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

امیدوار فرهادیان*، صفی‌الله حیدری، رویا صداقت، نصرالله محبوبی صوفیانی،
عیسی ابراهیمی، سعید اسداله و ابراهیم متقی[۱]

(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 به‌ترتیب ۲۳۹۵-۴۰۵، ۶۷۷۸-۷۸۶، ۱۴-۰، ۰ و ۷۰-۰ سلول در میلی‌لیتر در فصل بهار، ۳۸۷۹-۱۲۸۱، ۴۵۱۸-۱۹۸۷، ۱۷۳-۱۳، ۱۵۷-۰ و ۸۵-۰ سلول در میلی‌لیتردر تابستان، ۱۲۶۵-۵۹۳، ۴۹۸۰-۱۹۲۶، ۱۴-۰، ۵۱-۰، و ۳۷-۰ سلول در میلی‌لیتردر پائیز، 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* و *Tetraedron* غالب بود. در تابستان از دیاتوم‌ها *Cyclotella* و *Surirella*، از کلروفیسه *Mougeotia*، *Chlorella* و *Scenedesmus*، از دسمیدها *Closterium*، از دینوفیسه *Prorocentrum* و از سیانوفیسه *Chroococcus* غالب بود. در پاییز ازدیاتوم‌ها *Cyclotella* و *Surirella*، ازکلروفیسه *Mougeotia* و *Chlorella* از دسمیدها *Closterium*، از دینوفیسه *Ceratium* از سیانوفیسه *Chroococcus*، در زمستان از دیاتوم‌ها *Cocconeis* و *Amphora*، از کلروفیسه *Chlorella* و *Tetraedron*، از دسمیدها *Closterium*، از دینوفیسه *Ceratium* و از سیانوفیسه *Tolypothrix* غالب بودند. شاخص‌های تنوع سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف به‌ترتیب 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 به‌دست 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

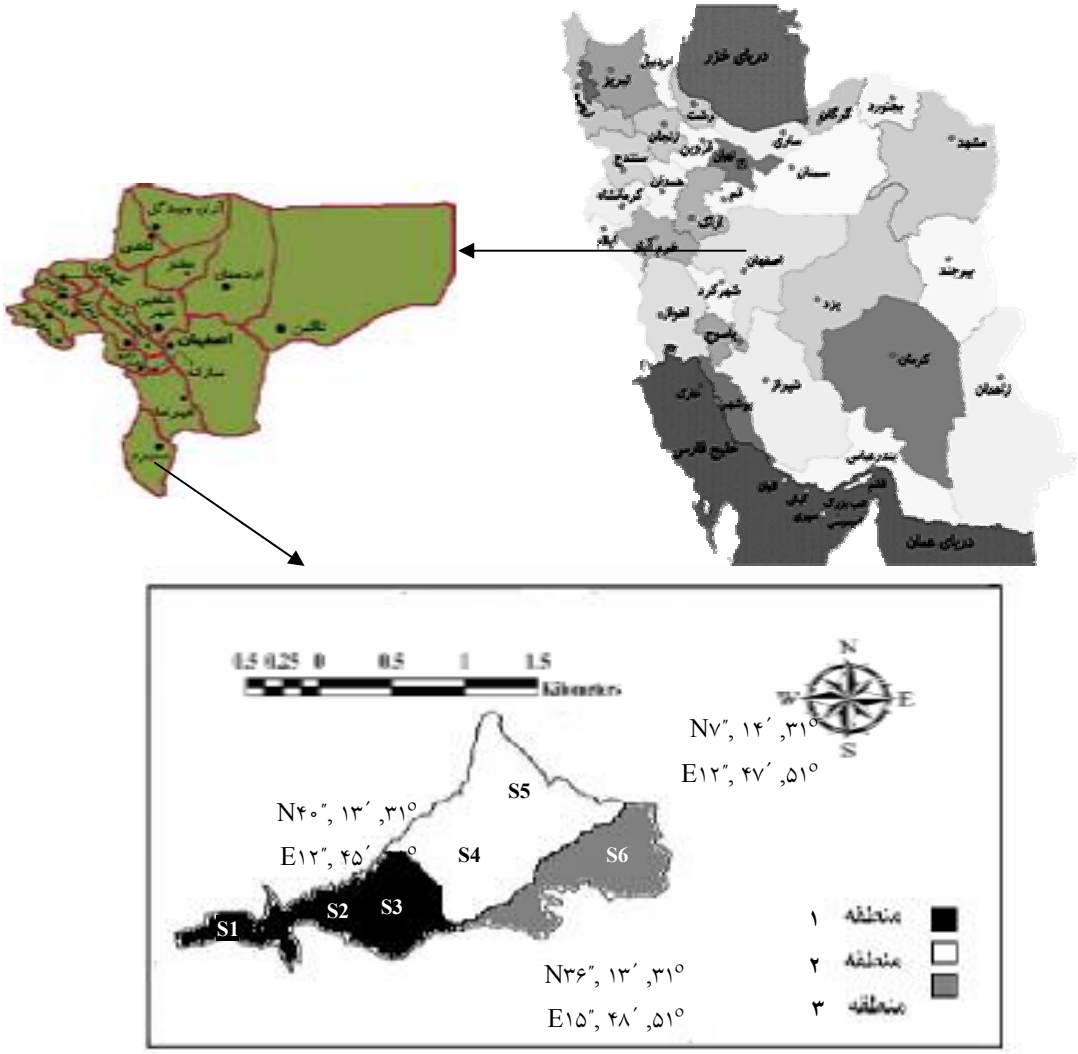
۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: omfarhad@cc.iut.ac.ir

