

پراکنش، فراوانی و تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌های دریاچه الیمالات، استان مازندران

چکیده

فیتوپلانکتون‌ها نقش مهمی در چرخه مواد و جریان انرژی اکوسیستم دارند، لذا شناخت آن‌ها در هر منبع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بر این اساس در این پژوهش به بررسی پراکنش، فراوانی و تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌های دریاچه الیمالات پرداخته شده است. نمونه‌برداری در دریاچه الیمالات واقع در استان مازندران، شهرستان نور طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و به‌طور فصلی انجام شد. در این پژوهش ۷۰ گونه فیتوپلانکتون در ۵ شاخه و ۴۵ جنس طبقه‌بندی گردیدند. شاخه‌های کلروفیتا (Chlorophyta) با ۳۳ گونه، باسیلاریوفیتا (Bacillariophyta) با ۲۲ گونه، اوگلنوفیتا (Euglenophyta) با ۷ گونه، پیروفیتا (Pyrrophyta) با ۵ گونه و سیانوفیتا (Cyanophyta) با ۳ گونه به ترتیب از بیشترین تا کمترین تنوع گونه‌ای برخوردار بودند. شاخه پیروفیتا با تراکم ۱۹۱۵/۹ میلیون سلول در مترمکعب و فراوانی ۳۷/۲۸ درصد و سیانوفیتا با تراکم ۱۴۷/۷ میلیون سلول در مترمکعب و فراوانی ۲/۸۷ درصد به ترتیب از بیشترین و کمترین تراکم و فراوانی سالیانه فیتوپلانکتونی را در فصول نمونه‌برداری در دریاچه الیمالات نشان دادند. مقایسه شاخص‌های تنوع شانون-وینر و سیمپسون نشان داد که در فصل تابستان با میانگین‌های ۲/۸۲ و ۰/۹۱ از بالاترین مقدار و در فصل پاییز با میانگین‌های ۱/۶۶ و ۰/۶۳ از کمترین مقدار تنوع به ترتیب برخوردار بودند. شاخص تنوع مارگالف در فصول تابستان و پاییز با میانگین ۱/۱۶ و ۰/۶۸ به ترتیب از بیشترین و کمترین مقدار غنای گونه‌ای برخوردار بودند. دریاچه الیمالات از لحاظ تراکم فیتوپلانکتونی بسیار غنی بوده است که دلیل آن وجود مقادیر زیاد آب در طی سال و عدم استفاده از آن برای مصارف کشاورزی می‌باشد.

واژگان کلیدی: فراوانی، تنوع زیستی، فیتوپلانکتون، دریاچه الیمالات.

مقدمه

فیتوپلانکتون‌ها بزرگ‌ترین تولیدکنندگان اولیه هستند که بر اساس اطلاعات سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (NASA)، عامل تولید ۹۰-۵۰ درصد (وابسته به فصل) اکسیژن می‌باشند (محمدخانی و همکاران، ۱۳۹۶). آن‌ها نقش مهمی را در چرخه ترکیبات مغذی و اجزاء زنده و غیرزنده منابع آبی ساکن، ایفا می‌کنند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Yu et al., ۲۰۱۹). آن‌ها علی‌رغم اینکه ۰/۲ درصد از زیست‌توده تولیدکنندگان اولیه را تشکیل می‌دهند، اما حدود ۵۰ درصد از بهره‌وری اولیه زمین را تأمین می‌کنند و نقش مهمی در چرخه مواد و جریان انرژی اکوسیستم دارند (Miao et al., ۲۰۱۹; Ye et al., ۲۰۱۹). این موجودات در مطالعات اکولوژیکی، لیمنولوژیکی و بررسی‌های بیولوژیکی دارای اهمیت فراوانی هستند (قدیرنژاد و همکاران، ۱۳۹۲). اکوسیستم‌های دریایی در نتیجه تغییرات جهانی آب‌وهوا و صنعتی شدن مناطق ساحلی، غیر ساحلی و آبی در حال تغییر هستند، برخلاف اکوسیستم‌های زمینی، دسترسی به اکوسیستم‌های دریایی دشوار است و تحت تأثیر مجموعه‌ای از

محمد رضا ذاکری مهر^۱

رقیه اسکوییان^{۲*}

علی گنجیان خناری^{۳و۴}

۱. دانشجوی دکتری زیست‌شناسی، واحد آیت الله
آملی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی،
آمل، ایران.

۲. استادیار گروه زیست‌شناسی، واحد آیت الله آملی،
دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل،
ایران.

۳. استادیار پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، سازمان
تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
۴. گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آبی خزر،
ساری، ایران.

*مسئول مکاتبات:

oskoeian_r@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۳۰۸۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۵

این مقاله پژوهشی و برگرفته از رساله
دکتری است.

عوامل خارجی از جمله میزان انتقال نور، غلظت اکسیژن، توده‌های آب، جریان‌ها و شوری قرار دارند که تغییر اکوسیستم دریایی را با ایجاد تغییراتی در ساختار ریخت‌شناسی یا سلول، فرآیندهای متابولیکی و اجتماعات زیستی پاسخ می‌دهند (Kim et al., ۲۰۲۰). لذا فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بر جنس و تغییرات فصلی فیتوپلانکتون‌ها اثر زیادی دارند و به قابلیت دستیابی به مواد مغذی و ایجاد تنوع در تولیدکنندگان اولیه بسیار تأثیرگذار می‌باشند. تغییر در ترکیب جنس‌ها و غالبیت فیتوپلانکتون‌ها توسط فرآیندهای متفاوتی مانند محدودیت‌های دمایی، میزان نور، مواد مغذی، ته‌نشینی آن‌ها و مصرف توسط ژئوپلانکتون‌ها و غیره کنترل می‌شود (محمدخانی و همکاران، ۱۳۹۶).

نوترینت‌ها شامل فسفات، نیتروژن، سیلیس و فلزاتی همچون آهن، کبالت و روی از عناصر بسیار مهم در رشد و ازدیاد فیتوپلانکتون محسوب می‌شوند و همچنین فقدان عناصر معدنی آهن باعث عدم رشد فیتوپلانکتون می‌گردد (باقری و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین فعالیت‌های انسانی مانند سدسازی، انواع آلودگی‌های صنعتی، کشاورزی، روستایی و همچنین برداشت بی‌رویه آب جهت مصارف کشاورزی می‌توانند از عوامل عمده کاهش تنوع زیستی در رودخانه‌ها باشند (ابراهیم‌نژاد، ۱۳۸۴). مقدار زیادی کربن آلی تثبیت‌شده در لایه نورگیر اکوسیستم‌های آبی مانند اقیانوس، منبع اصلی انرژی را برای شبکه‌های غذایی تشکیل می‌دهد و رشد اجتماعات فیتوپلانکتون جهانی را بعد از مدت‌زمان کوتاهی محدود منقضی می‌نماید. تقریباً ۸۵-۹۰ درصد کربن تثبیت‌شده از طریق تولید اولیه، در منطقه نورگیر در بخش فوقانی اکوسیستم‌های آبی باز یافت می‌شود و بخش باقی‌مانده به اعماق اقیانوس می‌رود (Bidle, ۲۰۱۵; Fox et al., ۲۰۲۰). لذا اطلاع از نوع و ترکیب جمعیت فیتوپلانکتونی این امکان را فراهم می‌سازد تا علاوه بر آگاهی از میزان تولیدات، از پویایی جمعیت و چرخه زندگی آبزیان نیز اطلاعاتی را کسب نماییم؛ بنابراین شناخت این موجودات در هر منبع آبی از این نظر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (ناعمی و همکاران، ۱۳۹۹).

Blokda و همکاران در سال ۲۰۱۷ در تحقیقی با عنوان اولین ارزیابی تنوع فیتوپلانکتون در آبگیر کم‌عمق مراکش، ۶۴ گونه متعلق به ۷ گروه فیتوپلانکتونی شناسایی کردند که شامل باسیلاروفیسه (۲۵ گونه)، کلروفیسه (۲۲ گونه) و سیانوفیسه (۹ گونه) بوده‌اند و گونه‌های *Aulacoseira granulata*, *Nitzschia palea*, *Oscillatoria sp.* و *Scenedesmus acuminatus* از عوامل اصلی در عدم تشابه توزیع زمانی معرفی شدند.

