	۰
	<i>Nitzschia</i>	۰	۲۹/۵±۲۴/۱	۰	۰	۰	۰
	<i>Gomphonema</i>	۰	۰	۰	۰	۳۰/۶±۲۵	۰
	<i>Cyclotella</i>	۰	۲۹/۵±۲۴/۱	۰	۰	۰	۰
	<i>Cymbella</i>	۰	۰	۰	۰	۱۵/۳±۱۲/۵	۰
کلروفیسه	میانگین	۷۴/۴±۶۲/۴	۵۹±۴۸/۲	۲۱۵/۲±۲۶۳/۶	۰	۷۶/۵±۱۰۰	۰
	<i>Scenedesmus</i>	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲±۵۰/۶
	<i>Chlorella</i>	۲۶۷/۵±۵۳۰/۵	۰±۱۴۴/۶	۹۴/۹±۳۸۰/۷	۱۶/۱±۱۵۰	۱۵/۳±۸۷/۵	۶۲±۳۵۴/۳
	<i>Tetraedron</i>	۱۱۴/۷±۹۳/۶	۳۲۴/۸±۲۶۵/۲	۰	۸±۶/۶	۷۰/۱±۴۱۲/۴	۰
	میانگین	۳۸۲/۲±۶۲۴/۲	۳۲۴/۸±۴۰۹/۸	۹۴/۹±۳۸۰/۷	۲۴/۱±۱۱۵/۵	۸۵/۴±۴۹۹/۹	۱۲۴±۴۰۴/۹
	<i>Ceratium</i>	۰	۰	۰	۰	۱۵/۳±۱۲/۵	۰
دینوفیسه	میانگین	۰	۰	۰	۰	۱۵/۳±۱۲/۵	۰
	<i>Anabaena</i>	۰	۰	۰	۸±۴۵/۹	۰	۰
سیانوفیسه	<i>Tolypothrix</i>	۰	۰	۰	۱۶/۱±۸۵/۳	۰	۰
	میانگین	۰	۰	۰	۲۴/۱±۱۳۱/۲	۰	۰

سیانوفیسه به ترتیب ۲۶۴-۴۸، ۶۲۴-۱۱۶، ۱۳-۰، ۵۱-۰ و ۱۳۱-۰ سلول در میلی‌لیتر به دست آمد. دیاتوم‌های جنس *Cocconeis* و *Amphora* به ترتیب با فراوانی ۲۶۴-۰ و ۶۲-۰ سلول در میلی‌لیتر، کلروفیسه شامل *Chlorella* و *Tetraedron* به ترتیب ۵۳۱-۸۸ و ۴۱۲-۰ سلول در میلی‌لیتر، از دینوفیسه جنس *Ceratium* فراوانی ۱۳-۰ سلول در میلی‌لیتر، و از سیانوفیسه جنس *Tolypothrix* با دامنه فراوانی ۸۵-۰ سلول در میلی‌لیتر در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری غالب بودند (جدول ۵).

#### شاخص‌های تنوع

شاخص‌های تنوع فیتوپلانکتون‌ها در فصول مختلف و

حدودی محدودتر شده است. دامنه فراوانی دیاتوم‌ها، کلروفیسه، دسمیدها، دینوفیسه و سیانوفیسه به ترتیب ۱۲۶۵-۵۹۳، ۴۹۸۰-۱۴۰، ۵۱-۰، ۳۷-۰ سلول در میلی‌لیتر در ایستگاه‌های مختلف به دست آمد. فیتوپلانکتون‌های غالب از گروه دیاتوم شامل *Surirella* و *Cyclotella* به ترتیب با فراوانی ۹۶۱-۴۵۷ و ۲۱۱-۱۱۱ سلول در میلی‌لیتر، کلروفیسه شامل *Chlorella* و *Mougeotia* به ترتیب ۶۶۹-۲۲۸ و ۴۲۰۱-۱۱۱۱ سلول در میلی‌لیتر، از دینوفیسه جنس *Ceratium* فراوانی ۳۴-۰ سلول در میلی‌لیتر و از سیانوفیسه جنس *Chroococcus* دامنه فراوانی ۲۷-۰ سلول در میلی‌لیتر در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری را داشت.