مقدمه

فیتوپلانکتون‌ها شامل بسیاری ازسیانو 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 براساس 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، ۱۸و 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)* وتولید اولیه اهمیت دارند. به‌عبارت دیگر ترکیب گونه‌ای 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، ۴و 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) ودر عرض جغرافیایی°۳۱ و '۱۳ شمالی وطول جغرافیایی°۵۱ و '۴۷ شرقی واقع است (شکل ۱). این دریاچه مانند یک تالاب اهمیت اکولوژیکی برای پرندگان مهاجر، حیات‌وحش و موجودات آبزی 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 رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) که توسط شیلات 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).

با توجه به این‌که برنامه‌های نظارت بر آب‌های شیرین بهتر است براساس شناسایی گروه‌های مختلف تاکسونومیکی 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 آتی 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 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

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 (شکل۱). منطقه ۱ (محل ایستگاه‌های ۱، ۲و 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 آبزی 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 آبزی 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 آب۱۰ متر و متوسط بارندگی سالانه منطقه ۳۸۰ میلی‌متر می‌باشد. متوسط پایین‌ترین و بالاترین دمای هوا به‌ترتیب 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 *Phragmites*، *Typha*، *Juncus* و *Cyperus* اشغال می‌شود در حالی‌که گیاهان غوطه‌ور از جنس‌های *Potamogeton*، *Ceratophyllum*، *Myriophyllum* 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 تا۱۰ متر) در سه منطقه (شکل ۱) از دریاچه سد حنا انجام گرفت. پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل دما، pH، اکسیژن محلول و عمق‌رویت در محل هر منطقه با دماسنج جیوه‌ای، pH متر (دیجیتال Schottgerate، مدل ۶۶۶۲۲۱، ساخت آلمان)، اکسیژن متر (مدل Paqualab ELE، ساخت آلمان) و صفحه سکشی 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 الکترود انتخابگر یونی (Ion Selective Electrode ، مدل JEAN WAY 3310، ساخت آلمان)، فسفات محلول به روش رنگ‌سنجی با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدلJEAN WAY6400، 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 آیودین (۱۰ میلی‌لیتر به ازای هر ۲۰۰ میلی‌لیتر نمونه) اضافه شد و شناسایی جنس‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری و کلیدهای شناسایی (۱۰، ۱۳و۱۶) انجام گرفت. شمارش فیتوپلانکتون‌ها با استفاده از لام سدویک رافت 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

جدول ۱. پارامترهای کیفی آب در فصول مختلف در دریاچه حنا (میانگین ± 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 ± ۰/۳۹ b	۲۰/۶۵ ± ۰/۴۷ a	۱۱/۳۳ ± ۰/۴۶ c	۵/۳۴ ± ۰/۲۴ d
اکسیژن محلول(mg/L)	۸/۰۱ ± ۰/۲۹ b	۷/۴۶ ± ۰/۲۲ b	۷/۹۴ ± ۰/۰۸ b	۹/۷۳ ± ۰/۰۶ a
عمق رویت سکشی (cm)	۹۸/۲ ± ۲/۲ c	۱۰۹/۹ ± ۳/۷ b	۱۱۸/۹ ± ۲/۴ a	۹۶/۹ ± ۳/۹ c
pH	۸/۰۷ ± ۰/۰۲ c	۸/۲۴ ± ۰/۰۳ a	۸/۱۴ ± ۰/۰۲ b	۸/۲۲ ± ۰/۰۱ a
نیترات(mg/L)	۱/۱۸ ± ۰/۰۷ c	۲/۲۶ ± ۰/۵۸ b	۱/۸۹ ± ۰/۰۵ bc	۵/۲۷ ±۰/۰۱ a
فسفات(mg/L)	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ c	۱/۲۰ ± ۰/۱۲a	۰/۶۷ ± ۰/۰۹ b	۰/۰۳ ± ۰/۰۰ c