Muller-Feuga در سال ۲۰۰۰ نشان داد که تراکم فیتوپلانکتون‌ها مقدار نفوذ نور را در میان تیمارها کم خواهد کرد و اثرات خود سایه‌ای را افزایش می‌دهد که این امر، رشد و فعالیت‌های متابولیکی را در سلول‌های فیتوپلانکتونی محدود می‌کند. همچنین Vallina و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی با عنوان تأثیر تنوع عملکردی فیتوپلانکتون بر افزایش بهره‌وری و پایداری اکوسیستم نشان دادند که جوامع فیتوپلانکتون متنوع‌تر به بهره‌وری بالاتر و پایداری اکوسیستم منجر می‌شوند اما تأثیر مثبت تنوع زیستی بر عملکرد اکوسیستم به شدت به نوع شیب بستر بستگی دارد. Pan و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی محرک‌های محیطی ترکیب طبقه‌بندی فیتوپلانکتون‌های منطقه فجر قطب جنوبی نشان دادند که منطقه مورد مطالعه دارای زیست‌توده فیتوپلانکتون بالا همراه با غلظت عناصر غذایی فراوان و کمیاب است. کریپتوفیت‌ها بر جامعه فیتوپلانکتونی غالب بوده و فراوانی آن‌ها با افزایش دما ارتباط مستقیم دارد.

قریب خانی و همکاران (۱۳۸۸) تنوع، تراکم و فراوانی فیتوپلانکتون‌های تالاب استیل آستارا را از بهار ۱۳۸۷ تا زمستان ۱۳۸۷ به مدت یک سال بررسی کردند، بررسی تغییرات فصلی نشان داد که در فصل تابستان ۱۰ شاخه و ۲۵ جنس و در فصل پاییز ۵ شاخه و ۱۰ جنس شناسایی شدند که به ترتیب بیشترین و کمترین تنوع فیتوپلانکتونی را دارا بودند.

Alves-de-Souza و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی ترکیب فیتوپلانکتون و گروه‌های مؤثر در تالاب ساحلی کمپریدا کشور برزیل نشان دادند که در این تالاب، ۶ شاخه و ۲۶ جنس فیتوپلانکتونی وجود دارد. در این تالاب نیز شاخه Heterokontophyta با دارا بودن ۷ جنس بیشترین تنوع را دارا بوده است.

Çelekli و همکاران در سال ۲۰۱۴ در بررسی ارتباط بین تنوع فیتوپلانکتونی و متغیرهای محیطی در استخر مصنوعی نشان دادند که تعداد گونه‌های فیتوپلانکتون در طول فصل پاییز افزایش خواهد داشت و غالب‌ترین گروه از شاخه کلروفیتا (۲۱ گونه)، پس از آن سیانوباکترها (۵ تاکسون) و کاروفیتا (۵ تاکسون) بوده‌اند. گونه‌های فیتوپلانکتون *Pediastrum boryanum*, *Golenkinia Scenedesmus communis* و *Pediastrum duplex paucispina* غالباً نسبت به سایر گونه‌ها از اختلاف آماری معنی‌داری در طی زمان برخوردار می‌باشند به‌طوری‌که گونه‌های فیتوپلانکتون در شرایط مختلف محیطی دارای تنوع زیستی متفاوتی بوده‌اند.

نتایج مطالعات Zhang و همکاران در سال ۲۰۱۷ باهدف بررسی پویایی و گسترش فراوانی و ترکیب فیتوپلانکتون در طول شیب بهره‌وری نشان داد که روابط بهره‌وری و غنای فیتوپلانکتونی به‌طور یکپارچه برای فیتوپلانکتون‌های موجود در ۷۱ دریاچه در امتداد رودخانه یانگ تسه وجود دارد. دما و نور به‌طور عمده بر غنای فیتوپلانکتون و ترکیب آن تأثیر می‌گذارد. در بهره‌وری پایین، رقابت و تنظیم به‌طور مشترک بر پویایی تأثیر می‌گذارد. در بهره‌وری بالا، بازخورد منفی از بهره‌وری بر پویایی تأثیر گذاشت. ترکیب فیتوپلانکتون به‌تدریج با افزایش بهره‌وری همسان شد. پورغلام و همکاران، در سال ۱۳۹۳ در تحقیقی با عنوان تنوع فصلی فیتوپلانکتون‌ها در آب‌های حوضه جنوبی دریای خزر طی سال ۱۳۸۹ نشان دادند که در مجموع ۷ شاخه *Bacillariophyta*, *Pyrrophyta*, *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Xantophyta* و *Haptophyta* و ۱۸۲ گونه فیتوپلانکتونی شناسایی گردید و از بین گونه‌های شناسایی شده ۸۱ گونه به شاخه *Bacillariophyta*، ۲۵ گونه به شاخه *Pyrophyta*، ۳۳ گونه به شاخه *Cyanophyta*، ۳۱ گونه به شاخه *Chlorophyta*، ۱ گونه به شاخه *Chrysophyta* و ۱ گونه نیز به شاخه *Xantophyta* تعلق داشتند؛ و شاخه‌های *Bacillariophyta*، *Pyrrophyta* و *Cyanophyta* گونه‌های غالب فیتوپلانکتونی بوده و شاخص شانون برای فیتوپلانکتون‌ها در فصول و مناطق مختلف متفاوت بوده است.

میرزاجانی (۱۳۸۸) در بررسی لیمنولوژی دریاچه سد تهم استان زنجان نشان داد که فراوانی سالانه شاخه‌های *Chlorophyta* و *Bacillariophyta* از سایر شاخه‌ها بیشتر است و به‌عنوان شاخه‌های غالب دریاچه محسوب می‌شوند و شاخه *Euglenaophyta* دارای کمترین میزان میانگین تراکم سالانه بوده است.

محمدی و همکاران (۱۳۹۵)، با عنوان بررسی ساختار جمعیتی و تنوع زیستی فیتوپلانکتون دریاچه سد گلبلاغ استان کردستان، نشان دادند که شاخص مارگالف در خرداد (۱/۲۳) دارای بیشترین مقدار و در شهریور (۰/۵۱) دارای کمترین میزان می‌باشد. همچنین شاخص تنوع زیستی شانون در آبان (پاییز) و اردیبهشت (بهار) بیشترین و در اسفند کمترین تنوع فیتوپلانکتونی را نشان داده است. از نظر تئوری کاربرد برای توصیف اجتماعات بیولوژیک، مقدار زیاد شاخص تنوع زیستی نشانه اکوسیستم سالم‌تر است و می‌توان گفت در این مواقع وضعیت تنوع زیستی اکوسیستم بهتر است. میانگین سالانه کل این شاخص در سد گلبلاغ حدود ۱/۷۷ بوده است.

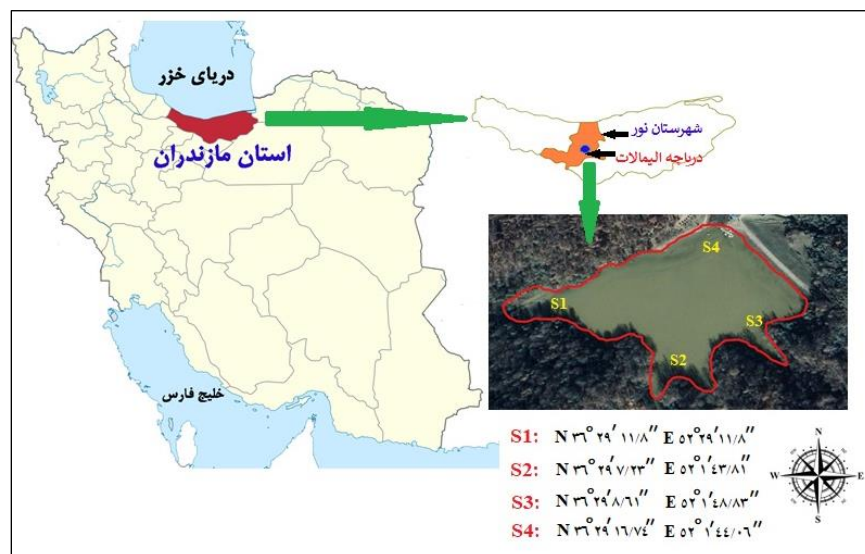
کمالی سزینی و رحیمی (۱۳۹۳) در مطالعه خود تحت عنوان جوامع فیتوپلانکتونی و شاخص آلودگی ساپروبی استخرهای پرورش ماهیان گرم آبی شرق استان گلستان نشان دادند که شاخه *Euglenaophyta* با ترکیب ۵ درصد از کل فراوانی جوامع فیتوپلانکتونی دارای کمترین میزان می‌باشد؛ اما در مطالعات قریب‌خانی و همکاران (۱۳۸۸) شاخه *Cyanobacteria* با میانگین ۳ سلول در میلی‌لیتر و فراوانی ۰/۰۰۱ درصد کمترین تراکم و فراوانی سالیانه فیتوپلانکتونی را به خود اختصاص داد.

