

مطالعه زمانی ریز جلبک‌های تالاب سولدوز در حوزه جنوبی دریاچه ارومیه

چکیده

فیتوپلانکتون‌ها از اجزاء اصلی اکوسیستم‌های تالابی بشمار می‌روند که نقش کاربردی مهم و حیاتی را در تأمین مواد غذایی و اکسیژن برای سایر جانداران، تثبیت مواد نیتروژن دار و دی‌اکسید کربن ایفا می‌کنند. در این میان، وضعیت کنونی دریاچه ارومیه ضرورت حفاظت و حراست از تالاب‌های مرتبط با این اکوسیستم‌ها و اجزای زنده و غیرزنده آن را مشخص‌تر می‌نماید. از این‌رو این مطالعه در راستای کمک به احیای دریاچه ارومیه از طریق پایش وضعیت هیدرو بیولوژیک تالاب سولدوز انجام گرفت. بررسی‌های میدانی و نمونه‌برداری از تالاب سولدوز از ۶ ایستگاه و در فصول تابستان و زمستان ۱۳۹۵ انجام گرفت. نمونه‌برداری از ایستگاه‌ها با استفاده از روتنر عمودی با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر انجام گرفت. همچنین اثر عوامل فیزیکی و شیمیایی و تغییرات زمانی بر تنوع، فراوانی و شاخص‌های زیستی فیتوپلانکتون‌های موجود در این اکوسیستم مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع ۴۹ گونه از فیتوپلانکتون‌های تالاب سولدوز مورد شناسایی قرار گرفت که ۱۷ گونه متعلق به جلبک‌های سبز، ۱۶ گونه متعلق به دیاتومه‌ها و ۹ گونه متعلق به جلبک‌های سبز-آبی و تعدادی گونه دیگر بود. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد که حضور و یا عدم حضور جلبک‌های یادشده در فصول مختلف احتمالاً وابسته به تغییرات عوامل فیزیکی و شیمیایی خصوصاً دما، نیترات، فسفات، pH و هدایت الکتریکی می‌باشد که به‌صورت طبیعی در زیستگاه رخ می‌دهد. مقدار شاخص‌های جمعیتی تراکم و شاخص‌های تنوع زیستی نظیر غنای گونه‌ای، تنوع گونه‌ای و غالبیت، در فصل گرم بیشتر از فصل سرد سال مشاهده گردید. نتایج این مطالعه می‌تواند در راستای طرح‌های پایش دریاچه ارومیه به مدیریت و بهره‌برداری بهتر از تالاب‌های اقماری دریاچه ارومیه به مدیران اجرایی کمک نماید.

واژگان کلیدی: جلبک سبز-آبی، تالاب سولدوز، شاخص تراکم، تنوع زیستی، دریاچه ارومیه.

سودابه تیموری^۱

بهرروز آتشبار کنگرلویی^{۲*}

احمد ایمانی^۳

زهرا عسل پیشه^۴

علی حقی وایقان^۵

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بوم‌شناسی آبزیان، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. استادیار گروه اکولوژی و مدیریت ذخایر آبزیان، پژوهشکده آرتیمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۴. دانشجوی دکتری زیست‌شناسی گیاهی، گروه اکولوژی و مدیریت ذخایر آبزیان، پژوهشکده آرتیمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۵. استادیار گروه اکولوژی و مدیریت ذخایر آبزیان، پژوهشکده آرتیمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

*مسئول مکاتبات:

b.atashbar@urmia.ac.ir

کد مقاله: ۱۴۰۰۱۰۸۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۳

این مقاله پژوهشی و برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

مقدمه

تالاب‌ها از مهم‌ترین اکوسیستم‌هایی هستند که دارای اهمیت تفریحی، اقتصادی، اجتماعی و به‌ویژه بیولوژیک به‌عنوان زیستگاه بسیاری از آبزیان، پلانکتون‌ها و پرندگان می‌باشد. در اکوسیستم‌های آبی زیستگاه باکیفیت و مطلوب نیازهای اساسی همچون تولیدمثل، رشد و بقا جمعیت آبزیان را فراهم می‌نماید و متأثر از میان‌کنش‌های عوامل زنده و غیرزنده محیط‌زیست آن می‌باشد (Levin and Stunz, ۲۰۰۵). تالاب‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی و زیستگاه بسیاری از آبزیان به شمار می‌روند و نقش کاربردی را در جلوگیری از گسترش کویرها، تعدیل آب‌وهوا، تأمین آب، بقا و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، زیستگاه پرندگان و آبزیان ایفا می‌کنند (Kim et al., ۲۰۱۱). به دلیل افزایش جمعیت و پیشرفت فن‌آوری بسیاری از اکوسیستم‌های طبیعی از جمله تالاب‌ها در معرض تهدید قرار دارند. به‌طوری‌که در سطح جهانی اشاره شده

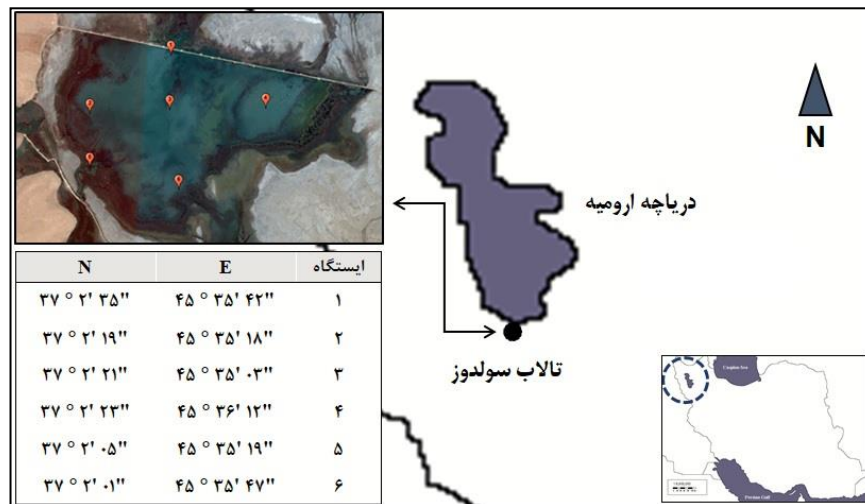


است منابع دریایی در نتیجه عدم مدیریت کافی در حال کاهش هستند و حفظ سلامت و بهره‌برداری پایدار از منابع را با خطر مواجه می‌نماید (Foley et al., ۲۰۱۰). در بدنه اکوسیستم‌های آبی و به‌ویژه تالاب‌ها فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان یکی از اجزاء اولیه زیستی، در انتقال انرژی به موجودات زنده (در سطوح بالای زنجیره‌های انرژی در بوم‌سازگان‌های آبی) به‌عنوان یکی از اجزای اصلی مطرح می‌باشند (Ahmadpour et al., ۲۰۱۵). از سوی دیگر جوامع فیتوپلانکتونی به دلیل زندگی کوتاه شاخص مناسبی برای ارزیابی تغییرات محیطی و اقلیمی بشمار می‌روند (Boyce et al., ۲۰۱۰) و نسبت به تغییرات زیست‌محیطی به‌سرعت واکنش نشان می‌دهند و دارای تغییرات فصلی و سالانه می‌باشد و اهمیت پایش آن را دوچندان می‌نماید (Bagheri et al., ۲۰۱۱; Bagheri et al., ۲۰۱۲). مطالعات متعددی در خصوص اهمیت مطالعه فصلی فیتوپلانکتون‌ها و نقش آن‌ها در منابع شیلاتی و پایش اکوسیستم انجام شده است (Bagheri et al., ۲۰۱۱; Bagheri et al., ۲۰۱۲; Akbarzadeh et al., ۲۰۱۵; Bagheri et al., ۲۰۱۶; Abolhasani et al., ۲۰۱۹; Bagheri et al., ۲۰۱۸). به‌عنوان مثال مطالعه جوامع فیتوپلانکتونی می‌تواند تغییرات محیطی بلندمدت و کوتاه‌مدت در اکوسیستم‌های آبی را مشخص نماید، چراکه رشد و تکثیر فیتوپلانکتون‌ها بستگی به جریان و پویایی منبع آب، مقدار و طیف نور و نیز قابلیت دسترسی مواد غذایی دارد (Smith, ۲۰۰۳). همچنین فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان شاخص زیستی به‌شدت نسبت به غلظت‌های مختلف علف‌کش‌ها واکنش نشان می‌دهد و تغییراتی را در جمعیت و نرخ رشد ایجاد می‌نماید (Azad et al., ۲۰۱۸). از سوی دیگر به‌عنوان جاذب‌های اقتصادی و کارآمد در حذف فلزات سنگین از فاضلاب‌ها معرفی شده است (Talei et al., ۲۰۱۵; Bejarbaneh et al., ۲۰۱۵). بنابراین بررسی فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان شاخص زیستی جهت پایش تالاب‌ها در راستای حفظ کارکردهای اکوسیستم بسیار حائز اهمیت است.