در زمستان فراوانی دیاتوم‌ها، کلروفیسه، دینوفیسه و

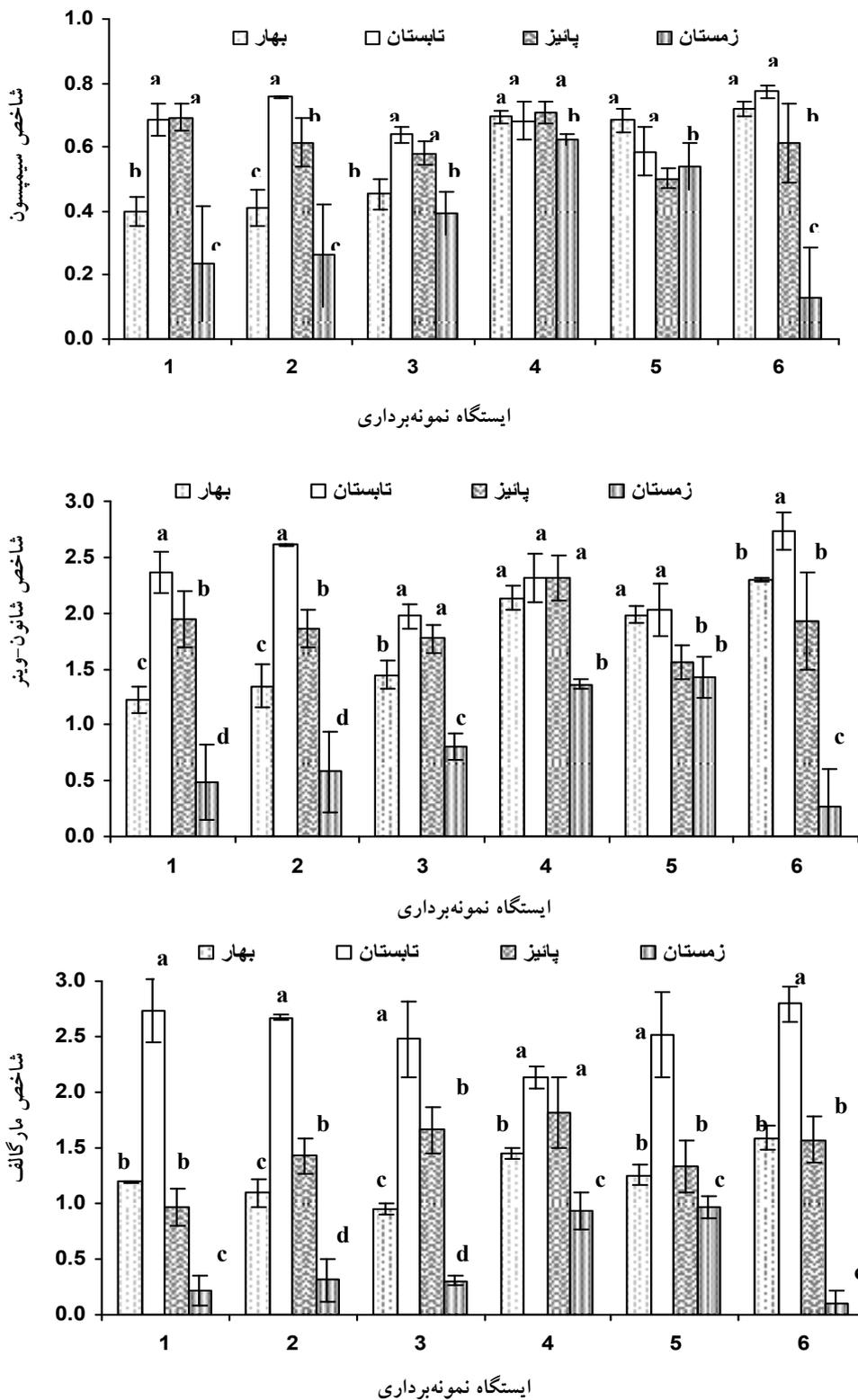
ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده دریاچه حنا در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در فصل بهار شاخص‌های سیمپسون و شانون-وینر به ترتیب دامنه  $0/72 - 0/40$  و  $2/29 - 1/23$  به دست آمد که بیشترین در ایستگاه ۶ و کمترین آن در ایستگاه ۱ بود. شاخص مارگالف در بهار دامنه آن  $0/95 - 1/59$  بود که بیشترین و کمترین آن به ترتیب در ایستگاه ۶ و ۳ بود. در فصل تابستان شاخص‌های سیمپسون و شانون-وینر به ترتیب دامنه  $0/77 - 0/59$  و  $2/73 - 1/97$  به دست آمد که بیشترین در ایستگاه ۶ و کمترین آن در ایستگاه ۵ (براساس سیمپسون) و ایستگاه ۳ (براساس شانون-وینر) بود. شاخص مارگالف در این فصل دامنه آن  $2/80 - 2/13$  بود که بیشترین و کمترین آن به ترتیب در ایستگاه ۶ و ۴ بود. در فصل پاییز شاخص‌های سیمپسون و شانون-وینر به ترتیب دامنه  $0/71 - 0/50$  و  $2/31 - 1/56$  به دست آمد که بیشترین و کمترین آن به ترتیب در ایستگاه ۴ و ۵ بود. شاخص مارگالف نیز دامنه آن  $1/82 - 0/96$  بود که بیشترین و کمترین آن به ترتیب در ایستگاه ۴ و ۱ بود. در فصل زمستان شاخص‌های سیمپسون و شانون-وینر به ترتیب دامنه  $0/63 - 0/13$  و  $1/42 - 0/27$  به دست آمد که بیشترین در ایستگاه ۴ (براساس سیمپسون) و ایستگاه ۵ (براساس شانون-وینر) و کمترین در ایستگاه ۶ بود. شاخص مارگالف نیز دامنه آن  $0/97 - 0/10$  بود که بیشترین و کمترین آن به ترتیب در ایستگاه ۵ و ۶ بود.