دریاچه الیمالات در استان مازندران، شهرستان نور، در ۸ کیلومتری نور، در مسیر جاده ارتباطی نور به چمستان قرار دارد، این سد خاکی که بیشتر به‌عنوان دریاچه الیمالات شناخته می‌شود، در قسمت جنوبی دوراهی روستای کارگر کلا جای گرفته است. این دریاچه که در دل جنگل واقع شده است، به‌عنوان گردشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد و در ایام تعطیلات بخصوص در فصول بهار و تابستان یکی از پر بازدیدکننده‌ترین مکان تفریحی و توریستی در سرتاسر استان مازندران است. دریاچه الیمالات از اهمیت فرهنگی، اقتصادی و اکولوژیکی بالایی برخوردار بوده و تنوع زیستی

جانوری و گیاهی بالایی را در خود جای داده است. از آنجایی که تاکنون هیچ تحقیقی بر روی فیتوپلانکتونهای این دریاچه صورت نگرفته است، لذا پژوهش حاضر می تواند اطلاعات بسیار مفیدی را در جهت شناسایی جوامع فیتوپلانکتونی در اختیار دیگر محققان قرار دهد.

مواد و روش ها

نمونه برداری از زمستان ۱۳۹۷ لغایت پاییز ۱۳۹۸ و به طور فصلی از دریاچه سد الیمالات با موقعیت جغرافیایی " ۴۷' ۵۲°۰۱' E ۱۵' ۳۶°۰۲۹' N واقع در استان مازندران، ۸ کیلومتری شهرستان نور در مسیر جاده نور- چمستان صورت گرفت.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه.

پس از مطالعات اولیه، با توجه به متوسط عمق پایین دریاچه، نمونه برداری از فیتوپلانکتونها از لایه سطحی و نورگیر دریاچه (۵/۰ متر) در چهار ایستگاه (S_۱، S_۲، S_۳ و S_۴) انجام گرفت. سه نمونه نیم لیتری از هر ایستگاه به ظرف نمونه منتقل و در نهایت با فرمالین ۴ درصد تثبیت و جهت مطالعه به آزمایشگاه منتقل گردید. روش نمونه برداری و محاسبه تراکم فیتوپلانکتون با استفاده از منابع (Sourina, ۱۹۷۸; Boney, ۱۹۸۹) و شناسایی نمونه ها با استفاده از کلیدهای شناسایی (Sourina, ۱۹۷۸; Edmonson, ۱۹۵۹; Maosen, ۱۹۸۳; Presscot, ۱۹۷۰) انجام گرفت. در آزمایشگاه، نمونه های فیتوپلانکتونی بعد از همگن کردن توسط پیپت به لام ۱ میلی لیتری سدویک رافت جهت شناسایی و شمارش منتقل و پس از زمان کافی (حداقل نیم ساعت) جهت رسوب، به وسیله میکروسکوپ به طور کمی و کیفی بررسی گردیدند. جهت تعیین تنوع زیستی فیتوپلانکتونهای دریاچه به لحاظ مکانی و زمانی، شاخص های تنوع مارگالف، شانون-وینر و سیمپسون برای محاسبه استفاده گردید. فرمول های محاسبه شاخص ها به صورت زیر می باشند (Margalef, ۱۹۵۸; Simpson, ۱۹۴۹; Shannon and Wiener, ۱۹۴۹).

$$D = \frac{S - 1}{\ln N}$$

رابطه ۱: شاخص مارگالف

D در این فرمول شاخص تنوع زیستی و S برابر است با تعداد گونه ها و N تعداد افراد می باشد.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i = - \sum_{i=1}^S (P_i) (\log_e P_i)$$

رابطه ۲: شاخص تنوع شانون-وینر

H': شاخص شانون-وینر، P_i : سهم افراد در گونه i ام نسبت به کل نمونه که به صورت $P_i = \frac{n_i}{N}$ تعریف می‌شود و S : تعداد گونه‌ها می‌باشد.

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

رابطه ۳: شاخص تنوع سیمپسون

D : شاخص تنوع سیمپسون، P_i : نسبت افراد در گونه i ام در جامعه، n_i : تعداد افراد در گونه i ام و N : تعداد کل افراد می‌باشد.

برای شناسایی جوامع فیتوپلانکتونی ابتدا نمونه‌ها به مدت ۱۰ روز در تاریکی نگهداری شدند تا کاملاً رسوب نمایند و سپس با سیفون‌های مخصوص آبرویی نمونه‌ها تخلیه و باقیمانده طی چند مرحله به مدت ۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردیدند تا حجم نمونه‌ها به ۳۰-۲۰ میلی‌لیتر تعدیل یابد. جهت مشاهده و شناسایی فیتوپلانکتون‌ها ابتدا نمونه‌ها را همگن کرده و قبل از شمارش، بررسی کیفی شده و به دلیل تراکم زیاد فیتوپلانکتون‌ها ابتدا آن‌ها را رقیق کرده و سپس ۱ میلی‌لیتر از هر کدام را روی لام مدرج سدویک-رافتر (Sedgwick-Rafter counting chamber) قرار داده و یک قطره آئوزین نیز به آن اضافه گردید و سپس با استفاده از میکروسکوپ اینورت مورد شناسایی و شمارش قرار گرفتند. عمل برداشت از هر نمونه ۳ بار تکرار گردید و از نتایج حاصل از ۳ بار شمارش میانگین گرفته شدند. جهت محاسبه سلول در لیتر از فرمول زیر استفاده گردید:

$$\text{میانگین ۳ بار شمارش} \times \text{حجم نمونه جهت شمارش} = \text{سلول در لیتر}$$