دریاچه ارومیه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تالاب‌های بین‌المللی آب‌شور جهان در دو دهه گذشته با بحران شدید خشک‌سالی مواجه گردیده است (Danesh-Yazdi and Ataie-Ashtiani, ۲۰۱۹) به‌طوری‌که ادامه این روند در مهر و موم‌های اخیر منجر به کاهش شدید در بروز برخی از پدیده‌های زیستی مانند پرندگان مهاجر، تولید آرتمیا و جلبک‌های تک‌سلولی که از ارکان اصلی این اکوسیستم محسوب می‌شوند گردیده است. لذا وضعیت کنونی دریاچه ارومیه ضرورت حفاظت و حراست از تالاب‌های مرتبط با این اکوسیستم‌ها را دوچندان می‌نماید (Teymuri, ۲۰۱۷). از جمله تالاب‌های اقماری دریاچه ارومیه می‌توان به تالاب سولدوز، اشاره نمود. این تالاب با مساحت آب ۱۵۰ تا ۲۰۰ هکتار متغیر و ۲۳۰ کیلومتر مربع مساحت حوضه‌ی آبریز که شامل حوضه آبریز زهکش حسنلو نیز می‌شود. علی‌رغم اینکه تالاب سولدوز یک تالاب ساخت بشر و جدید می‌باشد اما کارکرد بارز خود را به‌عنوان یک زیستگاه جذاب برای پرندگان آبی موجود در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داده است و چون در نمکزارهای جنوبی دریاچه ارومیه احداث شده است و بنابراین بخشی از اکوسیستم آن به شمار می‌رود؛ و به دلیل فراهم آوردن زیستگاه برای تغذیه، زمستان‌گذرانی و زادآوری پرندگان از اهمیت بالایی برای پرندگان آبی دریاچه ارومیه برخوردار می‌باشد (Environmental Organization, ۲۰۰۴; Pourahad Anzabi et al., ۲۰۱۸). هم‌اکنون پر غذایی ناشی از مصرف کودهای کشاورزی در مجاورت تالاب و رشد بیش‌ازحد جلبک‌ها، جزء مهم‌ترین چالش‌ها در این تالاب‌ها به‌حساب می‌آید که مرگ این جلبک‌ها و فرایند طبیعی تجزیه لاشه آن‌ها باعث کاهش میزان اکسیژن محلول در آب شده و در نتیجه ماهیان و آبزیان تالاب‌ها با کمبود اکسیژن مواجه می‌شوند (Esavi and Rezaei, ۲۰۱۴)؛ اما متأسفانه باوجود چنین مشکلاتی هنوز اطلاعات دقیقی در مورد ترکیب جوامع جلبک‌ها و فیتوپلانکتون‌های موجود در تالاب سولدوز بخصوص در ۱۰ تا ۱۵ سال اخیر وجود ندارد. در راستای تضمین تنوع زیستی و تداوم کارکردهای تالاب سولدوز، پایش این اکوسیستم از طریق به‌کارگیری شاخص‌های زیستی از جمله فیتوپلانکتون‌ها زمینه تحقیقاتی مناسبی را برای بررسی‌های هیدرو بیولوژیک این منبع آبی به وجود می‌آورد. از این‌رو این مطالعه در راستای کمک به بازسازی دریاچه ارومیه از وضعیت هیدرو بیولوژیک (جلبک‌های سبز و سبز-آبی) تالاب‌های آن قصد دارد اثر عوامل محیطی بر تنوع و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و تغییرات زمانی بر تنوع و فراوانی فیتوپلانکتون‌های تالاب سولدوز را بررسی نماید.

مواد و روش‌ها

تالاب سولدوز یکی از چندین تالاب شهرستان نقره در استان آذربایجان غربی و در موقعیت جغرافیایی عرض $37^{\circ} 02'$ شمالی و طول $45^{\circ} 35'$ شرقی در جنوب غرب دریاچه ارومیه واقع شده است. با توجه به مساحت و موقعیت تالاب ۶ ایستگاه نمونه‌برداری تعیین شد (شکل ۱). انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر اساس شرایط و پیچیدگی تالاب صورت گرفت. برای جلوگیری از تأثیر تغییرات دمایی روزانه در کمیت و کیفیت نمونه‌ها، سعی شد تا نمونه‌برداری از ایستگاه‌ها در بازه زمانی معینی از روز انجام شود. مختصات هر ایستگاه در هر نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه GPS مدل GARMIN ثبت شد. بررسی‌های میدانی و نمونه‌برداری از تالاب سولدوز در فصول تابستان و زمستان ۱۳۹۵ انجام گرفت.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی تالاب سولدوز (Solduz wetland) و ایستگاه‌های نمونه‌برداری (سال ۱۳۹۵).

در این مطالعه با توجه به مناطق چهارگانه تالاب سولدوز، شکل، وسعت، عمق و موقعیت ورودی آب به تالاب، تعداد ۶ ایستگاه نمونه‌برداری تعیین گردید. نمونه‌برداری از ایستگاه‌ها با استفاده از روتنر عمودی با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر از کل ستون آب در سه تکرار انجام گرفت (با توجه به اینکه عمق ایستگاه‌ها بین ۵۰ تا ۱۲۵ سانتی‌متر متغیر بود لذا ستون آب برای نمونه‌برداری بین ۴۰ تا ۱۱۵ سانتی‌متر تعیین گردید). نمونه‌های هر ایستگاه به‌طور جداگانه با همدیگر مخلوط و در ظروف‌های پلاستیکی ۲ لیتری به آزمایشگاه انتقال یافتند. همچنین در ظروف ۲ لیتری دیگری مقداری از نمونه‌ها به‌صورت تثبیت‌شده با فرمالین ۱ درصد یا الکل ۹۶ درصد برای ثابت ماندن نمونه‌ها به‌منظور بررسی تراکم آن‌ها به آزمایشگاه انتقال و در یخچال در دمای 4°C درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برخی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی زیستگاه‌ها شامل عمق متوسط با استفاده از شاخص مدرج، شفافیت آب با استفاده از سی‌سی‌دیسک (Secchi disk)، اکسیژن محلول آب (اکسیژن سنج مدل AZ۸۴۰۳)، شوری (شوری سنج مدل ATAGO S-۱۰)، دما، هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول و pH (CRISON MM ۴۰)، مواد جامد معلق (TSS) با استفاده از فیلتر واتمن و دستگاه پمپ خلأ به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شدند. همچنین، نمونه‌های آب جهت بررسی نیترات، فسفات کل، قلیائیت و کدورت تهیه و به همراه یخ به آزمایشگاه منتقل و توسط دستگاه PALINTEST ۷۵۰۰ موردسنجش قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری مقادیر نیترات و فسفات ابتدا مقدار مشخصی از آب نمونه را صاف کرده و در ظروف آزمایش ریخته و ۵ دقیقه بعد از افزودن معرف‌های ۱ و ۲ توسط دستگاه خوانده می‌شود.