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 و۲۶) 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 فیزیکو شیمیایی آب دریاچه در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین فصلی دمای‌آب و اکسیژن محلول به‌ترتیب ۱۴/۷۹° C و ۸/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر در بهار، ۲۰/۶۵ °C و ۷/۴۶ میلی‌گرم بر لیتر در تابستان، ۱۱/۳۳ °C و ۷/۹۴ میلی‌گرم بر لیتر در پاییزو ۵/۳۴ ° C و ۹/۷۳ میلی‌گرم بر لیتر در زمستان بود. میانگین فصلی pH و عمق رویت صفحه سکشی به‌ترتیب ۸/۰۷ و ۹۸/۲ سانتی‌متر در بهار، ۸/۲۴ و ۱۰۹/۹ سانتی‌متر در تابستان، 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 به‌ترتیب 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 حالی‌که از دسمیدها (Desmidaceae) 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 (جدول۲). در بهاردیاتوم‌های غالب جنس‌های *Cyclotella*، *Cocconeis* و *Surirella* بود که دامنه فراوانی آنها به‌ترتیب ۹۷۲-۱۷۶، ۷۸۹-۱۰۹ و ۵۲۱-۸۲ سلول در میلی‌لیتر در ایستگاه‌های مختلف بود. به‌طور مشابهی در کلروفیسه، جنس‌های *Chlorella*، *Oocystis* و *Tetraedron* غالب بود و دامنه فراوانی

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

رده	جنس	ایستگاه‌های نمونه‌برداری					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
دیاتوم‌ها	*Navicula*	۰	۱۹/۳±۱۵/۸	۰	۰	۵/۴±۴/۴	۱۷/۳±۷۰/۴
	Cocconeis	۴۴/۴ ±۱۰۹	۶۶/۹±۱۸۹/۳	۱۸۹/۶±۲۷۷/۴	۱۴۶/۶±۴۱۴/۷	۵۶/۱±۲۳۲/۶	۲۰۹/۹±۷۸۸/۹
	Amphora	۰	۰	۰	۰	۰	۲۹/۹±۴۲/۳
	Encyonema	۰	۰	۰	۱۲/۱±۳۹/۵	۰	۰
	Cyclotella	۲۲/۲±۲۱۲/۶	۵۸±۵۵۰/۵	۷۲/۸±۷۱۳/۴	۰±۴۷۴	۱۴/۲±۱۷۵/۵	۱۵۸/۱±۹۷۲
	Surirella	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
کلروفیسه	*Scenedesmus*	۰±۲۰/۹	۱۰۷/۶±۲۵۲/۴	۱۰۵/۸±۱۳۸/۷	۶۴±۱۲۸/۴	۱۴/۲±۲۱/۹	۵۱/۸±۱۲۶/۸
	Pediastrum	۸/۴±۶/۹	۰	۰	۱۲/۱±۹/۹	۰	۰
	Chlorella	۴۲±۲۲۹۷/۱	۱۳۵/۲±۵۰۰۰/۱	۷۸۲/۳±۵۸۰۶/۴	۲۵۳/۴±۱۵۵۰/۳	۸۳/۸±۶۸۴/۶	۴۴۶/۳±۲۶۶۲/۶
	Tetraedron	**۱۶/۸±۱۳/۷**	۸۸/۵±۹۴/۶	۶۴/۲±۲۱۸	۱۲/۱±۳۹/۵	۹۶/۱±۱۸۳/۱	۹۶/۱±۱۸۳/۱
	Mougeotia	۰	۰	۴۸/۵±۳۹/۶	۰	۰	۱۷/۳±۲۸/۲
	Oocystis	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	/۹±۶۷۷۷/۵ ۱۲۳۹	۳۷۷/۸±۱۸۷۶/۱	۱۲۴/۹±۷۸۵/۶	۶۶۳/۱±۳۲۹۶/۵
دسمیدها	*Cosmarium*	۱۶/۸±۱۳/۷	۰	۰	۰	۰	۰
	میانگین	۱۶/۸±۱۳/۷	۰	۰	۰	۰	۰
سیانوفیسه	*Ceratium*	۰	۰	۰	۰	۰	۰±۷۰/۴
	میانگین	۰	۰	۰	۰	۰	۰±۷۰/۴