حجم آب فیلتر شده

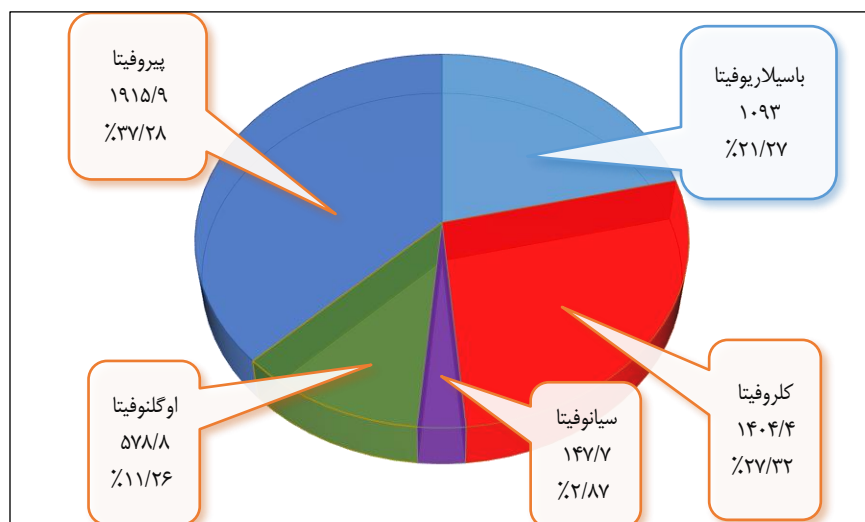
نتایج

نتایج حاصل از بررسی‌های میکروسکوپی نمونه‌های آب نشان داد که در مجموع تعداد ۷۰ گونه فیتوپلانکتون مشاهده شد که در ۵ شاخه و ۴۵ جنس طبقه‌بندی گردیدند. شاخه‌های کلروفیتا (Chlorophyta) با ۳۳ گونه، باسیلاریوفیتا (Bacillariophyta) با ۲۲ گونه، اوگلنوفیتا (Euglenophyta) با ۷ گونه، پیروفیتا (Pyrrophyta) با ۵ گونه و سیانوفیتا (Cyanophyta) با ۳ گونه به ترتیب از بیشترین تا کمترین تنوع گونه‌ای برخوردار بوده‌اند (جدول ۱). شاخه پیروفیتا با تراکم ۱۹۱۵/۹ میلیون سلول در مترمکعب و فراوانی ۳۷/۲۸ درصد و سیانوفیتا با تراکم ۱۴۷/۷ میلیون سلول در مترمکعب و فراوانی ۲/۸۷ درصد به ترتیب از بیشترین و کمترین تراکم و فراوانی سالیانه فیتوپلانکتونی را در فصول نمونه‌برداری در دریاچه الیمالات نشان دادند (شکل ۲). در شاخه پیروفیتا، گونه *Glenodinium sp.* با فراوانی ۲۸/۱۸۱ درصد، در شاخه باسیلاریوفیتا گونه *Stephanodiscus sp.* با فراوانی ۱۱/۴۷۶ درصد، در شاخه اوگلنوفیتا، گونه *Trachelomonas sp.* با فراوانی ۴/۹۵۲ درصد، در شاخه کلروفیتا، گونه *Senedesmus sp.* با فراوانی ۳/۱۳۹ درصد و در شاخه سیانوفیتا، گونه *Aphenothecea sp.* با فراوانی ۱/۲۹۲ درصد از بالاترین فراوانی برخوردار بوده‌اند (جدول ۱). تراکم شاخه‌های فیتوپلانکتون در فصول مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. در فصل زمستان شاخه باسیلاریوفیتا با تراکم ۶۱۹/۶ میلیون سلول در مترمکعب، در فصول بهار و تابستان شاخه کلروفیتا با تراکم ۳۰۱/۶ و ۵۱۴/۸ میلیون سلول در مترمکعب به ترتیب و در فصل پاییز شاخه پیروفیتا با تراکم ۱۳۸۷ میلیون سلول در مترمکعب از بیشترین تراکم فصلی برخوردار بوده‌اند (شکل ۴).

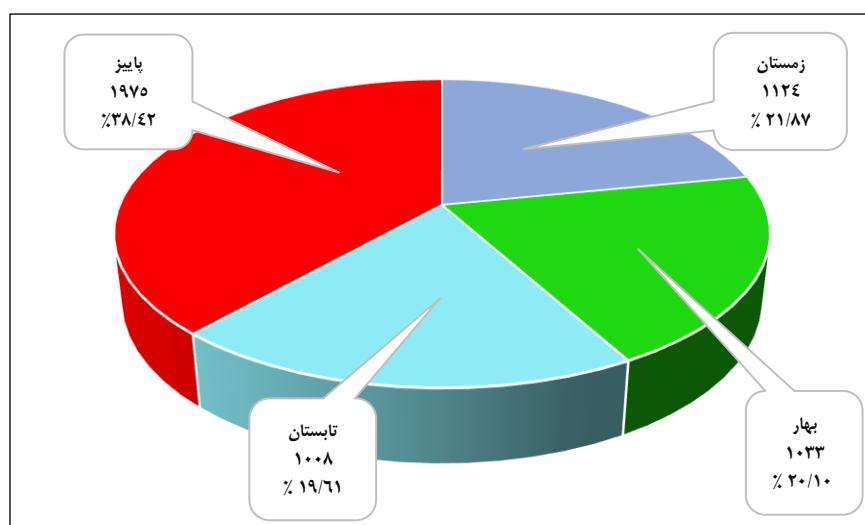
جدول ۱: درصد فراوانی، حضور (+) و عدم حضور (-) گونه‌های فیتوپلانکتون شناسایی شده در فصول مختلف در دریاچه الیمالات (سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸).

گونه	شاخه	زمستان				بهار				تابستان				پاییز				درصد فراوانی
		S ^۱	S ^۲	S ^۳	S ^۴	S ^۱	S ^۲	S ^۳	S ^۴	S ^۱	S ^۲	S ^۳	S ^۴	S ^۱	S ^۲	S ^۳	S ^۴	
<i>Amphora ovalis</i>	Bacillariophyta	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۷۷
<i>Amphora</i> sp.		-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۸۰
<i>Cyclotella</i> sp.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۸/۸۹۷
<i>Cocconeis placentula</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	۰/۳۹۲
<i>Cocconeis</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	۰/۱۵۱
<i>Cymbella</i> sp.		-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۸۸
<i>Cymbella tumidea</i>		-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۱۰۶
<i>Diatoma vulgaris</i>		-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	۰/۲۲۶
<i>Diatoma</i> sp.		-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	۰/۲۷۴
<i>Fragilaria copucina</i>		-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	۰/۳۳۹
<i>Fragillaria</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	۰/۱۰۹
<i>Gyrosigma</i> sp.		+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	۰/۱۳۳
<i>Gyrosigma</i> sp. ^۱		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	۰/۰۰۲
<i>Navicula cryptocephala</i>		+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	۰/۵۸۸
<i>Navicula</i> sp.			+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	۰/۲۳۴
<i>Nitzschia thermalis</i>		+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	۱/۱۳۳
<i>Nitzschia</i> sp.		+	+	+	+	+	+	-	-	+	+		+	+	+	+	-	۰/۶۵۷
<i>Pinunularia gentilis</i>		-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۳۶
<i>Plurosigma</i>		-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۳۶
<i>Stephanodiscus</i> sp.		+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	۱۱/۴۷۶
<i>Synedra</i> sp.		+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	۰/۱۷۲
<i>Synedra ulna</i>		+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	۰/۲۸۸
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	Chlorophyta	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	۱/۳۸۰
<i>Ankistrodesmus</i> sp.		-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	۰/۳۵۴
<i>Chalamedomonas</i> sp.		+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+		+	-	۰/۸۲۱
<i>Chlorella</i> sp.		+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+		+	۰/۰۸۰
<i>Coelastrum</i> sp.			+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۴۴
<i>Cosmarium circulare</i>		-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۴۴
<i>Cosmarium magrtifarum</i>		-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۳۱۰
<i>Cosmarium</i> sp.		+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	۰/۵۲۶
<i>Crucigenia puadrata</i>		-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	۰/۲۸۱
<i>Crucigenia</i> sp.		-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	۰/۰۹۹
<i>Dictyosphaera</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	۰/۵۲۷
<i>Dictyosphaerum pulclellum</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	۰/۴۳۸
<i>Glostrum</i> sp.		+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	۰/۹۹۸
<i>Gonium</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	۰/۰۸۸
<i>Glostrum sphericum</i>		-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	۰/۴۶۰
<i>kirchneriella obesa</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	۰/۴۳۸