قسمتی از نمونه‌های منتقل شده با ظروف پلاستیکی ۲ لیتری بلافاصله با افزودن محیط کشت در ارلن‌های ۵۰۰ میلی‌لیتری کشت داده شد و مابقی در یخچال نگهداری شد. قبل از آن با استفاده از یک فیلتر مناسب (۳۰-۵۰ میکرون) زئوپلانکتون‌های درشت موجود در نمونه از جمله

روتیفرها و دافنی‌ها جهت جلوگیری از تغذیه فیتوپلانکتون‌ها صاف و از محیط حذف شد. سپس جلبک‌های موجود در نمونه‌های آب مربوط به هر یک از ایستگاه‌ها به‌صورت جداگانه و با استفاده از محلول فرمالدئید ۳ درصد تثبیت گردیده و با استفاده میکروسکوپ نوری (مدل OLYMPUS BX^{۵۰}) به مجهز به دوربین (مدل Moticam ۵۰۰ INT) مورد بررسی و شناسایی قرار گرفتند.

همچنین برای تعیین تراکم فیتوپلانکتون‌ها از لام Sedgewick Rafter استفاده شد (LeGresley and McDermott, ۲۰۱۰). برای محاسبه تراکم جمعیت (T) گونه‌ها از رابطه شماره ۱ استفاده می‌شود:

$$T = ۱۰۰۰ \times \frac{C}{۱۰ \times N} \quad \text{رابطه ۱:}$$

T: تعداد موجودات (تک‌سلولی و کلنی‌ها) در هر میلی‌لیتر از نمونه اصلی

C: بیانگر تعداد موجودات شمارش شده در تعداد مربع N

حداقل ۴۰۰ واحد (سلول‌ها یا کلنی‌ها) از هر گونه باید شمارش شد تا از خطای شمارش در حد ۰/۰۱ < جلوگیری شود (Berger *et al.*, ۱۹۷۰). برای شناسایی جلبک‌های موجود در نمونه‌های آب تالاب سولدوز با استفاده از میکروسکوپ نوری و کلید شناسایی جلبک‌های آب شیرین استفاده شد. جلبک‌های موجود در نمونه‌ها تا حد جنس شناسایی شدند (Wehr and Sheath, ۲۰۰۳; John, ۲۰۰۵; Edward and David, ۲۰۱۰).

برای بررسی تنوع کاربردی از شاخص سیمپسون (Simpson, ۱۹۴۹) مطابق رابطه ۲ استفاده شد.

$$1-D = \sum \left(\frac{ni[ni-1]}{N[N-1]} \right) \quad \text{رابطه ۲:}$$

Ni: تعداد افراد گونه i

N: تعداد کل افراد تشکیل‌دهنده تمام گونه‌ها در نمونه

برای بررسی تنوع گونه‌ای از رابطه ۳ استفاده گردید (Shannon, ۱۹۴۸).

رابطه ۳:

$$H' = - \sum_{i=1}^s Pi \ln Pi$$

s: تعداد گونه‌ها

Pi: نسبت یا وفور گونه i ام که برحسب نسبتی از کل افراد است.

برای بررسی غنای گونه‌ای که دارای تعداد گونه‌ها S و فراوانی کل افراد n از رابطه ۴ استفاده گردید (Margalef, ۱۹۵۱).

$$R = \frac{S-1}{\ln N} \quad \text{رابطه ۴:}$$

برای بررسی غالبیت گونه‌ای از شاخص غالبیت سیمپسون مطابق با رابطه ۵ استفاده گردید (Simpson, ۱۹۴۹).

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{n} \right)^2$$

رابطه ۵:

n_i : تعداد افراد گونه i

n : تعداد کل افراد تشکیل دهنده تمام گونه‌ها در نمونه می‌باشد.

از نرم‌افزار آماری Canaco جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. آزمون آماری PCA (Principal Component Analysis)، جهت آنالیز تعیین و دسته‌بندی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی تأثیرگذار و آنالیز CCA (Canonical Correlation Analysis) جهت تعیین همبستگی و ارتباط گونه‌ها با فاکتورهای محیطی بکار برده شد.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در شش ایستگاه در فصول تابستان و زمستان نشان داد که اکثر پارامتر بشدت تحت تأثیر فرایندهای مربوط به تغییرات فصلی قرار دارند (جدول ۱). ترکیب گونه‌های فیتوپلانکتون‌های (جلبک‌های سبز و سبز-آبی) شناسایی شده در تالاب سولدوز در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: میانگین (\pm SD) داده‌های اندازه‌گیری شده در تالاب سولدوز (Solduz wetland) (سال ۱۳۹۵).

پارامتر	تابستان	زمستان
دما ($^{\circ}$ C)	۲۶/۹۸ \pm ۱/۷۴	۸/۵۵ \pm ۰/۱۴
اکسیژن محلول (میلی‌گرم/لیتر)	۱۱/۰۲ \pm ۴/۰۷	۸/۲۲ \pm ۰/۲۱
هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس/سانتیمتر)	۵/۹۰ \pm ۰/۷۴	۵/۹۹ \pm ۰/۴۳
مواد جامد معلق (T.S.S) (گرم/لیتر)	۰/۰۷ \pm ۰/۰۴	۰/۰۱ \pm ۰/۰۰
مواد جامد محلول (T.D.S) (گرم/لیتر)	۳/۹۴ \pm ۰/۲۷	۳/۷۸ \pm ۰/۲۸
قلیائیت (CaCO_3) (میلی‌گرم/لیتر)	۴۴۸/۵۰ \pm ۵۰/۱۴	۳۷۰/۰۰ \pm ۲۹/۴۴
شوری (گرم/لیتر)	۷/۵۰ \pm ۱/۲۶	۹/۱۷ \pm ۱/۸۴
کدورت (ntu)	۲۸/۱۰ \pm ۱۰/۸۱	۱/۲۶ \pm ۰/۷۳
فسفات (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۴۳ \pm ۰/۱۷	۰/۲۸ \pm ۰/۰۸
نترات (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۷ \pm ۰/۲۲	۳/۹۳ \pm ۰/۶۴
pH	۸/۲ \pm ۰/۴۷	۸/۵۴ \pm ۰/۰۶
عمق (سانتی‌متر)	۶۷/۵۰ \pm ۱۳/۴۳	۸۱/۶۷ \pm ۲۰/۹۴
شفافیت (سانتی‌متر)	۴۵/۰۰ \pm ۲۱/۹۸	۶۷/۵۰ \pm ۵/۵۹

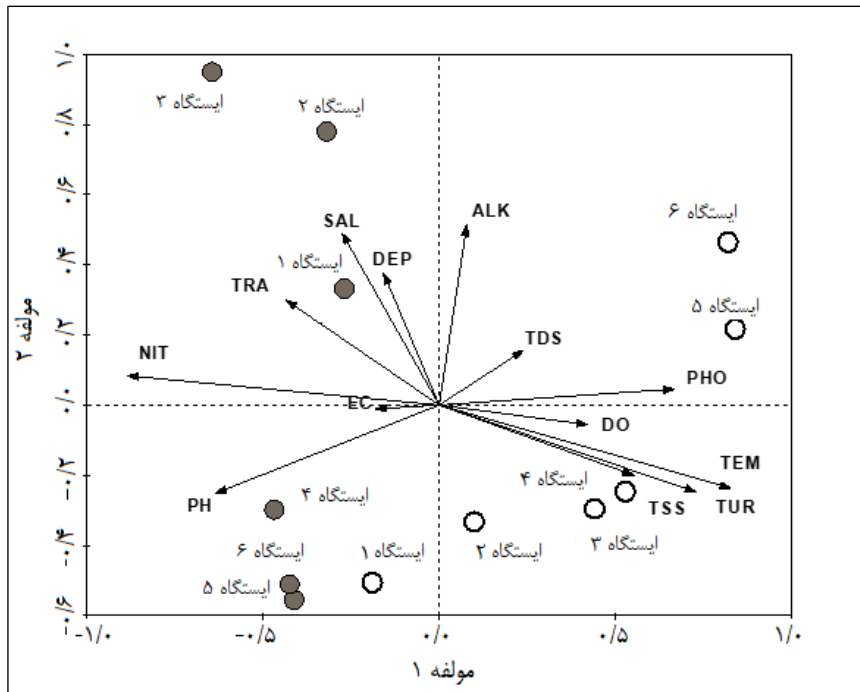
جدول ۲: ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون‌های (جلبک‌های سبز و سبز-آبی) شناسایی شده در تالاب سولدوز (Solduz wetland) (سال ۱۳۹۵).