## بحث

آب دریاچه حنا در تمام فصول نمونه‌برداری شرایط اکسیژنی مطلوب ( $7/46 - 9/73$  میلی‌گرم در لیتر) را نشان داد که افزایش معنی‌دار آن در زمستان عمدتاً به دمای پایین آب مربوط است. تفاوت در دمای آب و اکسیژن محلول را می‌توان به میزان ورودی آب و تغییرات در سطح و حجم آبی دریاچه، جمعیت فیتوپلانکتون‌ها و میزان تجزیه‌های باکتریایی دریاچه نسبت داد. میانگین دامنه عمق رویت صفحه سکشی  $118/9 - 96/9$  سانتی‌متر بود که کاهش نفوذ نور و شفافیت آب در زمستان را

می‌توان به میزان سیلنتی شدن آب و ذرات دتریتوس موجود در آب نسبت داد (۵). بنابراین دمای آب و نور فاکتورهای بسیار مهمی هستند زیرا بر میزان تولید اولیه فیتوپلانکتونی و اکسیژن محلول در دریاچه‌ها تأثیر می‌گذارد (۹ و ۲۵). pH آب دریاچه حنا در تمام فصول بالاتر از ۷ بوده که علت آن را می‌توان به خاک‌های قلیایی دارای کربنات و بی‌کربنات‌های کلسیم و یا سایر فلزات قلیایی خاکی مشتق شده از حوضه آبریز نسبت داد (۵) که خود در تولید اولیه فیتوپلانکتونی و ارزیابی آن نقش مهمی دارد (۱۷). غلظت فسفر در دریاچه حنا در فصول مختلف دامنه‌ای از  $0/03$  در زمستان تا  $1/2$  میلی‌گرم در لیتر در تابستان داشت که براساس طبقه‌بندی اویر و همکاران (۷) این دریاچه وضعیت یوتروف دارد زیرا میزان فسفر در آب دریاچه حنا در کلیه فصول بالاتر از ۸ میکروگرم در لیتر می‌باشد (جدول ۱). عدم جابجا شدن آب و طولانی بودن تعویض آب در دریاچه‌ها (۲۴) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب تأثیر می‌گذارد. میزان فسفر محلول در آب‌های طبیعی به‌طور فصلی متغیر است و میزان آن از ۵ تا ۳۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد (۱۲). گیسون بیان کرد که در مناطق معتدله چنانچه میزان فسفر به کمتر از ۸۰ تا ۱۵۰ میکروگرم در لیتر برسد تولید فیتوپلانکتون‌ها کاهش می‌یابد (۲۰). از سوی دیگر، بسته به موقعیت‌های اکولوژیکی فیتوپلانکتون‌ها نسبت بهینه فسفر: نیتروژن (N:P) بسیار متفاوت است (۲۹ و ۳۲). غالب فیتوپلانکتون‌ها در دریاچه حنا در فصول مختلف عمدتاً از دیاتوم‌ها و کلروفیسه بود اگرچه سیانوفیسه در فراوانی بسیار پایین وجود داشت. نسبت N:P در بسیاری از دیاتوم‌ها ۱:۱۰، کلروفیسه ۱:۳۰، دینوفیسه ۱:۱۲ و سیانوفیسه بین ۱:۴۲ تا ۱:۱۲۵ می‌باشد (۲۸، ۲۹ و ۳۲).