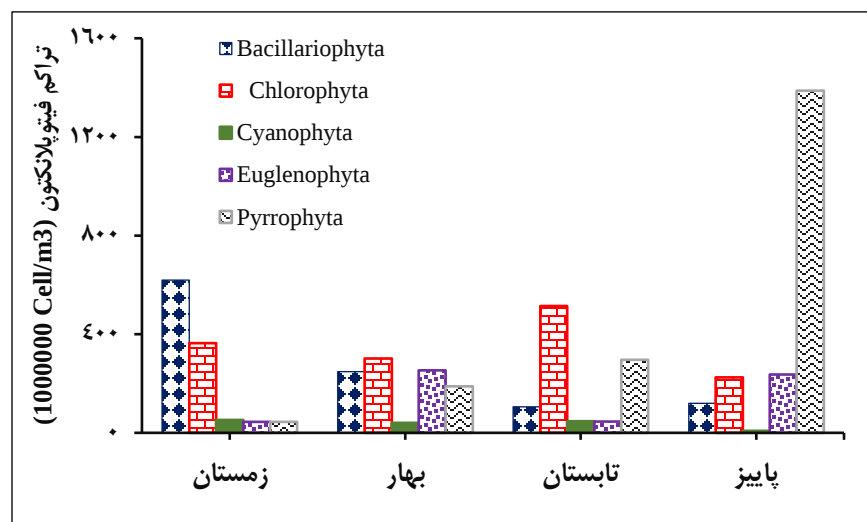
گونه	شاخه	زمستان				بهار				تابستان				پاییز				درصد فراوانی
		S ^۱	S ^۲	S ^۳	S ^۴	S ^۱	S ^۲	S ^۳	S ^۴	S ^۱	S ^۲	S ^۳	S ^۴	S ^۱	S ^۲	S ^۳	S ^۴	
<i>Oocystis</i> sp.		+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	۰/۵۶۷
<i>Selenastrum bibraianum</i>		-	-	-	-	-	-	-	-		+	+	-	-	-	-	-	۰/۲۶۳
<i>Scenedesmus bijiuga</i>		-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	۰/۲۹۲
<i>Scenedesmus dimarphus</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	۰/۲۱۹
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		-	+	+	+	-	+	+	+		+	+	+	-	+	-	-	۱/۷۱۲
<i>Scenedesmus</i> sp.		-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	۳/۱۳۹
<i>Scenedesmus</i> sp. ^۱		-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۱۴۶
<i>Stairastrum natater</i>		-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۲۲
<i>Strastrum axyacanthum</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	۰/۱۰۹
<i>Tetradron minimum</i>		+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	۱/۱۱۳
<i>Tetradron</i> sp.		-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	۰/۳۵۲
<i>Tetradron trigonum</i>		-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	۰/۶۷۰
<i>Tetraselmis</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	۲/۰۹۱
<i>Tetraselmis</i>		-	+	+	+	-	-	-	-		-	+	+	-	+	-	-	۱/۴۵۸
<i>Tetraspora lubrica</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	۱/۲۰۴
<i>Trabaria</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	۰/۱۰۹
<i>Ulothrix vvaribikis</i>		-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۲۷۴
<i>Aphenothecea</i> sp.	Cyanophyta	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	۱/۲۹۲
<i>Oscillatoria</i> sp.		+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	۰/۸۰۵
<i>Spirulina</i> sp.		+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	۰/۵۹۹
<i>Euglena</i> sp.	Euglenophyta	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	۲/۶۳۵
<i>Euglena</i> sp. ^۱		-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	۱/۹۵۸
<i>Euglena</i> sp. ^{۱b}		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	۰/۴۹۳
<i>Phacus</i> sp.		+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+		+	+	۱/۰۲۷
<i>Phacus</i> sp. ^۱		-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	۰/۰۴۷
<i>Trachelomonas</i> sp.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	۴/۹۵۲
<i>Trachelomonas</i> sp. ^۱		-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۱۰۹
<i>Glenodinium</i> sp.	Pyrrophyta	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	۲۸/۱۸۱
<i>Gymnodium</i> sp.		+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	۱/۹۰۳
<i>Gymnodinium</i> var		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	۰/۰۴۴
<i>Peridinium breve</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	۲/۸۴۷
<i>Peridinium</i> sp.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	۱/۹۸۵



شکل ۲: تراکم (میلیون سلول در مترمکعب) و درصد فراوانی گونه‌های فیتوپلانکتونی از شاخه‌های مختلف جلبکی در دریاچه الیمالات (۱۳۹۷-۱۳۹۸).

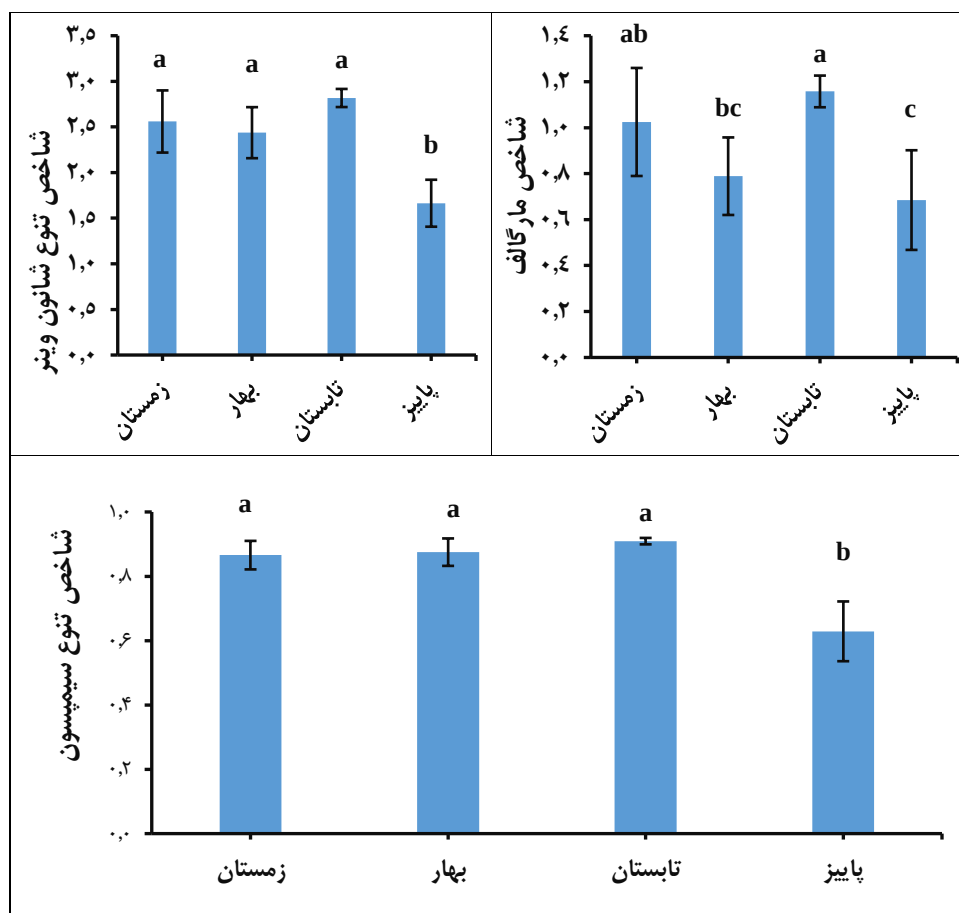


شکل ۳: تراکم فصلی فیتوپلانکتون (میلیون سلول در مترمکعب) در سال (۱۳۹۷-۱۳۹۸).



شکل ۴: تراکم فصلی شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون در دریاچه الیمالات (۱۳۹۷-۱۳۹۸).

فیتوپلانکتون‌ها در فصل پاییز با تراکم ۱۹۷۵ میلیون سلول در مترمکعب و در فصل بهار با تراکم ۱۰۳۳ میلیون سلول در مترمکعب به ترتیب از بیشترین و کمترین تراکم فصلی برخوردار بوده‌اند (شکل ۳). مقایسه شاخص‌های تنوع شانون-وینر و سیمپسون بین فصول مختلف در شکل (۵) نشان می‌دهد که بین فصول زمستان، بهار و تابستان اختلاف آماری معنی‌دار وجود نداشته و در فصل پاییز از کمترین مقدار تنوع شانون و سیمپسون نسبت به دیگر فصول برخوردار بوده‌اند. به طوری که در فصل تابستان با میانگین‌های ۲/۸۲ و ۰/۹۱ از بالاترین مقدار و در فصل پاییز با میانگین‌های ۱/۶۶ و ۰/۶۳ از کمترین مقدار تنوع به ترتیب برخوردار بوده‌اند. شاخص تنوع مارگالف بین فصول تابستان و پاییز از اختلاف آماری معنی‌داری برخوردار بوده است، به طوری که فصول تابستان و پاییز با میانگین ۱/۱۶ و ۰/۶۸ از بیشترین و کمترین مقدار غنای گونه‌ای به ترتیب برخوردار بوده‌اند.



شکل ۵: شاخص‌های تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها در فصول مورد مطالعه در دریاچه الیمالات (۱۳۹۷-۱۳۹۸).