Taxon			زمستان	تابستان	
رده	خانواده	گونه			
Bacillariophyceae	Naviculaaceae	<i>Caloneis amphisbaena</i>	✓	✓	
		<i>Gyrosigma spenserii</i>	✓	✓	
		<i>Navicula</i> sp. ^۱	✓	✓	
		<i>Navicula</i> sp. ^۲	✓	•	
		<i>Navicula cincta</i>	✓	✓	
		<i>Navicula cryptocephala</i>	•	✓	
	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicalaris</i>	✓	✓	
		<i>Nitzschia linearis</i>	✓	✓	
		<i>Nitzschia frigida</i>	✓	✓	
		<i>Nitzschia sigmoidea</i>	✓	✓	
	Tabellariaceae	<i>Diatoma vulgare</i>	✓	•	
		<i>Diatoma</i> sp.	✓	•	
	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp.	✓	•	
		<i>Campylodiscus</i> sp.	✓	•	
	Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i> sp.	✓	•	
	Chlorophyceae	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	✓	•
			<i>Scenedesmus ellipticus</i>	✓	•
			<i>Scenedesmus acutus</i>	✓	✓
			<i>Scenedesmus linearis</i>	✓	✓
<i>Scenedesmus dimorphus</i>			✓	✓	
<i>Scenedesmus obliquus</i>			✓	•	
Selenastraceae		<i>Crucigenia rectangularis</i>	•	✓	
		<i>Selenastrum</i> sp.	✓	✓	
		<i>Kirchneriella contorta</i>	✓	✓	
		<i>Monoraphidium contortum</i>	✓	✓	
Oocystaceae		<i>Ankistrodesmus</i> sp.	✓	✓	
		<i>Lagerheimia</i> sp.	✓	✓	
		<i>Oocystis</i> sp.	•	✓	
		<i>Characium oviforme</i>	✓	✓	
Chlorococcaceae	<i>Neosporangiococcum vacuolatum</i>	✓	•		
Haematococcaceae	<i>Haematococcus pluvialis</i>	✓	•		
Volvocaceae	<i>Eudorina</i> sp.	✓	•		
Cyanophyceae	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria brevis</i>	✓	✓	
		<i>Oscillatoria limnetica</i>	✓	✓	
		<i>Oscillatoria tenuis</i>	✓	✓	
		<i>Oscillatoria agardhii</i>	✓	✓	
	Merismopediaceae	<i>Synechocystis</i> sp.	•	✓	

Taxon			زمستان	تابستان
رده	خانواده	گونه		
		<i>Merismopedia</i> sp.	•	✓
	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp.	✓	✓
	Microcystaceae	<i>Microcystis aeruginosa</i>	✓	✓
	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i> sp.	•	✓
		<i>Cyclotella</i> sp.	✓	•
Mediophyceae	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella quillensis</i>	✓	•
		<i>Cyclotella meneghiniana</i>	✓	•
Coscinodiscophyceae	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i> sp.	•	✓
Zygnematophyceae	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i> sp.	✓	•
Trebouxiophyceae	Chlorellaceae	<i>Chlorella</i> sp.	✓	✓
Chlorodendrophyceae	Chlorodendraceae	<i>Tetraselmis</i> sp.	✓	•

نتایج حاصل از آنالیز آماری تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) پراکنش گونه‌های مختلف جلبک در فصول تابستان و زمستان در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان تأثیرگذاری هر یک از مؤلفه‌های اول و دوم به ترتیب ۴۴/۴ و ۲۷/۱ درصد می‌باشد که مجموعاً ۷۱/۵ درصد تغییرات (واریانس) را شامل می‌شود. در مؤلفه اول دما، کدورت و فسفات بیشترین تغییرات مثبت و در مؤلفه دوم شوری و قلیائیت بیشترین تغییرات مثبت را در تالاب سولدوز با توجه به تغییر فصل داشته است. همچنین با توجه به مؤلفه اول بیشترین تغییرات منفی در بین فاکتورهای بررسی شده در تالاب سولدوز مربوط به میزان pH و نترات و در مؤلفه دوم مربوط به اکسیژن محلول می‌باشد که با تغییر فصل اتفاق افتاده است.

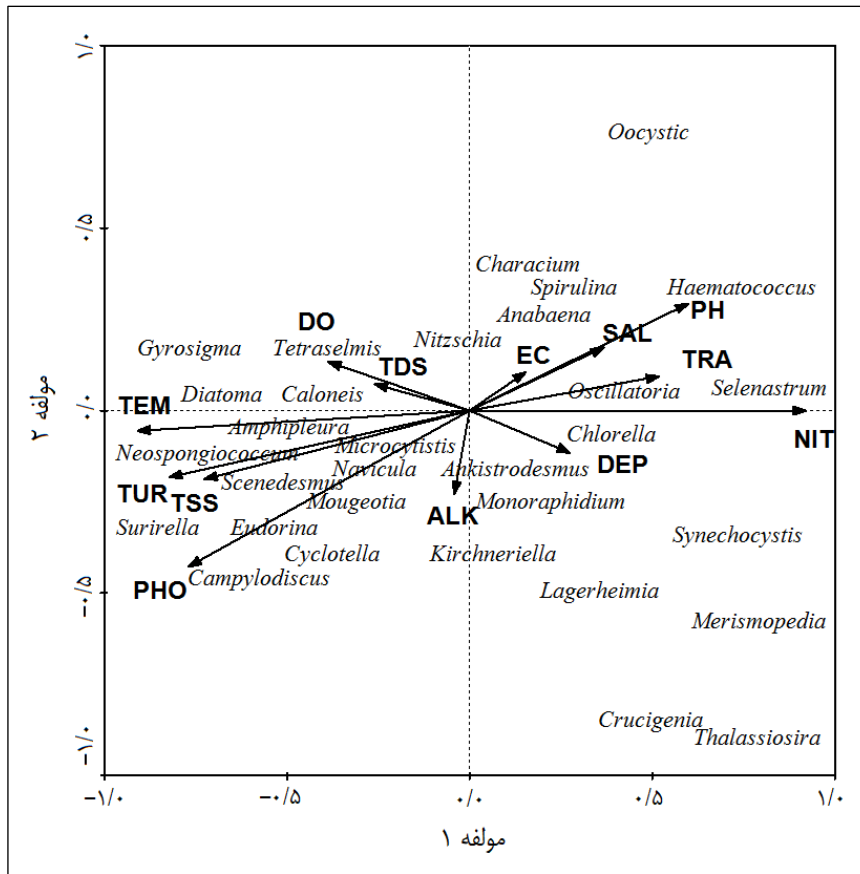
در فصل زمستان بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آبها TDS و هدایت الکتریکی، هدایت الکتریکی و شوری، شوری با TDS و آلکالینیتی قلیائیت با عمق دارای همبستگی مثبت معنی‌دار بودند ($p > 0.05$). همچنین فاکتورهای کدورت و هدایت الکتریکی، عمق با TDS، کدورت و شوری، فسفر با هدایت الکتریکی، فسفر با TDS و فسفر با شوری دارای همبستگی منفی معنی‌داری بودند. در فصل تابستان بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آبها TDS و هدایت الکتریکی، هدایت الکتریکی و شوری، شوری با TDS و آلکالینیتی با عمق دارای همبستگی مثبت معنی‌دار بودند. همچنین فاکتورهای کدورت و هدایت الکتریکی، عمق با TDS، کدورت و شوری، فسفر با هدایت الکتریکی، فسفر با TDS و فسفر با شوری دارای همبستگی منفی معنی‌داری بودند ($P > 0.05$).