آنها به‌ترتیب 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) به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۲۵۳۰-۷۰۰ و ۳۸۶-۱۱۹ سلول در میلی‌لیتر، از کلروفیسه *Mougeotia*،*Chlorella* و *Scenedesmus* به‌ترتیب 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

جدول ۳. ترکیب گونه‌ای و میانگین (± 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	*Navicula*	۳۰/۲±۹۸/۷	۴۱/۲±۸۴/۴	۰±۲۷/۳	۵۰±۱۶۹/۶	۴۸/۵±۷۹/۳	۵۲/۳±۱۲۸/۱
	Cocconeis	۴۵/۴±۷۴/۱	۱۰۳/۳±۲۶۹/۹	۱۹/۳±۸۲/۰	۳۷/۸±۷۷/۱	۱۶/۲±۲۶/۴	۶۲/۸±۱۱۳/۸
	Amphora	۴۵/۴±۷۴/۱	۲۰/۷±۸۴/۳	۰±۲۷/۳	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۴۶/۱±۵۶/۹
	Coscinodiscus	۰	۰	۰	۱۸/۹±۱۵/۴	۱۶/۲±۲۶/۴	۳۴/۹±۱۱۳/۸
	Nitzschia	۲۶/۲±۱۱۱/۱	۸۲/۶±۲۸۶/۷	۱۱/۲±۴۵/۶	۵۰±۱۲۳/۴	۲۸±۷۹/۳	۶۲/۸±۱۵۶/۵
	Fragilaria	۱۵/۱±۱۲/۳	۰	۱۱/۲±۹/۱	۱۸/۹±۱۵/۴	۰	۰
	Encyonema	۰	۰±۵۰/۶	۱۱/۲±۱۸/۲	۱۸/۹±۳۰/۸	۱۶/۲±۱۳/۲	۱۷/۴±۱۴/۲
	Gomphonema	۱۵/۱±۲۴/۷	۰±۵۰/۶	۰±۲۷/۳	۱۸/۹±۶۱/۷	۰±۳۹/۶	۳۰/۲±۸۵/۴
	Asterionella	۰	۰	۰	۱۸/۹±۳۰/۸	۰	۰
	Cyclotella	۴۵۸/۸±۷۰۳/۵	۲۴۷/۹±۲۵۳۰/۰	۱۱۸/۱±۹۱۱/۴	۸۶/۵±۹۶۳/۹	۷۰/۵±۷۰۰/۱	۸۷۵±۲۲۹۰/۸
	Cymbella	۱۵/۱±۲۴/۷	۴۱/۳±۶۷/۵	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۵۲/۳±۴۲/۷
	Synedra	۰±۳۷	۴۳/۳±۲۱۹/۳	۱۱/۲±۹/۱	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۱۷/۴±۱۴/۲
	Surirella	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	*Scenedesmus*	۵۴/۵±۲۴۶/۹	۴۱/۳±۳۷۱/۱	۲۹/۵±۱۱۸/۵	۵۰±۲۶۲/۲	۶۴/۷±۱۷۱/۷	۱۶۸/۱±۳۴۱/۵
	Pediastrum	۱۵/۱±۱۲/۳	۰±۵۰/۶	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۱۷/۴±۲۸/۵
	Chlorella	۱۹۱۵/۶±۳۱۲۲/۷	۲۰۶/۶±۲۲۰۹/۵	۲۴۱/۵±۱۷۴۹/۹	۲۸۵/۸±۲۸۸۳/۷	۲۰۲۴±۳۳۰۲/۴	۵۰۵/۴±۱۰۵۲/۹
	Coelastrum	۰	۰	۰	۱۸/۹±۱۵/۴	۰	۰
	Tetraedron	۱۵/۱±۲۴/۷	۰±۵۰/۶	۱۱/۲±۹/۱	۰	۳۲/۴±۲۶/۴	۵۲/۳±۸۵/۴
	Mougeotia	۱۳۶/۱±۱۰۳۶/۸	۶۲/۰±۴۰۴/۸	۷۸/۱±۹۱/۱	۱۰۵/۲±۵۸۶	۱۲۲/۱±۳۱۷	۷۹/۹±۸۵۳/۷
	Oocystis	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
دسمیدها	*Desmidium*	۱۵/۱±۱۲/۳	۰±۵۰/۶	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۰
	Cosmarium	۱۵/۱±۱۲/۳	۰	۱۱/۲±۱۸/۲	۱۸/۹±۱۵/۴	۰	۱۷/۴±۱۴/۲
	Closterium	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
دینوفیسه	*Ceratium*	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۱۶/۲±۲۶/۴	۰±۴۲/۷
	Prorocentrum	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
سیانوفیسه	*Agmenellum*	۰	۰	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۰
	Aphanizomenon	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۰
	Anabaena	۱۵/۱±۲۴/۷	۰	۱۱/۲±۹/۱	۱۸/۹±۳۰/۸	۱۶/۲±۲۶/۴	۰
	Chroococcus	۰±۳۷	۰	۰	۰	۱۶/۲±۱۳/۲	۷۹/۹±۸۵/۴
	Tolypothrix	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 (± خطای استاندارد) فراوانی (سلول در میلی‌لیتر) فیتوپلانکتون‌های دریاچه حنا در فصل پاییز در ایستگاه‌های مختلف