بحث و نتیجه‌گیری

گونه‌های غالب به‌عنوان گروه‌های عامل، نقش مهمی در قضاوت بر روی وضعیت و عملکرد اکوسیستم دارند (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج حاصل از این پژوهش (جدول ۱) نشان داد که شاخه‌های کلروفیتا (Chlorophyta) با ۳۳ گونه، باسیلاریوفیتا (Bacillariophyta) با ۲۲ گونه، اوگلنوفیتا (Euglenophyta) با ۷ گونه، پیروفیتا (Pyrrophyta) با ۵ گونه و سیانوفیتا (Cyanophyta) با ۳ گونه به ترتیب از بیشترین تا کمترین تنوع گونه‌ای برخوردار بوده‌اند. در همین راستا Manickam و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تنوع زیستی فیتوپلانکتون دو دریاچه آب شیرین سولور و یوکادم در منطقه کویمباتور از استان تامیل‌نادو در هندوستان گزارش کردند که در مجموع ۵۰ گونه فیتوپلانکتون در دریاچه سولور شناسایی شدند که شامل ۱۹ گونه متعلق به خانواده Chlorophyceae، ۱۴ گونه از خانواده Cyanophyceae، ۱۴ گونه از خانواده Bacillariophyceae و ۳ گونه از خانواده Euglenophyceae بوده‌اند و ۳۶ گونه فیتوپلانکتون در دریاچه یوکادم شناسایی گردیدند که شامل ۱۵ گونه از خانواده Chlorophyceae، ۹ گونه از خانواده Cyanophyceae، ۱۰ گونه از خانواده Bacillariophyceae و ۲ گونه از خانواده Euglenophyceae بوده‌اند. لذا در هر دو دریاچه خانواده Chlorophyceae از بالاترین تنوع برخوردار بوده‌اند، بیشترین فراوانی این خانواده در فصل تابستان بوده و گزارش گردید که شرایط فیزیکی موجود از جمله دما و شفافیت آب دریاچه در فصل تابستان با جمعیت خانواده

Chlorophyceae رابطه مستقیم دارد. در نتایج حاصل از این پژوهش نیز شاخه کلروفیتا در فصل تابستان از تراکم بیشتری نسبت به دیگر شاخه‌ها برخوردار بوده است. همچنین Escalas و همکاران (۲۰۱۹) در شناسایی فیتوپلانکتون‌های غالب در طول چهار فصل تابستان در ۵۰ اکوسیستم آبی متفاوت در کشور فرانسه نشان دادند که Chlorophyta در فصول تابستان از بالاترین تراکم برخوردار بوده‌اند؛ زیرا که تغییرات فصلی و مکانی از متغیرهای محیطی نقش مهمی را در تعیین شرایط فیزیکی و شیمیایی دارد که بر پویایی فیتوپلانکتون‌ها در اکوسیستم‌های آبی بسیار تأثیرگذار می‌باشد (Yang et al., ۲۰۱۹).

قریب‌خانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز مطالعاتی در خصوص تنوع و فراوانی فیتوپلانکتون تالاب استیل آستارا انجام دادند، آن‌ها ۱۰ شاخه و ۴۲ جنس از فیتوپلانکتون را شناسایی کردند که شاخه Chlorophyta با دارا بودن ۱۷ جنس و شاخه Cyanophyta با ۶ جنس و همچنین فراوانی حدود ۹۳/۳۴ درصد کل فیتوپلانکتون‌ها در سال دارای بیشترین تراکم و فراوانی بودند.

مطالعات سبک آرا و مکارمی (۱۳۸۲) در بررسی تراکم و پراکنش پلانکتونی در دریاچه سد ماکو نشان داد که شاخه Euglenophyta و Cyanophyta با سهم ۱ درصد از تراکم سالانه فیتوپلانکتون‌ها جزو شاخه‌های با کمترین فراوانی و تنوع بودند که با نتایج حاصل از این پژوهش (جدول ۱) مطابق بوده‌اند زیرا که در این پژوهش نیز شاخه‌های اوگنوفیتا با ۷ گونه و سیانوفیتا با ۳ گونه از تنوع کمتری برخوردار بوده‌اند (شکل ۲).

میرزاجانی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی لیمنولوژی دریاچه سد تهم استان زنجان نشان دادند که فراوانی سالانه شاخه‌های Chlorophyta و Bacillariophyta از سایر شاخه‌ها بیشتر است و به‌عنوان شاخه‌های غالب دریاچه محسوب می‌شوند. غالبیت این دوشاخه به‌عنوان شاخص اولیگوטרופی دریاچه نیز به‌حساب می‌آیند و شاخه Euglenophyta دارای کمترین میزان میانگین تراکم سالانه بوده است؛ که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (شکل ۲).

تراکم فصلی فیتوپلانکتون‌ها در این پژوهش (شکل ۳) نشان داد که در فصل پاییز با تراکم ۱۹۷۵ میلیون سلول در مترمکعب و در فصل بهار با تراکم ۱۰۳۳ میلیون سلول در مترمکعب به ترتیب از بیشترین و کمترین تراکم فصلی برخوردار بوده‌اند در خصوص نحوه توزیع و تراکم و علت نوسانات فصلی پلانکتون‌ها می‌توان گفت که نوسانات فصلی آن‌ها می‌تواند برحسب شرایط منطقه‌ای، تحت تأثیر عوامل مختلف ازجمله شرایط آب‌وهوایی، بالا آمدن مواد مغذی از لایه‌های عمقی به لایه‌های سطحی (فراچاهندگی)، جریانات حاکم در منطقه، وضعیت جابه‌جایی توده‌های آبی و شرایط زیست‌محیطی منطقه قرار گیرد. همچنین شرایط تولید و وجود مواد مغذی در کنار جریانات فراچاهندگی و جریانات ورودی از خشکی می‌تواند نوسانات پلانکتونی در اکوسیستم‌های ساحلی و دریایی را تحت تأثیر خود قرار دهد (Kumar et al., ۲۰۲۰; Carter et al., ۲۰۰۵). نتایج حاصل از این پژوهش (شکل ۵) نشان داد که شاخص‌های تنوع شانون-وینر و سیمپسون بین فصول زمستان، بهار و تابستان اختلاف آماری معنی‌دار وجود نداشته و در فصل پاییز از کمترین مقدار تنوع شانون و سیمپسون نسبت به دیگر فصول برخوردار بوده‌اند. به‌طوری‌که شاخص‌های شانون-وینر و سیمپسون در فصل تابستان با میانگین‌های ۲/۸۲ و ۰/۹۱ از بالاترین مقدار و در فصل پاییز با میانگین‌های ۱/۶۶ و ۰/۶۳ از کمترین مقدار تنوع به ترتیب برخوردار بوده‌اند. در همین راستا Mucino-Marquez و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که تغییرات دمای سالانه به‌صورت دوره‌های سرما و گرما، با فراوانی جوامع فیتوپلانکتونی ارتباط دارد به‌طوری‌که بیشترین فراوانی در فصول گرم و کمترین فراوانی در فصول سرد مشاهده می‌شود، زیرا که به دلیل کم بودن مواد غذایی و یا بیشتر بودن زئوپلانکتون‌ها در فصل سرد از کمترین تراکم برخوردار بوده است. از عوامل مهمی که ساختار اجتماعات فیتوپلانکتونی را در فصول مختلف سال تغییر می‌دهد می‌توان به فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و مواد غذایی ضروری و بیولوژی (نرخ رشد و میزان مصرف) اشاره نمود که سبب کنترل جمعیت فیتوپلانکتون از طریق تغییر ترکیب گونه‌ای، بیومس و الگوهای تولید می‌گردند (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۳؛ قریب‌خانی و همکاران، ۱۳۸۸).

در تحقیقی دیگر نوع دوست و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی فراوانی و تنوع زیستی جوامع فیتوپلانکتون دریاچه سد مارون در استان خوزستان گزارش کردند که شاخص تنوع زیستی شانون، سیمپسون و یکنواختی بین ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$)، ولی بین فصول مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$) و بیشترین میزان شاخص تنوع شانون و سیمپسون در فصل پاییز و کمترین میزان آن در فصل تابستان مشاهده شد (پاییز ۲/۸ و ۰/۹۲، تابستان ۱/۱ و ۰/۴۶) و عنوان شد به دلیل دمای بالا، کاهش سطح آب و تبخیر زیاد در این فصل از تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها کاسته شده است؛ که این مورد با نتایج حاصل از پژوهش ما مطابقت دارد، زیرا که یکی از مهم‌ترین دلایل پایین بودن تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون در دریاچه الیمالات در فصل تابستان، این است که در ماه‌های تابستان به دلیل استفاده مصارف کشاورزی و کاهش نزولات جوی در منطقه، سطح آب دریاچه کاهش یافته است.