شکل ۲: تغییرات عوامل فیزیکی شیمیایی در ارتباط با تغییر فصل در تالاب سولدوز (Solduz wetland) بر اساس آنالیز آماری PCA (سال ۱۳۹۵).

دایره‌های توپر ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصل زمستان و دایره‌های توخالی مربوط به همان ایستگاه‌ها در فصل تابستان می‌باشد. کدهای استفاده‌شده در این نمودار به شرح زیر می‌باشند: دما (TEM)، اکسیژن محلول (DO)، شفافیت (TRA)، هدایت الکتریکی (EC)، شوری (SAL)، pH (PH)، نیتروژن کل (TN)، فسفر کل (TP)، کلروفیل a (CHL)، مواد جامد محلول (TDS)، مواد جامد معلق (TSS) عمق (DEP) و کدورت (TUR)

نتایج حاصل از آنالیز آماری CCA نشان داد که میزان تأثیرگذاری هریک از مؤلفه‌های اول و دوم به ترتیب ۵۳/۰ و ۲۴/۱ درصد می‌باشد که مجموعاً ۷۷/۱ درصد تغییرات (واریانس) مربوط به فاکتورهای فیزیکوشیمیایی-گونه‌ها را شامل می‌شود (شکل ۳). بر اساس مؤلفه اول، افزایش مقدار فاکتورهای نترات، pH و شفافیت بیشترین تأثیرگذاری مثبت را در گسترش و پراکنش گونه‌های شناسایی‌شده از تالاب سولدوز داشته است و با گونه‌هایی مانند *Oscillatoria*، *Navicula*، *Selenastrum* و *Haematococcus* همبستگی شدیدی دارد. همچنین بر اساس مؤلفه دوم، افزایش اکسیژن محلول و مواد محلول معلق در آب بیشترین تأثیرگذاری مثبت را در پراکنش گونه‌های مانند *Gyrosigma* و *Caloneis*، *Diatoma*، *Tetraselmis* در تالاب سولدوز داشته است هرچند بر اساس آزمون مونت کارلو (Monte Carlo test) تأثیرگذاری هیچ‌کدام از فاکتورها به‌تنهایی معنی‌دار نبود ($F = ۰,۰۰۰$ ، $p = ۱,۰۰۰$). هم‌زمان pH، شفافیت، اکسیژن محلول و مواد محلول معلق، هدایت الکتریکی، شوری و شفافیت نیز رابطه مثبت و محکمی را نسبت به هر دو محور ۱ و ۲ نشان می‌دهند که این نشان‌دهنده شرایط پایدار و مطلوبی فاکتورهای آب برای فیتوپلانکتون‌ها است.



شکل ۳: ارتباط فیتوپلانکتون‌ها (در حد جنس) بین فاکتورهای فیزیکی شیمیایی در تالاب ولدوز (Solduz wetland) بر اساس آنالیز آماری CCA (سال ۱۳۹۵).

کدهای استفاده شده در این نمودار به شرح زیر می‌باشند: دما (TEM)، اکسیژن محلول (DO)، شفافیت (TRA)، هدایت الکتریکی (EC)، شوری (SAL)، pH (PH)، نیترژن کل (TN)، فسفر کل (TP)، مواد جامد محلول (TDS)، مواد جامد معلق (TSS) عمق (DEP)، و کدورت (TUR).

تغییر درصد فراوانی در گروه‌های فیتوپلانکتونی مطالعه شده در این تحقیق به صورتی است که در تابستان فراوانی سیانوباکتری‌ها و دیاتومه‌ها افزایش معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). در صورتی که درصد فراوانی جلبک‌های سبز در فصل زمستان به صورت معنی‌داری ($0.05 < P$) بیشتر از گروه‌های دیگر مشاهده گردید (۵۹/۷۱ درصد) (شکل ۴).



شکل ۴: درصد فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی در تالاب سولدوز (Solduz wetland) (سال ۱۳۹۵).

بررسی شاخص‌های فیتوپلانکتونی نشان داد که میزان شاخص غالبیت در فصل تابستان بیشتر از مقدار این شاخص در فصل زمستان است. بر اساس نتایج حاصل از شاخص شانون تنوع گونه‌ای جلبک‌های شناسایی شده در تالاب سولدوز در فصل تابستان به صورت معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در فصل زمستان بود ($P < 0.05$). همچنین بیشترین مقدار غنا و تراکم گونه‌ای در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان مشاهده گردید (جدول ۳).

جدول ۳: شاخص‌های تنوع زیستی مربوط به گونه‌های جلبک در فصول مختلف (سال ۱۳۹۵).

زمان (فصل)	تنوع (شانون)	تنوع (سیمپسون)	غنا گونه‌ای (مارگالف)	تراکم (برگر-پارکر)	غالبیت
تابستان	۲/۶۹۴	۰/۲۰۱	۱/۹۰۱	۳/۴۶۵	۰/۷۹۹
زمستان	۱/۰۹۴	۰/۳۵۵	۱/۳۱۷	۰/۵۱۹	۰/۶۴۵

بحث و نتیجه‌گیری

دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور جهان است که طی سالیان گذشته قسمت اعظمی از ذخیره آبی خود را ازدست داده و هرروز به شرایط بحرانی نزدیک‌تر شده است (Akbari *et al.*, ۲۰۱۹; Danesh-Yazdi and Ataie-Ashtiani, ۲۰۱۹). این دریاچه به همراه تالاب‌های مجاور آن از جمله مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی در شمال غرب کشور می‌باشد که نقش کاربردی مهمی را برای منطقه به همراه دارد. در این بین پلانکتون‌ها از اجزای مهم اکوسیستم‌های آبی به‌ویژه تالاب‌ها می‌باشند که مطالعه تنوع و پراکنش آن‌ها در رژیم هیدرو بیولوژیک و مدیریت منابع آبی تأثیرات قابل توجهی رادارند (Sabkara and Makaremi, ۲۰۰۳; Stefanidou *et al.*, ۲۰۲۰). این اهمیت در بررسی تولیدات اولیه و ثانویه، نقش خود پالایی و کاربردهای اجتماعی-اقتصادی و پایش آلودگی‌ها در شرایط گذشته تا حال تالاب‌ها کاربردهای متنوعی را شامل می‌شود. از سوی دیگر تالاب‌ها به‌عنوان ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی محسوب می‌شوند و توجه به شناخت، حفظ و حراست و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری اصولی و پایدار از آن اهمیت زیادی دارد (Asal pish and Manaffar, ۲۰۱۸). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه در مجموع ۴۹ گونه ریز جلبک از تالاب دائمی سولدوز مورد شناسایی قرار گرفت. بدین ترتیب که ۱۷ گونه متعلق به رده Chlorophyceae، ۱۶ گونه متعلق به رده Bacillariophyceae، ۹ گونه متعلق به رده Cyanophyceae، ۳ گونه متعلق به رده Mediophyceae، ۱ گونه متعلق به رده

Trebouxiophyceae, ۱ گونه متعلق به رده Zygnematophyceae, ۱ گونه متعلق به رده Coscinodiscophyceae و ۱ گونه متعلق به رده Chlorodendrophyceae بودند (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق الگوی پراکنش گروه‌های ریز جلبکی یادشده تحت تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیم عوامل محیطی بررسی شده قرار دارد. نتایج نشان می‌دهد که در تالاب سولدوز همانند بسیاری از زیستگاه‌های تالابی دنیا الگوی پراکنش فیتوپلانکتون‌ها به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی هستند و این ارتباط تا حدی پیشرفته است که برخی جنس‌ها در فصل سرد سال قادر به ادامه زندگی نیستند. بر همین اساس می‌توان بیان نمود تغییرات فصلی به صورت غیرمستقیم بسیاری از شرایط زیست محیطی اکوسیستم‌های آبی را تحت تأثیر قرار داده که به نوبه خود می‌تواند در حضور و غالبیت جمعیت‌های فیتوپلانکتونی نقش اساسی داشته باشد (Einollahipeer et al., ۲۰۱۳; Poynton et al., ۲۰۱۳). در این مطالعه همچنین غالبیت گونه‌های متعلق به جنس‌های *Oscillatoria* و *Selenastrum*, *Chlorella*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Cyclotella*, *Neosporangiococcum* و *Amphipleura* در فصل تابستان در تالاب سولدوز تشخیص داده شد. این ارتباط بین تغییرات فصلی و حضور جنس‌ها به حدی است که برخی از گونه‌ها قادر به زیست در فصل سرد سال نیستند که در این بین می‌توان به جنس‌های *Surirella*, *Amphipleura*, *Scenedesmu*, *Neosporangiococcum*, *Neosporangiococcum*, *Diatoma*, *Cyclotella*, *Campylodiscus* و *Navicula* اشاره کرد (جدول ۲).