رده	جنس	ایستگاه‌های نمونه‌برداری					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
دیاتوم‌ها	*Navicula*	۱۵/۱±۱۲/۳	۲۰/۷±۳۳/۷	۰	۶۸/۱±۷۷/۱	۴۲/۸±۹۲/۵	۳۴/۹±۷۱/۱
	Cocconeis	۰	۰	۱۱/۲±۱۸/۲	۰	۰	۳۴/۹±۲۸/۵
	Amphora	۰	۴۱/۳±۳۳/۷	۰	۵۶/۷±۴۶/۳	۰	۱۷/۴±۱۴/۲
	Coscinodiscus	۰	۴۱/۳±۳۳/۷	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	۱۷/۴±۱۴/۲
	Nitzschia	۱۵/۱±۱۲/۳	۰	۰	۰±۹۲/۵	۱۶/۲±۲۶/۴	۳۰/۲±۴۲/۷
	Fragilaria	۰	۰	۰	۱۸/۹±۳۰/۸	۰	۰
	Encyonema	۰	۰	۱۱/۲±۱۰۰/۳	۳۷/۸±۶۱/۷	۲۸±۷۹/۳	۰
	Gomphonema	۰	۲۰/۷±۱۶/۹	۱۱/۲±۱۸/۲	۰	۰	۰
	Asterionella	۰	۲۰/۷±۱۶/۹	۰	۰	۰	۰
	Cyclotella	۳۰/۲±۴۵۶/۷	۱۲۹±۹۶۱/۴	۵۵/۸±۵۹۲/۴	۱۰۵/۲±۷۲۴/۸	۱۳۸/۲±۷۶۶/۲	۷۶±۵۶۹/۱
	Cymbella	۰	۲۰/۷±۱۶/۹	۰	۳۷/۸±۳۰/۸	۳۲/۴±۲۶/۴	۰
	Surirella	۱۳۶/۱±۱۱۱/۱	۱۴۴/۶±۱۱۸/۱	۹۷/۳±۱۲۷/۶	۸۲/۳±۲۰۰/۵	۹۸/۴±۲۱۱/۴	۴۶/۱±۱۱۳/۸
	میانگین	۱۹۶/۵±۵۹۲/۵	۴۳۸/۹±۱۲۳۱/۳	۱۹۷/۸±۸۶۵/۹	۴۰۶/۷±۱۲۶۴/۵	۳۵۶±۱۲۰۲/۱	۲۵۶/۸±۸۵۳/۷
کلروفیسه	*Scenedesmus*	۹۴/۴±۱۴۸/۱	۵۴/۷±۱۶۸/۷	۱۱/۲±۹۱/۱	۱۸/۹±۱۰۷/۹	۱۰۱±۱۱۸/۹	۴۶/۱±۱۱۳/۸
	Pediastrum	۰	۰	۰	۱۸/۹±۱۵/۴	۱۶/۲±۱۳/۲	۰
	Chlorella	۲۷۲/۱±۱۱۱۰/۹	۱۵۴۹/۷±۲۵۳۰	۶۷/۹±۱۸۱۳/۷	۱۱۳/۳±۱۵۷۲/۹	۳۵۰±۴۲۰۰/۶	۱۳۳۴/۹±۲۶۴۶/۵
	Coelastrum	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	۰
	Tetraedron	۱۲۰/۹±۹۸/۷	۲۰/۷±۳۳/۷	۰	۱۸/۹±۷۷/۱	۰	۱۷/۴±۲۸/۵
	Mougeotia	۱۸۹/۴±۵۳۰/۷	۵۴/۷±۵۹۰/۳	۴۸/۷±۲۲۷/۹	۱۲۳/۸±۳۰۸/۴	۷۰/۵±۶۲۰/۸	۱۲۵/۷±۶۶۸/۷
	Oocystis	۲۶/۲±۳۷	۲۰/۷±۳۳/۷	۰	۱۸/۹±۱۵/۴	۱۶/۲±۲۶/۴	۱۵۹/۷±۱۷۰/۷
	میانگین	۷۳۰±۱۹۲۵/۵	۱۷۰۰/۳±۳۳۵۶/۵	۱۳۸/۹±۲۱۴۱/۹	۳۱۲/۷±۲۰۹۷/۲	۵۵۳/۹±۴۹۸۰	۱۶۸۳/۸±۳۶۲۸/۳
دسمیدها	*Cosmarium*	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	۰
	Staurastrum	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷/۴±۱۴/۲
	میانگین	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	۱۷/۴±۱۴/۲
دینوفیسه	*Ceratium*	۰	۴۱/۳±۳۳/۷	۰	۰	۰	۰
	Pyrodinium	۰	۲۰/۷±۱۶/۹	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	۰
	میانگین	۰	۶۲±۵۰/۶	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	۰
سیانوفیسه	*Aphanizomenon*	۰	۰	۱۱/۲±۹/۱	۰	۰	۰
	Chroococcus	۰	۰	۱۹/۳±۲۷/۳	۰	۰	۰
	میانگین	۰	۰	۳۰/۵±۳۶/۵	۰	۰	۰