در این پژوهش شاخص تنوع مارگالف بین فصول تابستان و پاییز از اختلاف آماری معنی‌داری برخوردار بوده است (شکل ۵)، به‌طوری‌که فصول تابستان و پاییز با میانگین ۱/۱۶ و ۰/۶۸ از بیشترین و کمترین مقدار غنای گونه‌ای به ترتیب برخوردار بوده‌اند. در این راستا امیدمعمظم و همکاران (۱۳۹۸)، در بررسی تنوع و فراوانی فصلی باسیلاریوفیتای (دیاتومه‌ها) پلانکتونی، در آب‌های ساحلی جنوب دریای خزر نشان دادند که بیشترین شاخص غنای مارگالف در فصل تابستان ۰/۶۰۳ برای ایستگاه مصب بابلسر و در فصل زمستان بیشترین رقم برای شاخص مارگالف بازهم در ایستگاه مصب بابلسر با رقم ۰/۸۴۳ محاسبه و ثبت گردید. تغییرات غنای گونه‌ای علاوه بر اینکه متأثر از روابط زیستی متقابل با سایر آبزیان مانند چرا شدن (توسط زئوپلانکتون‌ها) و رقابت‌های بین‌گونه‌ای می‌باشد (Mama et al., ۲۰۱۱)، به‌شدت با میزان ورود عناصر غذایی و جریانات اختلاطی آب در فصل زمستان همبستگی نشان می‌دهد. بارندگی به دلیل شستشوی سواحل و ورود عناصر غذایی از خشکی به آب‌های کم‌عمق ساحلی، می‌تواند سبب افزایش تولید و جمعیت فیتوپلانکتون‌ها گردد (Olodo et al., ۲۰۱۹).

در این تحقیق در شاخه پیروفتا، گونه *Glenodinium* sp. با فراوانی ۲۸/۱۸۱ درصد، در شاخه باسیلاریوفیتا گونه *Stephanodiscus* sp. با فراوانی ۱۱/۴۷۶ درصد، در شاخه اوگنوفیتا، گونه *Trachelomonas* sp. با فراوانی ۴/۹۵۲ درصد، در شاخه کلروفیتا، گونه *Senedesmus* sp. با فراوانی ۰/۱۳۹ درصد و در شاخه سیانوفیتا، گونه *Aphenothecea* sp. با فراوانی ۱/۲۹۲ درصد از بالاترین فراوانی برخوردار بوده‌اند (جدول ۱).

در مجموع، تنوع رده‌های فیتوپلانکتون‌ها در دریاچه الیمالات در مقایسه با دریاچه‌های دیگر در ایران بسیار زیاد بوده است. بیشترین تنوع گونه‌ای در شاخه کلروفیتا دیده شده است. بیشترین تراکم در شاخه پیروفتا و در فصل پاییز مشاهده شده است. شاخص‌های تنوع شانون-وینر و سیمپسون و شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در فصل تابستان از بالاترین مقدار و در فصل پاییز از کمترین مقدار برخوردار بوده‌اند. تفاوت در میزان جمعیت کل فیتوپلانکتون‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد (عوامل فیزیکی و شیمیایی)، از جمله اینکه، میزان مواد غذایی موجود در آب با گذار از فصل بهار افزایش می‌یابد. افزایش مواد غذایی به همراه افزایش دمای آب، افزایش طول روز و تابش نور خورشید کمک بزرگی به افزایش سریع جمعیت فیتوپلانکتونی نموده و موجب افزایش نسبی تنوع فیتوپلانکتون‌ها در فصل تابستان می‌شود. همچنین یکی از مهم‌ترین عواملی که در بالا بودن تراکم فیتوپلانکتون‌ها در دریاچه الیمالات مؤثر است، عدم استفاده از سد دریاچه برای مصارف کشاورزی به دلیل تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی منطقه (هرچند که در گذشته باهدف تأمین آب کشاورزان منطقه ساخته شده است) و امروزه فقط از آن با اهداف توریستی بهره‌برداری می‌گردد.

منابع

ابراهیم‌نژاد، م.، ۱۳۸۴. اکولوژی رودخانه: ساختار و عمل آب‌های جاری، ترجمه، دیوید آلن، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۶۹۶ ص.

- امیدمعلم، ط.، آخوندیان، م.، فلاحی کپورچالی، م. و امیدظهیر، ش.، ۱۳۹۸. تنوع و فراوانی فصلی باسیلاریوفیتای (دیاتومه‌ها) پلانکتونی، در آب‌های ساحلی جنوب دریای خزر. نشریه علمی زیست‌شنای دریا، سال یازدهم، شماره چهل و چهارم، صفحات ۹۳-۱۰۸.
- باقری، س.، زحمتکش، ی. ع. و محسن‌پور، ح.، ۱۳۹۷. شناسایی، بررسی تنوع زیستی و فراوانی فیتوپلانکتون در رودخانه‌کن، تهران، مجله بوم‌شناسی آبریان، صفحات ۸۵-۹۴.
- پورغلام، ر.، تهامی، ف. س. و کیهان ثانی، ع. ر.، ۱۳۹۳. تنوع فصلی فیتوپلانکتون‌ها در آب‌های حوضه جنوبی دریای خزر طی سال ۱۳۸۹، مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران) جلد ۲۷، شماره ۳. صفحات ۳۱۸-۳۰۷.
- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۸۲. بررسی تراکم و پراکنش پلانکتونی در دریاچه سد ماکو. مجله علمی شیلات ایران، سال دوازدهم، شماره ۲. صفحات ۲۹-۲۶.
- فلاحی، م.، جمیلی، ش. و حسینی، م.، ۱۳۹۳. بررسی میزان مواد مغذی بر روی تراکم و تنوع فیتوپلانکتون در مصب بابل رود استان مازندران. دومین همایش سراسری محیط‌زیست، انرژی و پدافند زیستی.
- قدیرنژاد، س. ح.، عقیلی، ک.، پورصوفی، ط.، حسینی، س. ص.، فخرایی، ح. و فاضل، ع.، ۱۳۹۲. بررسی پراکنش و فراوانی جمعیت‌های فیتوپلانکتون رودخانه اترک در استان خراسان شمالی. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر. سال هفتم، شماره دوم، صفحات ۸۵-۹۶.
- قریب‌خانی، م.، تاتینا، م.، رمضانپور، ز. و چوبیان، ف.، ۱۳۸۸. بررسی تنوع، تراکم و فراوانی فیتوپلانکتون‌های تالاب استیل آستارا، مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، ۳ (۴). صفحات ۱۵-۱.
- کمالی سنزینی، م. و رحیمی، ا.، ۱۳۹۳. جوامع فیتوپلانکتونی و شاخص آلودگی ساپروبی استخرهای پرورش ماهیان گرم آبی شرق استان گلستان (مطالعه موردی: شهر گنبدکاووس). مجله بوم‌شناسی آبریان ۴ (۳). صفحات ۷۲-۶۲.
- محمدخانی، ح.، مظاهری کوهستانی، ز. و قربانی، ر.، ۱۳۹۶. بررسی ترکیب و تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌های خلیج گرگان-محدوده استان گلستان. مجله بوم‌شناسی آبریان، دوره ۷، شماره ۱. صفحات ۹۸-۱۱۵.
- محمدی، ح. ا.، پیغمبری، س. ی.، عبدالملکی، ش.، فلاحی، م.، قربانی، ر. و حسینی، س. ع.، ۱۳۹۵. بررسی ساختار جمعیتی و تنوع زیستی فیتوپلانکتون دریاچه سد گلباغ استان کردستان. مجله بوم‌شناسی آبریان، دوره ۶، شماره ۳. صفحات ۴۵-۵۴.
- مخلوق، آ.، نصراله‌زاده ساروی، ح.، رامین، م. و رضایی، م.، ۱۳۹۶. بررسی ساختار، تراکم و اکولوژی فیتوپلانکتون با تأکید بر خصوصیات گونه‌های غالب در سد مخزنی شهید رجایی (مازندران). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). جلد ۳۰. شماره ۱. صفحات ۱۹۸-۱۸۴.
- میرزاجانی، ع.، ۱۳۸۸. بررسی لیمنولوژی دریاچه سد تهم استان زنجان. سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان. مدیریت شیلات استان زنجان. پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۶۹ ص.
- ناعمی، آ.، پاتیمار، ر.، هرسیج، م. و یلقی، س.، ۱۳۹۹. تنوع و فراوانی گونه‌ای فیتوپلانکتون‌های استخرهای پرورش میگو گمیشان-جنوب‌شرق دریای خزر. نشریه علمی توسعه آبی‌پروری، سال چهاردهم، شماره اول. صفحات ۱۰۴-۹۳.
- نوع‌دوست، ف. و شوکت، پ.، ۱۳۹۷. بررسی فراوانی و تنوع زیستی جوامع فیتوپلانکتون دریاچه سد مارون در استان خوزستان. مجله علمی-پژوهشی زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال دهم، شماره چهارم، صفحات ۴۷-۲۵.