وجود ارتباط بین تغییرات فصلی و حضور گونه‌های مختلف نشان می‌دهد که پراکنش گونه‌های مختلف وابسته به تأثیرگذاری مثبت و منفی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی می‌باشد (Hameed et al., ۲۰۱۹). همچنین بر اساس نتایج حاصله (جدول ۳) بالاتر بودن میزان شاخص غالبیت در فصل تابستان نسبت به فصل دیگر نشان می‌دهد که شرایط اکولوژیکی حاکم بر تالاب سولدوز در این فصل نسبت به فصل زمستان نامناسب‌تر می‌باشد. در واقع در فصل تابستان به علت افزایش دمای آب و کاهش سطح آب غلظت مواد آلی در آب را افزایش داده و شرایط برای رشد و تکثیر گونه‌های مقاوم نظیر سیانوباکتری‌ها و دیاتومه‌ها فراهم می‌آید که در برابر بار آلودگی حاصل از مواد آلی مقاوم‌تر می‌باشند (Ha et al., ۱۹۹۸; Asal pishe and Manaffar, ۲۰۱۸; Poynton et al., ۲۰۱۳). مطالعات نشان داده است جلبک‌های سبز آبی نسبت به این گونه از تغییرات مقاوم بوده و حتی می‌توانند در طی فصولی که قسمت‌هایی از تالاب خشک می‌شود، دوره خشکی را با تولید آکینت سپری کنند (Asal pishe and Manaffar, ۲۰۱۸). دما و pH بالا معمولاً باعث شکوفایی سیانوباکتری‌ها در آب شیرین می‌شوند (Mohebbi et al., ۲۰۱۲). همچنین افزایش تراکم سیانوباکتری‌ها نظیر *Merismopedia* و *Chroococcus* در فصل تابستان هم‌زمان با افزایش دما و ورود زه آب‌ها به دریاچه سد زاینده‌رود اصفهان گزارش شده است (Shams et al., ۲۰۱۲). در مطالعه دیگری نیز به اهمیت افزایش تراکم سیانوباکتری‌ها در محیط‌های غنی از مواد غذایی اشاره شده است (Nourozi and Ahmadi, ۲۰۰۷). در بررسی انجام گرفته بر روی پراکنش فیتوپلانکتون‌های مصب رودخانه حله (بوشهر- خلیج فارس) مشخص شده است که همبستگی معنی‌داری بین فراوانی فیتوپلانکتون‌های موجود خصوصاً دیاتومه‌ها (Bacillariophyceae) با pH و شوری آب وجود دارد (Farhadian et al., ۲۰۱۴). بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق تنوع و تراکم دیاتومه‌ها در فصل تابستان با اختلاف معنی‌داری بسیار بیشتر از فصل زمستان در تالاب سولدوز مشاهده گردید (شکل ۴). دیاتومه‌ها در فصل گرم و خشک با افزایش و در دوره سرد و بارانی با کاهش تنوع و تراکم روبرو می‌شوند (Yusuf, ۲۰۲۰). ثابت گردیده است که تنوع و تغییرات فصلی فیتوپلانکتون‌ها به مجموعه‌ای از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و شرایط فصلی بستگی دارد (Fallahi et al., ۲۰۱۹).

با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۱) به نظر می‌رسد روان آب‌های زمین‌های کشاورزی مجاور تالاب باعث افزایش میزان فسفات در فصل تابستان و نیترات در فصل زمستان در تالاب سولدوز می‌شوند. چنانچه نتایج حاصل از مطالعه Yusuf (۲۰۲۰) در کشور نیجریه نشان می‌دهد که در فصل خشک روان آب‌های کشاورزی، سطحی و فعالیت‌های مربوط به شستشو باعث افزایش نیترات، فسفات و فسفر آب در سد مخزنی Nasarawa شده است. همچنین در فصل بارندگی شسته شدن کودهای کشاورزی، حیوانی و گیاهان پوسیده به آب باعث افزایش غلظت نیترات

و ازت می‌شود (Yusuf, ۲۰۲۰). لذا افزایش هر کدام از فاکتورهای یادشده در زمان خاص می‌تواند منجر به افزایش تنوع و تراکم برخی از گونه گردد. بر اساس نمودار حاصل از آنالیز CCA مشاهده می‌شود که افزایش غلظت نیترژن با افزایش تعدادی از جنس‌ها نظیر *Oscillatoria*, *Chlorella* و افزایش فسفات با افزایش تعداد دیگری از جنس‌ها مانند *Cyclotella*, *Campylodiscus* و *Surirella* همبستگی شدید دارد. مطالعات زیادی نشان داده است که تغییر در شاخص‌های تراکم جمعیتی و تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها می‌تواند به طور اختصاصی در ارتباط با تغییر مقادیر نیترات و فسفات محلول در آب باشد (Nassar et al., ۲۰۱۴; Mohammadkhani et al., ۲۰۱۷; Stefanidou et al., ۲۰۲۰). هرچند در این تحقیق تغییر معنی‌داری در مقادیر مواد جامد محلول (TDS)، هدایت الکتریکی و شوری آب در بین فصل‌های تابستان و زمستان مشاهده نگردید ولی بر اساس یافته‌های موجود هرگونه تغییر در فاکتورهای یادشده می‌تواند گسترش و تنوع فیتوپلانکتون‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. بسته به غلظت کل TDS، به‌عنوان مثال، افزایش یون‌های مختلف بخصوص بی‌کربنات‌ها و کربنات‌های موجود در آب دریاچه باعث افزایش هدایت الکتریکی می‌شود (Pal et al., ۲۰۱۸). همچنین گفته شده است که تنوع فیتوپلانکتون با TDS، هدایت الکتریکی و شوری آب ارتباط معکوس دارد (Wetzel et al., ۲۰۰۱). به‌طور کلی می‌توان گفت عواملی چون غلظت مواد غذایی، نور، دما، pH، تراکم موجودات فیتوپلانکتون خوار، روابط آنتاگونیستی، تغییر در آب‌وهوا، هیدرولوژی آب، سختی، عمق آب و سایر عوامل دیگر می‌توانند در توزیع و تنوع جوامع فیتوپلانکتونی دخالت داشته باشند (Bagheri et al., ۲۰۱۱; Fallahi Farhadian et al., ۲۰۱۴; Mohammadkhani et al., ۲۰۱۷; et al., ۲۰۱۶). از این رو، جایگزینی برخی از شاخه‌ها با شاخه‌های دیگر یا به عبارتی غالب شدن آن‌ها در فصول خاص و توالی فیتوپلانکتونی در بوم‌سازگان‌های آبی را می‌توان به عوامل یادشده نسبت داد (King et al., ۲۰۰۲).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۲) جلبک‌های سبز و دیاتومه‌ها با بیشترین غنای گونه‌ای بخصوص در فصل تابستان از غالبیت قابل توجهی نسبت به سایر تاکسون‌ها برخوردار هستند. جلبک‌های سبز-آبی نیز با داشتن ۹ گونه در رده سوم از لحاظ غالبیت قرار دارند؛ که در این میان جنس *Navicula* با داشتن ۹ گونه، جنس *Scenedesmus* با ۶ گونه و جنس *Oscillatoria* با ۴ گونه به ترتیب ۱۸، ۱۲ و ۸ درصد بیشترین غنای گونه‌ای را در بین تاکسون‌های شناسایی شده نشان می‌دهند. وجود تنوع و غنای گونه‌ای نسبتاً بالای جلبک‌های سبز و دیاتومه‌ها نسبت به گونه‌های نامناسب مانند برخی از گونه‌های جلبک‌های سبز-آبی می‌تواند دلیلی بر وضعیت خوب و مناسب تالاب از لحاظ کیفی قلمداد گردد.