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

رده	جنس	ایستگاه‌های نمونه‌برداری					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
دیاتوم‌ها	*Cocconeis*	۰	۰	۲۱۵/۲±۲۶۳/۶	۰	۳۰/۶±۲۵	۰
	Amphora	۷۴/۴±۶۲/۴	۰	۰	۰	۰±۳۷/۵	۰
	Nitzschia	۰	۲۹/۵±۲۴/۱	۰	۰	۰	۰
	Gomphonema	۰	۰	۰	۰	۳۰/۶±۲۵	۰
	Cyclotella	۰	۲۹/۵±۲۴/۱	۰	۰	۰	۰
	Cymbella	۰	۰	۰	۰	۱۵/۳±۱۲/۵	۰
	میانگین	۷۴/۴±۶۲/۴	۵۹±۴۸/۲	۲۱۵/۲±۲۶۳/۶	۰	۷۶/۵±۱۰۰	۰
کلروفیسه	*Scenedesmus*	۰	۰	۰	۰	۰	۶۲±۵۰/۶
	Chlorella	۲۶۷/۵±۵۳۰/۵	۰±۱۴۴/۶	۹۴/۹±۳۸۰/۷	۱۶/۱±۱۵۰	۱۵/۳±۸۷/۵	۶۲±۳۵۴/۳
	Tetraedron	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
دینوفیسه	*Ceratium*	۰	۰	۰	۰	۱۵/۳±۱۲/۵	۰
	میانگین	۰	۰	۰	۰	۱۵/۳±۱۲/۵	۰
سیانوفیسه	*Anabaena*	۰	۰	۰	۸±۴۵/۹	۰	۰
	Tolypothrix	۰	۰	۰	۱۶/۱±۸۵/۳	۰	۰
	میانگین	۰	۰	۰	۲۴/۱±۱۳۱/۲	۰	۰

حدودی محدودتر شده است. دامنه فراوانی دیاتوم‌ها، کلروفیسه، دسمیدها، دینوفیسه و سیانوفیسه به‌ترتیب ۱۲۶۵-۵۹۳، ۴۹۸۰-۱۹۲۶، ۱۴-۰، ۵۱-۰، و ۳۷-۰ سلول در میلی‌لیتر در ایستگاه‌های مختلف به‌دست آمد. فیتوپلانکتون‌های غالب از گروه دیاتوم شامل *Cyclotella* و *Surirella* به‌ترتیب با فراوانی ۹۶۱- ۴۵۷ و ۲۱۱-۱۱۱ سلول در میلی‌لیتر، کلروفیسه شامل *Mougeotia* و *Chlorella* به‌ترتیب 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 سیانوفیسه به‌ترتیب ۲۶۴-۴۸، ۶۲۴-۱۱۶، ۱۳-۰، ۵۱- ۰ و ۱۳۱-۰ سلول درمیلی‌لیتر به‌دست آمد. دیاتوم‌های جنس *Cocconeis* و *Amphora* به‌ترتیب با فراوانی ۲۶۴- ۰و ۶۲-۰ سلول در میلی‌لیتر، کلروفیسه شامل *Chlorella* و *Tetraedron* به‌ترتیب 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