Alves-de-Souza, C., Menezes, M. and Huszar, V., ۲۰۰۶. Phytoplankton composition and functional groups in a tropical humic coastal lagoon, Brazil, Acta Botanica Brasilica. ۲۰(۳), ۷۰۱-۷۰۸.

Bidle, K. D., ۲۰۱۵. The molecular ecophysiology of programmed cell death in marine phytoplankton. Annual Review of Marine Science, ۷, ۳۴۱-۳۷۵. doi: ۱۰.۱۱۴۶. annurev-marine-۰۱۰۲۱۳-۱۳۵۰۱۴

Blokda, W., Khalil, K., Loudiki, M., Aziz, F. and Elkalay K., ۲۰۱۷. First assessment of Phytoplankton diversity in a Moroccan shallow reservoir (Sidi Abderrahmane). Saudi Journal of Biological Sciences. S۱۳۱۹- ۶۲X (۱۷) ۳۰۳۲۲- ۴. ۱۵p

Boney, A. D., ۱۹۸۹. Phytoplankton. Edward Annoid. British Library Cataloguing Publication Data. ۱۱۸ p

Carter, C. M., Ross, A. H., Schiel, D. R., Howard-Williams, C. and Hayden, B., ۲۰۰۵. In situ microcosm experiments on the influence of nitrate and light on phytoplankton community composition. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. ۳۲۶(۱): ۱-۱۳.

- Çelekli, A., Ozturk, B. and Kapi, M., ۲۰۱۴.** Relationship between phytoplankton composition and environmental variables in an artificial pond. *Algal Research* ۵ (۲۰۱۴): ۳۷-۴۱
- Edmonson, W. T., ۱۹۵۹.** *Fresh Water Biology*. John Wiley and Sons Inc. New York. ۱۲۴۸ p.
- Escalas, A., Catherine, A., Maloufi, S., Cellamare, M., Hamlaoui, S., Yéprémian, C., Louvard, C., Troussellier, M. and Bernard, C., ۲۰۱۹.** Drivers and ecological consequences of dominance in periurban phytoplankton communities using networks approaches. *Water Res.* ۱۶۳, ۱۱۴۸۹ p.
- Fox, J., Behrenfeld, M., Haentjens, N., Chase, A., Kramer, S. J., Boss, L. K., Fisher, N., Penta, W. B., Westberry, T. K. and Halsay, K., ۲۰۲۰.** Phytoplankton Growth and Productivity in the Western North Atlantic: Observations of Regional Variability from the NAAMES Field Campaigns. *The Oceans: Our Research, Our Future* pp ۲۷۹-۲۹۷ p
- Kim, H., Lee, C. R., Lee, S. K., Oh, S. Y. and Kim, W., ۲۰۲۰.** Biodiversity and Community Structure of Mesozooplankton in the Marine and Coastal National Park Areas of Korea. *Diversity*, ۱۲, ۲۳۳: ۱۹ p.
- Kumar, P. S., Kumaraswami, M., Ezhilarasan, P., Rao, G. D., Sivasankar, R., Rao, V. R. and Ramu, K., ۲۰۲۰.** Blooming of *Gonyaulax polygramma* along the southeastern Arabian Sea: Influence of upwelling dynamics and anthropogenic activities. *Marine Pollution Bulletin*, ۱۵۱: ۱۱۰۸۱۷.
- Mama, D., Aina, M., Alassane, A., Boukari, O. T., Chouti, W., Deluchat, V., Bowen, J., Afouda, A. and Baudu, M., ۲۰۱۱.** Caractérisation physico-chimique et évaluation du risqué d'eutrophisation du lac Nokoué (Benin) [Physicochemical Characterization of the Eutrophication Risk of Lake Nokue (Benin)], *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, ۵ (۲۹): ۲۰۷۶-۲۰۹۳.
- Maosen, H., ۱۹۸۳.** *Freshwater plankton illustration*. Agriculture publishing house. ۸۵ p.
- Manickam, N., Bhavan, P. S., Santhanam, P., Muralisankar, T., Kumar, S. D., Balakrishnan, S., Ananth, S. and Devi, A. S., ۲۰۱۹.** Phytoplankton biodiversity in the two perennial lakes of Coimbatore, Tamil Nadu, India. *Acta Ecologica Sinica* ۴۰: ۸۱-۸۹.
- Margalef, D. R., ۱۹۵۸.** Information theory in ecology. *General Systems*. ۳: ۳۶-۷۱.
- Miao, X., Wang, S., Liu, M., Ma, J., Hu, J., Li, T. and Chen, L., ۲۰۱۹.** Changes in the phytoplankton community structure of the Backshore Wetland of Expo Garden, Shanghai from ۲۰۰۹ to ۲۰۱۰. *Aquaculture and Fisheries*, ۴(۵), ۱۹۸-۲۰۴.
- Muller-Feuga, A., ۲۰۰۰.** The role of microalgae in aquaculture: situation and trends, Institut Français pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer), BP ۲۱۱۰۵, ۴۴۳۱۱ Nantes cedex ۰۳, France, *Journal of Applied Phycology* ۱۲, ۵۲۷-۵۳۴.
- Mucino-Marquez, R. E., Garate-Lizarraga, I., Lopez-Cortes, D. J., Bustillos-Guzman, J. J. and Hernandez-Sandoval, F. E., ۲۰۱۸.** Seasonal variation of the phytoplankton community in tuna farms in Bahía de La Paz, southern Gulf of California, Mexico. *Latin american journal of aquatic research* ۴۶(۵): ۱۰۱۱-۱۰۲۴.
- Olodo, I. Y., Cocquyt, C., Abou, Y. and Kokou, K., ۲۰۱۹.** Seasonal variations and distribution of diatom flora of Lake Aheme (Benin, West Africa). *Botany Letters*, pp: ۱-۱۴.
- Pan, B. J., Vernet, M., Manck, L., Forsch, K., Ekern, L., Mascioni, M., Barbeau, K. A., Almandoz, G. O. and Orana, A. J., ۲۰۲۰.** Environmental drivers of phytoplankton taxonomic composition in an Antarctic fjord. *Progress in Oceanography* ۱۸۳. ۲۰P.
- Presscot, G. W., ۱۹۷۰.** *The freshwater algae*. W.M.C. Brown Company publishing. Iowa. U.S.A. ۴۴۸ P.
- Sourina, A., ۱۹۷۸.** *Phytoplankton manual*. United nations educational, scientific & culture organization. ۳۳۷ p.
- Shannon, C. E. and Wiener, W., ۱۹۴۹.** *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana.
- Simpson, E. H., ۱۹۴۹.** Measurement of diversity. *Nature* ۱۶۳, P ۶۸۸.
- Vallina, S. M., Cermen, P., Dutkiewicz, S., Loreau, M. and Montoya, J. M., ۲۰۱۷.** Phytoplankton functional diversity increases ecosystem productivity and stability. *Ecological Modelling*. Pages ۱۸۴-۱۹۶.
- Yang, C., Nan, J. and Li, j., ۲۰۱۹.** Driving Factors and Dynamics of Phytoplankton Community and Functional Groups in an Estuary Reservoir in the Yangtze River, China. *Water journal*. ۱۱, ۱۱۸۴; p۱۷

- Ye, Y., Chen, B., Zhou, Q., Wang, Y., Chen, Y. and Lin, M., ۲۰۱۹.** Phytoplankton community structure during monsoon transition period in the Lembeh Strait of North Sulawesi, Indonesia. *Journal of King Saud University-Science*. Volume ۳۲, p ۱۱۹۰-۱۱۹۶.
- Yu, Z., Liu, C., Feifei, W., Xue, Z., Zhang, A., Lu, G., Wang, L. and Song, L., ۲۰۱۹.** Diversity and annual variation of phytoplankton community in Yesso scallop (*Patinopecten yessoensis*) farming waters of North Yellow Sea of China. *Aquaculture* ۵۱۱. ۷۳۴۲۶۶. ۷p.
- Zhang, M., Strile, D., Chen, F., Shi, x., Yang, Z. and Cai, Y., ۲۰۱۷.** Dynamics and drivers of phytoplankton richness and composition along productivity gradient. *Science of the Total Environment* ۶۲۵ (۲۰۱۸) ۲۷۵-۲۸۴.