به‌طور کلی می‌توان گفت که در تالاب سولدوز همانند بسیاری از زیستگاه‌های آبی دنیا الگوی پراکنش و تنوع فیتوپلانکتون‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله شرایط فیزیکی و شیمیایی قرار داشته است؛ که این ارتباط را می‌توان در حضور و یا عدم حضور برخی گونه‌ها در فصول مختلف سال مشاهده کرد. بر اساس یافته‌هایی این تحقیق افزایش مقادیر نیترات، pH، شفافیت، اکسیژن محلول و مواد محلول معلق در آب منجر به افزایش تنوع و گسترش گونه‌های جلبکی شده و برعکس افزایش دما، کدورت و مواد جامد معلق در آب تنوع و گسترش گونه‌ای را محدود کرده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گونه‌های مقاوم به تغییرات محیطی قادر به زیست در مناطقی هستند که دستخوش تغییرات کم‌وزیاد محیطی می‌باشند. همچنین بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان گفت که تغییرات فصلی خصوصاً تغییرات دمایی شاخص‌های جمعیتی، نظیر غنای گونه‌ای، تنوع گونه‌ای، غالبیت و تراکم، تحت تأثیر قرار داده به‌طوری‌که در میزان این شاخص‌ها در فصل گرم بیشتر از فصل سرد سال بوده است. همچنین تالاب سولدوز در تمامی فصول سال از جریان آبی نسبی برخوردار بوده که منجر به تعدیل بسیاری از پارامترهای محیطی می‌گردد. درست به همین دلیل است که ورود پساب‌های کشاورزی منجر به افزایش شدید مواد مغذی در تالاب نشده و در نتیجه یوتریفیکاسیون ناشی از شکوفایی سیانوباکتری‌ها در این تالاب دیده نمی‌شود. از این رو با توجه به‌کاربردهای متنوع تالاب به‌ویژه در حوزه پایش اکوسیستم (Talei et al., ۲۰۱۵; Bejarbaneh et al., ۲۰۱۸; Azad et al., ۲۰۱۸) و سایر جنبه‌های زیست‌محیطی و شیلاتی آن بررسی‌های لیمنولوژیک و هیدرو بیولوژیک قبل از هرگونه تصمیمات مدیریتی پیشنهاد می‌گردد تا ضمن بهره‌برداری از اکوسیستم‌های آبی حفظ پایدار آن نیز تضمین شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مسئولین و همکاران محترم پژوهشکده آرتمیا و آبی‌پروری دانشگاه ارومیه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- Abolhasani, M. H., Pirestani, N. and Ghasemi, S., ۲۰۱۹.** Assessment of the primary production statuses of the international Gavkhooni Wetland, Iran. *International Journal of Aquatic Biology*. ۶: ۲۴۸-۲۵۳.
- Ahmadpour, M., Ahmadpour, M., Hosseini, S. H., Hoshjar, F. and Hasanzadeh Hossein Abadi, H., ۲۰۱۵.** Study of the International Sorkhrud Wetland's Conservation Position, Using to the Birds Status, Compliance with the Important Bird and Biodiversity Areas Selection Criteria and Ramsar Convention. *Journal of Wetland Ecobiology*. ۶: ۵-۲۰.
- Akbari, M., Torabi Haghghi, A., Aghayi, M. M., Javadian, M., Tajrishy, M. and Kløve, B., ۲۰۱۹.** Assimilation of satellite-based data for hydrological mapping of precipitation and direct runoff coefficient for the Lake Urmia Basin in Iran. *Water*. ۱۱(۸), ۱۶۶۴: <https://doi.org/10.3390/w11081664>
- Akbarzadeh, G., Salarpouri, A., Behzadi, S. and Darvishi, M., ۲۰۱۵.** Study of phytoplankton community in coastal waters of Hormozgan province, Qeshm and Leangeh Islands. *Journal of Aquatic Ecology*. ۵: ۱۴۵-۱۵۰.
- Asal pishe, Z. and Manaffar, R., ۲۰۱۸.** Study on phytoplankton community in the Mahabad, Hasanlu (Shur Gol) and Yadegarlu Lakes. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. ۲۶: ۱۱۱-۱۲۰. doi:10.22092/isfj.2017.114879.
- Azad, M., Mirdar Harijani, J., Gharaei, A. and Sanchooli, N., ۲۰۱۸.** Effect of Permethrin insecticide and Paraquat herbicide on growth and population density of freshwater Rotifer (*Brachionus calyciflorus*). *Journal of Aquatic Ecology*. ۸: ۱۰-۲۰.
- Bagheri, S., ۲۰۱۶.** Limnological study of Kan River in the Persian Gulf lake (Chitgar-Tehran) catchment area. *Iranina Fisheries Sciences Institute, Anzali, Iran* ۹ p.
- Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Makaremi, M., Omar, W. M. W. and Negarestan, H., ۲۰۱۲.** Phytoplankton species composition and abundance in the Southwestern Caspian Sea. *Ekoloji*. ۲۱: ۳۲-۴۳.
- Bagheri, S., Mashhor, M., Makaremi, M., Sabkara, J., Wan, M., Mirzajani, A., Khodaparast, S. H., Negarestan, H., Ghandi, A. and Akbar, K., ۲۰۱۱.** Fluctuations of phytoplankton community in the coastal waters of Caspian Sea in ۲۰۰۶. *American Journal of Applied Sciences*. ۸: ۱۳۲۸-۱۳۳۶.
- Bagheri, S., Sabkara, J., Yousefzad, E. and Zahmatkesh, Y., ۲۰۱۷.** Ecological study of zooplankton communities in the Persian Gulf Martyrs Lake (Chitgar-Tehran) and the first report of the freshwater jellyfish *Craspedacusta* sp. (Cnidaria, Limnomedusae) in Iran. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. ۲۵: ۱۱۳-۱۲۸.
- Bagheri, S., Zahmatkesh, G. and Mohsenpoor, H., ۲۰۱۸.** Identification and study of biodiversity of Kan river-Tehran phytoplankton. *Journal of Aquatic Ecology*. ۸: ۸۵-۹۴.
- Belokda, W. Khalil, K. Loudiki, M. Aziz, F. and Elkalay, K., ۲۰۱۹.** First assessment of phytoplankton diversity in a marrocan shallow reservoir (sidi abderrahmane). *Saudi journal of biological sciences*. ۲۶: ۴۳۱-۴۳۸.