علی‌رغم تفاوت‌ها، به‌طور کلی دیاتوم‌ها، کلروفیسه، دسمیدها، دینوفیسه و سیانوفیسه در دریاچه سد حنا وجود دارد. دیاتوم‌ها از مهم‌ترین فیتوپلانکتون‌های محیط‌های دریاچه‌ای در مناطق معتدله هستند که بخش عمده‌ای از تولید اولیه را در آب‌ها سبب می‌شوند (۸ و ۱۰). در دریاچه حنا دیاتوم‌ها در فصل



شکل ۲. شاخص‌های تنوع سیمپسون، شانون-وینر، و مارگالف فیتوپلانکتون‌های دریاچه سد حنا در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و فصول مختلف. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ایستگاه از نظر آماری با آزمون دانکن باهم اختلاف معنی‌داری ندارند ( $P > 0.05$ ).

گیاهان آبزی، تغییر در آب و هوا، هیدرولوژی آب و عمق آب مؤثر باشد (۲۷).

بیشترین تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌ها در این تحقیق در فصول بهار و تابستان در ایستگاه ۶ بود. از جمله دلایل احتمالی افزایش تنوع می‌توان به مناسب بودن دمای آب، استفاده لارو ماهیان از زئوپلانکتون‌ها و کاهش نسبی فشار چرای زئوپلانکتونی، و ورود موادمعدنی و مغذی از ورودی آب دریاچه در محل ایستگاه‌های ۶ نسبت داد (۱، ۳، ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۲۶ و ۳۱). در ایستگاه ۶ عمق دریاچه اندک، آب آرام و بدون تلاطم و دارای پوششی از گیاهان آبزی غوطه‌ور و شناور در آب می‌باشد. در آب‌های دریاچه‌ای با عمق کمتر از ۱۰ متر کاهش عمق مخلوط شدن آب موجب کاهش فراوانی فیتوپلانکتونی می‌گردد. از سوی دیگر، اهمیت زئوپلانکتون‌ها در کنترل ترکیب، فراوانی و زی توده فیتوپلانکتونی در دریاچه‌های و منابع آبی کاملاً مشخص می‌باشد زیرا چرای زئوپلانکتون‌ها از فیتوپلانکتون‌ها باعث کاهش زی توده فیتوپلانکتون‌ها می‌شود حتی اگر غلظت فسفر و نیتروژن محلول هم بالا باشد (۱۱ و ۳۱). بنابراین، تنوع فیتوپلانکتون‌ها در بهار و تابستان در مقایسه با پائیز و زمستان بیشتر بود. از سوی دیگر گمان می‌رود که وجود بستر مناسب ماسه‌ای و شنی تا حدودی موجب افزایش سیلیسیم آب و سایر ترکیبات مفید از بستر می‌شود که در ایستگاه‌های با عمق بالاتر امکان کمتری وجود دارد (۱۰). مقایسه ایستگاه‌ها به لحاظ تنوع در فصول پائیز و زمستان نشان داد که بیشترین تنوع در ایستگاه ۴ و ۵ دریاچه است. مهم‌ترین دلیل کم بودن تنوع در این فصول در مقایسه با فصول دیگر را می‌توان به محدودیت دمایی آب در این فصول نسبت داد که مناسب رشد و کلونی شدن در بسیاری از گونه‌های فیتوپلانکتونی نیست (۱۰، ۲۲ و ۲۷). در فصل زمستان کوتاه شدن طول روز و تغییر زاویه نور خورشید در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا می‌تواند از عوامل بازدارنده رشد جلبک‌ها و تولید خالص آنها باشد، به طوری که شرایط برای رشد جنس‌های غالب نامساعد شده و تراکم آنها کم می‌شود و

تابستان و پائیز شرایط مناسبی به لحاظ ترکیب و فراوانی گونه‌ای در مقایسه با بهار و زمستان داشتند. علت را می‌توان به شرایط فیزیکوشیمیایی مناسب آب به خصوص به لحاظ نسبت فسفر به نیتروژن نسبت داد. از سوی دیگر، وجود دیاتوم‌های مفید در این دریاچه دلالت بر خصوصیات مناسب کیفی آب در فصل تابستان دارد.