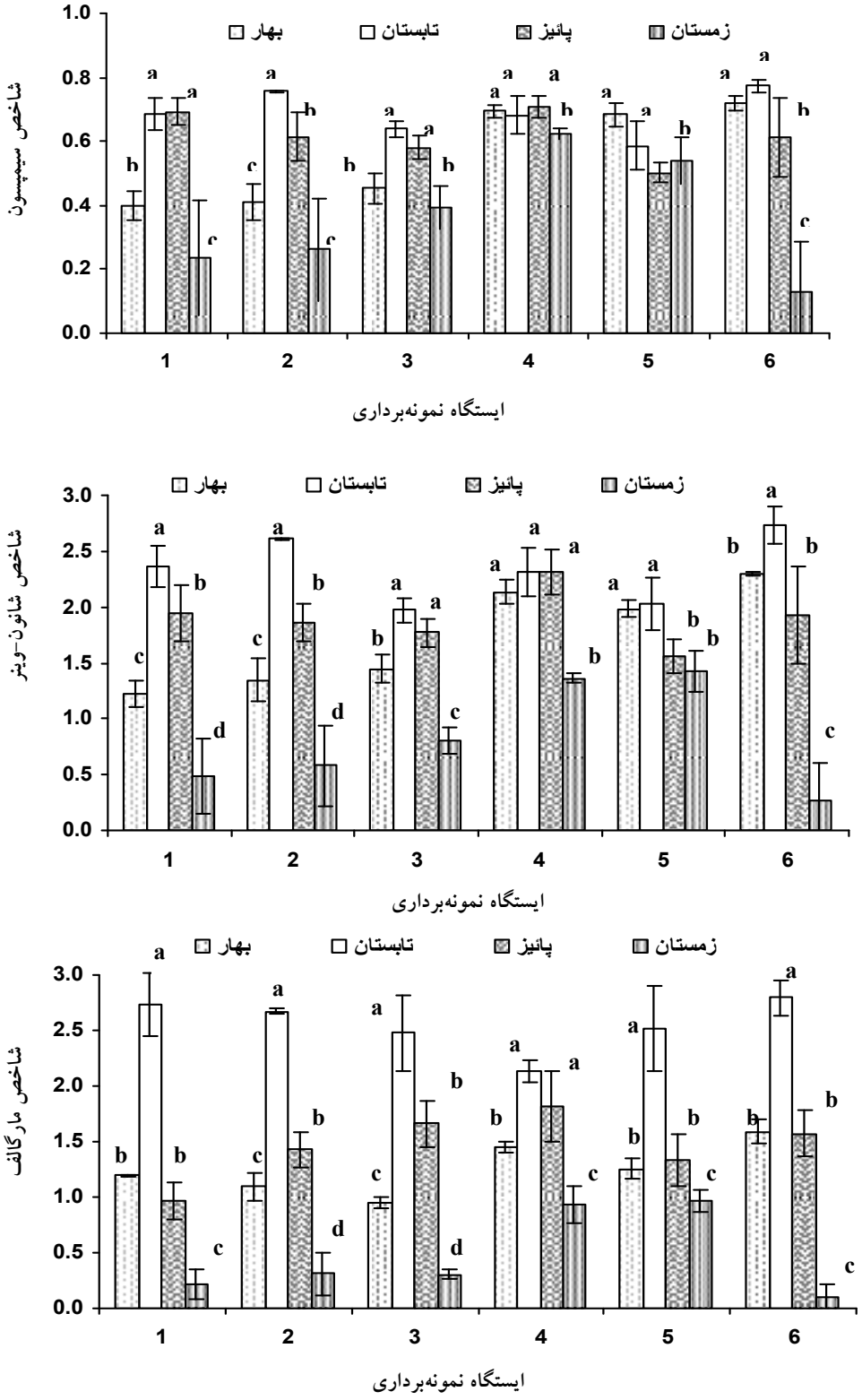
شاخص‌های تنوع فیتوپلانکتون‌ها در فصول مختلف و

ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده دریاچه حنا در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که در فصل بهار شاخص‌های سیمپسون و شانون–وینر به‌ترتیب دامنه ۰/۷۲ –۰/۴۰ و ۲/۲۹ – ۱/۲۳ به‌دست آمد که بیشترین در ایستگاه ۶ و کمترین آن در ایستگاه ۱ بود. شاخص مارگالف در بهار دامنه آن ۱/۵۹–۰/۹۵ بود که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در ایستگاه ۶ و ۳ بود. در فصل تابستان شاخص‌های سیمپسون و شانون–وینر به‌ترتیب دامنه ۰/۷۷ –۰/۵۹ و ۲/۷۳ – ۱/۹۷ به‌دست آمد که بیشترین در ایستگاه ۶ و کمترین آن در ایستگاه ۵ (براساس سیمپسون) وایستگاه ۳ (براساس شانون–وینر) بود. شاخص مارگالف در این فصل دامنه آن ۲/۸۰–۲/۱۳ بود که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در ایستگاه ۶ و ۴ بود. در فصل پاییز شاخص‌های سیمپسون و شانون–وینر به‌ترتیب دامنه ۰/۷۱ –۰/۵۰ و ۲/۳۱ – ۱/۵۶ به‌دست آمد که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در ایستگاه ۴ و ۵ بود. شاخص مارگالف نیز دامنه آن ۱/۸۲–۰/۹۶ بود که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در ایستگاه ۴ و ۱ بود. در فصل زمستان شاخص‌های سیمپسون و شانون–وینر به‌ترتیب دامنه ۰/۶۳ –۰/۱۳ و ۱/۴۲ – ۰/۲۷ به‌دست 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 ۰/۹۷–۰/۱۰ بود که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در ایستگاه ۵ و۶ بود.

بحث

آب دریاچه حنا در تمام فصول نمونه‌برداری شرایط اکسیژنی مطلوب (۹/۷۳–۷/۴۶ 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 ۹۶/۹ – ۱۱۸/۹ سانتی‌متر بود که کاهش نفوذ نور و شفافیت آب در زمستان را می‌توان به میزان سیلتی 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 (۹و 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 ازحوضه 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 ۰/۰۳ در زمستان تا ۱/۲ 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 فیزیکوشیمیایی آب تأثیر می‌گذارد. میزان فسفرمحلول در آب‌های طبیعی به‌طور فصلی متغییر است و میزان آن از ۵ تا ۳۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد (۱۲). گیبسون 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 (۲۹و 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 ازدیاتوم‌ها ۱۰:۱، کلروفیسه ۱ :۳۰، دینوفیسه ۱۲:۱ و سیانوفیسه بین۱ : 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 و۱۰). 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 ($P>0.05$).

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 به‌خصوص 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 ازدو جنس *Cyclotella* و *Surirella* در تمام فصول با استثنای زمستان مهم‌ترین و فراوان‌ترین بودند. علت را می‌توان به خصوصیات کیفی آب، به‌خصوص دمای آب نسبت داد که در زمستان برای رشد و تکثیر بسیاری از فیتوپلانکتون‌ها مناسب نیست و فراوانی کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد (۱۰،۲۲و۲۷). 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،۱۶و۳۱). به‌طورکلی 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 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، ۲۶و 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 (۱۱و۳۱). بنابراین، تنوع فیتوپلانکتون‌ها در بهار و تابستان درمقایسه 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 محدویت دمایی آب در این فصول نسبت داد که مناسب رشد و کلونی شدن در بسیاری از گونه‌های فیتوپلانکتونی نیست (۱۰، ۲۲و ۲۷). در فصل زمستان کوتاه شدن طول روز و تغییر زاویه نور خورشید در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا می‌تواند ازعوامل بازدارنده رشد جلبک‌ها و تولید خالص آنها باشد، به‌طوری‌که شرایط برای رشد جنس‌های غالب نامساعد شده و تراکم آنها کم می‌شود و

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.

سپاسگزاری

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

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 ایران۱۳(۳): ۸۷ -۱۱۳.

۳. غلامی، ع.،ح. اجتهادی و ف. قاسم زاده. ۱۳۸۴. بررسی تنوع گونه‌ای و اکولوژیک فیتوپلانکتون‌های دریاچه بزنگان. مجله علمی شیلات ایران۲ : 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. Batelle 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. Sigee. 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. 2nd ed., Benjamin Cummings, 624 pp.
22. Lee, R. E.(ed.). 1989. Phycology. 2nd 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. 3rd 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 Eutrophier-ung von Trinkwassen-Talsperren. *Limnologica* (Berlin) 6: 225-245.
33. Zar, J. H. 1984. Bioststistical Analysis. 2nd ed., Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New York, USA, 718 pp.