- Berger, W. H., Parker, F. L.** ۱۹۷۰. Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep-Sea Sediments. *Science*. ۱۶۸ (۳۹۳۷): ۱۳۴۵-۱۳۴۷.
- Boyce, D. G., Lewis, M. R. and Worm, B.**, ۲۰۱۰. Global phytoplankton decline over the past century. *Nature*. ۴۶۶: ۵۹۱-۵۹۶.
- Danesh-Yazdi, M. and Ataie-Ashtiani, B.**, ۲۰۱۹. Lake Urmia crisis and restoration plan: Planning without appropriate data and model is gambling. *Journal of Hydrology*. ۵۷۶: ۶۳۹-۶۵۱. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.06.068>.
- Edward, G. B. and David, C. S.**, ۲۰۱۰. Freshwater algae identification and use as bioindicators In: *Freshwater Algae* ed. Bellinger, E. G. and Sigeo, D. C. First edition, John Wiley and Sons, pp. ۱۰۱-۱۳۹
- Einollahipeer, F., Okati, N., Gharai, A. and Ghafari, M.**, ۲۰۱۳. Survey of diversity and density of planktons from Chahnimeh Reservoirs in Sistan. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. ۵: ۴۰-۵۰.
- Environmental Organization**, ۲۰۰۴. Solduz Wetland Project. West Azerbaijan Province Environment Department, Urmia, ۳۷ pp.
- Esavi, V., and Rezaei Chianeh, E.**, ۲۰۱۴. Analysis the impact of drouht and land use/cover changes on wetlands ecosystem of Sulduz region. *Journal of Wetland Ecobiology*. ۶: ۵-۲۰.
- Fallahi, M., Makaremi, M. and Khatib, S.**, ۲۰۱۶. Phytoplankton population structure of the Anzali wetland (۲۰۱۰ and ۲۰۱۱). *Iranian Scientific Fisheries Journal*. ۲۵: ۱۰۵-۱۱۸. doi:[10.22092/isfj.2017.110227](https://doi.org/10.22092/isfj.2017.110227).
- Farhadian, O., Sedaghat, R., Pouladi, M. and Sharafi, R.**, ۲۰۱۴. Distribution and Abundance of Phytoplankton in Helleh River Estuary (Persian Gulf-Iran). *Iranian Journal of Applied Ecology*. ۳: ۱۵-۲۸.
- Foley, M. M., Halpern, B. S., Micheli, F., Armsby, M. H., Caldwell, M. R., Crain, C. M., et al.**, ۲۰۱۰. Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy*. ۳۴: ۹۵۵-۹۶۶. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2010.02.001>.
- Ha, K., Kim, H. W. and Joo, G. J.**, ۱۹۹۸. The phytoplankton succession in the lower part of hypertrophic Nakdong River (Mulgum), South Korea. *Phytoplankton and Trophic Gradients*, Springer, pp. ۲۱۷-۲۲۷.
- Hameed, I., Adeniyi, I., Adesakin, T. and Aduwo, A.**, ۲۰۱۹. Phytoplankton diversity and abundance in relation to physico-chemical parameters of ifewara reservoir, southwestern nigeria. *World News of Natural Sciences*. ۲۴: ۲۵۱-۲۶۸.
- John, D. M.**, ۲۰۰۵. The freshwater algal flora of the British Isles. university press, Cambridge, ۷۰۲ pp.
- Kim, K. G., Lee, H. and Lee, D. H.**, ۲۰۱۱. Wetland restoration to enhance biodiversity in urban areas: a comparative analysis. *Landscape and ecological engineering*. ۷: ۲۷-۳۲.
- King, L. Jones, R. I. and Barker, P.**, ۲۰۰۲. Seasonal variation in the epilithic algal communities from four lakes of different trophic state. *Archiv für Hydrobiologie*. ۱۵۴: ۱۷۷-۱۹۸.
- LeGresley, M. and McDermott, G.**, ۲۰۱۰. Counting chamber methods for quantitative phytoplankton analysis-haemocytometer, Palmer-Maloney cell and Sedgewick-Rafter cell. *UNESCO (IOC Manuals and Guides)*: ۲۵-۳۰.
- Levin, P. S. and Stunz, G. W.**, ۲۰۰۵. Habitat triage for exploited fishes: Can we identify essential "Essential Fish Habitat?". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. ۶۴: ۷۰-۷۸.
- Margalef, R.** ۱۹۵۱. Diversidad de especies en las comunidales naturales. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada*. ۹: ۵-۲۷.

Mohammadkhani, H., Mazaheri Kohanestani, Z. and Ghorbani, R., ۲۰۱۷. Phytoplankton composition and diversity in Gorgan Bay, Golestan province. *Journal of Aquatic Ecology*. ۷: ۹۸-۱۱۵.

Mohebbi, F., Mohsenpour Azari, A., Asem, A., ۲۰۱۲. Phytoplankton population and its indices in Aras dam reservoir. *Iranian Journal of Biology*. ۲۵: ۳۱۶-۳۲۸.

Nassar, M. Z., Mohamed, H. R., Khiray, H. M. and Rashedy, S. H., ۲۰۱۴. Seasonal fluctuations of phytoplankton community and physico-chemical parameters of the north western part of the Red Sea, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. ۴۰: ۳۹۵-۴۰۳.

Nourozi, B. and Ahmadi, M. A., ۲۰۰۷. New records of relationship between soil macro elements and the distribution of heterocystous cyanobacteria in paddy fields, wheat fields and woodland in Golestan province. *Iranian Journal of Biology*. ۲۰: ۸۹-۹۸.

Pal, S., Chakraborty, S., Datta, S., Mukhopadhyay, S. K., ۲۰۱۸. Spatio-temporal variations in total carbon content in contaminated surface waters at East Kolkata Wetland Ecosystem, a Ramsar Site. *Ecological engineering*. ۱۱۰: ۱۴۶-۱۵۷.

Pourahad Anzabi, M., Sarvi moghqanjou, K., Atashbar, B. and Mohammadyari, A., ۲۰۱۸. Effects of physicochemical parameters of water on seasonal variation, distribution and density of crustacean zooplankton communities in Sulduz Wetland (Southern parts of Urmia Lake). *Iranian Scientific Fisheries Journal*. ۲۶: ۸۱-۹۲.

Poynton, H. C., Lazorchak, J. M., Impellitteri, C. A., Blalock, B., Smith, M. E., Struewing, K., Unrine, J., and Roose, D., ۲۰۱۳. Toxicity and transcriptomic analysis in *Hyalella azteca* suggests increased exposure and susceptibility of epibenthic organisms to zinc oxide nanoparticles. *Environmental science and technology*. ۴۷: ۹۴۶۰-۹۴۵۳.

Sabkara, J. and Makaremi, M., ۲۰۰۳. Consideration of plankton distribution and density in Mako Dam. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. ۱۲: ۲۹-۴۶.

Shams, M., Afsharzadeh, S. and Atici, T., ۲۰۱۲. Seasonal variations in phytoplankton communities in Zayandeh-Rood Dam Lake (Isfahan, Iran). *Turkish Journal of Botany*. ۳۶: ۷۱۵-۷۲۶.

Shannon, C., ۱۹۴۸. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*. ۲۷: ۳۷۹-۴۲۳.

Simpson, E. H., ۱۹۴۹. Measurement of diversity. *Nature*. ۱۶۳: ۶۸۸-۶۸۸.

Smith, V. H., ۲۰۰۳. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. *Environmental Science and Pollution Research*. ۱۰: ۱۲۶-۱۳۹.

Stefanidou, N., Katsiapi, M., Tsianis, D., Demertzioglou, M., Michaloudi, E. and Moustaka-Gouni, M., ۲۰۲۰. Patterns in alpha and beta phytoplankton diversity along a conductivity gradient in coastal mediterranean lagoons. *Diversity*. doi:۱۰.۳۳۹۰/d۱۲۰۱۰۰۳۸

Talei Bejarbaneh, F., Amrollahi Biuki, N. and Mortazav, M. S., ۲۰۱۵. Removal of heavy metal (copper) using Microalgae (*Spirulina platensis*) by Taguchi Method. *Journal of Aquatic Ecology*. ۵: ۱۲۴-۱۳۴.

Teymuri Nomandani, S., ۲۰۱۷. Seasonal variation of macrobenthic community of Soldouz wetland, West Azarbaijan. MSc thesis, Urmia University.

Wehr, J. and Sheath, R., ۲۰۰۳. Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. Academic Press, San Diego, ۱۰۵۰ pp.

Wetzel, R. G., ۲۰۰۱. Limnology: lake and river ecosystems. Academic Press, San Diego, ۱۰۰۶ pp.

Yusuf, Z. H., ۲۰۲۰. Phytoplankton as bioindicators of water quality in nasarawa reservoir, katsina state nigeria. *Acta Limnologica Brasiliensia*. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2319>.