در دریاچه سد حنا دیاتوم‌ها از دو جنس *Cyclotella* و *Surirella* در تمام فصول با استثنای زمستان مهم‌ترین و فراوان‌ترین بودند. علت را می‌توان به خصوصیات کیفی آب، به خصوص دمای آب نسبت داد که در زمستان برای رشد و تکثیر بسیاری از فیتوپلانکتون‌ها مناسب نیست و فراوانی کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد (۱۰، ۲۲ و ۲۷). از سوی دیگر، کاهش میزان فراوانی و تا حدودی ترکیب گونه‌ای دیاتوم‌ها در بهار می‌تواند حاصل مصرف و چرا شدن توسط زئوپلانکتون‌ها و حتی لارو ماهیان فیتوپلانکتون خوار باشد (۱۱).

فیتوپلانکتون‌های کلروفیسه در بهار، تابستان و پائیز ترکیب گونه‌ای تقریباً مساوی داشت. علت را می‌توان به کیفیت آب دریاچه و شرایط بردباری کلروفیسه نسبت داد (۱۰، ۱۶ و ۳۱). به طور کلی بسیاری از جلبک‌های کلروفیسه دارای دیواره سلولی سلولزی هستند که تا حدود بسیاری قابلیت چرا و مصرف شدن آنها را در مقایسه با سایر گونه‌های فاقد دیواره سلولزی از قبیل دیاتومه‌ها محدود می‌نماید (۱۰). از سوی دیگر افزایش فراوانی کلروفیسه در بهار را می‌توان به مصرف نشدن و تکثیر و تولید مثل گونه‌های از این جلبک‌ها که بسیار ریز هستند (از جمله *Chlorella*) نسبت داد. از دسته دسمیدها، مهم‌ترین جنس این دریاچه *Cosmarium* است که با سرد شدن آب (دمای ۵/۳ درجه سانتی‌گراد در زمستان) در دریاچه دیده نشد (۱۰). از گروه دینوفیسه گونه‌هایی از جنس *Ceratium* در تمام طول سال در دریاچه وجود دارد اگرچه پراکنش آنها در طی هر فصل محدود به ایستگاه خاصی از دریاچه گردید. ما گمان می‌کنیم که در بروز چنین شرایطی دما، میزان نفوذ نور، غلظت مواد مغذی، تراکم چراکنندگان (زئوپلانکتون‌ها)، روابط آنتاگونیستی با

جنس‌های مغلوب هم می‌توانند تا اندازه‌ای خود را نشان دهند. به‌طورکلی همه فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و زیستی بر ترکیب گونه‌ای و زی توده فیتوپلانکتون‌ها تأثیر گذاشته و مقدار و تنوع آنها را تغییر می‌دهد.

دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان و مسئولان سازمان آب استان برای در اختیار قرار دادن تأسیسات سد حنا در حین اجرای کار تشکر و قدردانی می‌نمایم.

## سپاسگزاری

از حمایت‌های مالی اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان اصفهان در قالب طرح ۳۲۴-۷۶، معاونت پژوهشی و فناوری

## منابع مورد استفاده

۱. احمدی، م. ر. ۱۳۶۶. بررسی فیتوپلانکتون‌های دریاچه هامون و آب‌های حاشیه آن. مجله منابع طبیعی ایران ۴۱: ۹-۲۶.
۲. سبک آرا، ج. و م. مکارمی. ۱۳۸۳. پراکنش و فراوانی پلانکتون‌ها و نقش آنها در تالاب انزلی طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۹. مجله علمی شیلات ایران ۱۳(۳): ۸۷-۱۱۳.
۳. غلامی، ع. ح. اجتهادی و ف. قاسم زاده. ۱۳۸۴. بررسی تنوع گونه‌ای و اکولوژیک فیتوپلانکتون‌های دریاچه بزرگان. مجله علمی شیلات ایران ۲: ۲۹-۴۶.
۴. فلاحی، م. ۱۳۷۸. گزارش پلانکتونی پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی تالاب انزلی. مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان، ۱۲۱ ص.
۵. محبوبی صوفیانی، ن. ۱۳۸۸. گزارش مطالعات بوم‌شناختی مناطق کوهستانی و تالابی شکار ممنوع حنا با تأکید امکان ارتقای منطقه حفاظت شده و ثبت در کنوانسیون رامسر. در دست چاپ.
۶. محمدجانی، ط. و ع. حیدری. ۱۳۷۱. شناسایی فیتوپلانکتون‌های دریای خزر و پراکنش آنها. سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران، مرکز تحقیقات گیلان، ۸۵ ص.
7. Auer, M. T., M. S. Kieser and R. P. Canale. 1986. Identification of criteria nutrient levels through field verification of models for phosphorus and phytoplankton growth. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 43: 379-388.
8. Barsanti, L. and P. Gualtieri. 2006. *Algae: Anatomy, Biochemistry and Biotechnology*. CRC Press, Taylor and Francis Group, 320 pp.
9. Battelle Columbus Laboratories. 1971. Water quality criteria data books. Volume 3. Effects of Chemicals on Aquatic Life – Selected. *Data from the Literature Through 1968*, for the U.S. Environmental Protection Agency, Project No. 18050, Battelle, Columbus, OH, 530 pp.
10. Bellinger, E.G. and D. C. Sigeo. 2010. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. John Wiley & Sons Ltd., 271 pp.
11. Benndorf, J., D. Uhlmann and K. Putz. 1981. Strategies for water quality management in reservoirs in the German Democratic Republic. *WHO Water Quality Bulletin* 6: 68-73.
12. Boyd, C. E. 1979. *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Auburn University, Craftmaster Printers, Opelika, Alabama, 359 pp.
13. Chaghtai, F. and S. M. Salfullai. 1988. *An Illustrated Account of Species Ceratium*, University of Karachi, Pakistan, 50 pp.
14. Clesceri, I., A. E. Green berg and M. A. Franson. 1998. *Standard Methods for the Examination Water and Wastewater*, American Public Health Association, Maryland, USA, 1368 pp.

15. Cox, J. E. 1996. Identification of Freshwater of Diatom from Live Material. Chapman and Hall, London.
16. Davis, C. C. 1955. The marine and Fresh-Water Plankton. Michigan State University Press, 562 pp.
17. Day, J. W., C. A. S. Hall, W. M. Kemp and A. Yanez-Arancibia. 1989. Estuarine Ecology. A. Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons Ltd., New York, 558 pp.
18. Demirbas, A. and M. F. Demirbas. 2010. Algae Energy: Algae as a New Source of Biodiesel. Springer Pub., 199 pp.
19. Demirbas, A. 2006. Biogas potential of manure and straw mixtures. *Energy Source A* 28:71-78.
20. Gibson, C. E. 1997. The dynamics of phosphorus in freshwater and marine environments. PP. 119-135, *In*: Tunney, H., O. T. Carton, P. C. Brookes, A. E. Johnston (Ed.), Phosphorus Loss from Soil to Water. Cab Intl., Harpenden UK., 467 pp.
21. Krebs, C. J. 2001. Programs for Ecological Methodology. 2<sup>nd</sup> ed., Benjamin Cummings, 624 pp.
22. Lee, R. E.(ed.). 1989. Phycology. 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, 645 pp.
23. Margalef, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *In*: Buzzati-Traverso, A. (Ed.), Perspectives in Marine Biology. Berkeley, CA, University of California Press.
24. Marsden, M. W. 1989. Lake restoration by reducing external phosphorus loading: the influence of sediment phosphorus release. *Freshwater Biology* 21: 139-162.
25. Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology. 3<sup>rd</sup> ed., W. P. Saunders Co., Philadelphia, London, Toronto, 574 pp.
26. Omori, M. and T. Ikeda. 1984. Methods in Zooplankton Ecology. John Wiley & Sons, New York, 332 pp.
27. Onyema, I. C. 2008. Checklist of phytoplankton species of the Iyagbe Lagoon, Lagos. *J. Fisheries and Aquatic Sci.* 3: 167-175.
28. Prairie, Y. T., C. M. Duarte and J. Kalff. 1989. Unifying nutrient chlorophyll relationship in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 46:1176-1182.
29. Redfield, A. C. 1934. On the proportions of organic derivatives in sea water and their relationship to the composition of plankton. PP. 176-192. *In*: James Johnston Memorial Volume, Liverpool University Press, Liverpool.
30. SPSS, 2002. Statistical Package of Social Science. Ver, 11.5. SPSS, Chicago, IL, USA.
31. Uhlmann, D. 1958. Biological self-purification in sewage ponds. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 13: 617-623.
32. Uhlmann, D. and E. Albrecht. 1968. Biogeochemische Faktoren der Eutrophierung von Trinkwasser-Talsperren. *Limnologica* (Berlin) 6: 225-245.
33. Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. 2<sup>nd</sup> ed., Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New York, USA, 718 pp.