مطالعه کیفیت آب دریاچه پشت سد آزاد سنندج با استفاده از شاخص‌های زیستی جلبکی

فاطمه سادات تهامی*[۱]، علیرضا کیهان ثانی[۱]، علی گنجیان خناری[۱]

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ساری
farnaztahamy@gmail.com

چکیده

در تحقیق اخیر، مطالعه بر روی کیفیت آب و جمعیت فیتوپلانکتون‌های دریاچه پشت سد آزاد سنندج به مدت یک سال از خرداد ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ صورت گرفته است. این بررسی در ۵ ایستگاه و ۴ فصل انجام پذیرفت و شناسایی گونه‌های فیتوپلانکتون انجام و نیز ضریب شانون و ضریب پالمر تعیین گردیدند. در این مطالعه ۶ گروه فیتوپلانکتونی Bacillariophyta، Chrysophyta، Pyrophyta، Cyanophyta، Chlorophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۲۰، ۱، ۹، ۶، ۱۶ و ۲ گونه ثبت شدند. بررسی جوامع فیتوپلانکتونی در طول دوره مطالعه دریاچه پشت سد آزاد سنندج غالبیت گونه‌ای گروه Bacillariophyta از دیاتومه‌ها را با ۲۰ گونه در طول سال و پس از آن گروه جلبک‌های سبز یا Chlorophyta با ۱۶ گونه را نشان می‌دهد. کمترین فراوانی تنوع گونه‌ای در گروه Chrysophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۱ و ۲ گونه مشاهده گردید. شاخص شانون در فصول مختلف متفاوت بود که بیشترین آن در فصل تابستان به میزان ۱/۵۸ و سپس به ترتیب پائیز ۱/۴۱، زمستان ۱/۲۴ و بهار ۱/۱۹ مشاهده شد. بیشترین تعداد گونه‌ها متعلق به ایستگاه اول و کمترین آن‌ها نیز متعلق به آخرین ایستگاه بود. کیفیت آب دریاچه پشت سد آزاد سنندج از طریق شاخص زیستی پالمر (Palmer)، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نهایی نشان دادند که کیفیت آب در دریاچه پشت سد آزاد سنندج به‌غیر از برخی ایستگاه‌ها، به‌طور غالب دارای کیفیت خوبی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: فیتوپلانکتون، شاخص شانون، شاخص پالمر، دریاچه، سنندج

مقدمه

جلبک‌ها پایه تولیدات اولیه در اکوسیستم‌های آبی هستند. شروع پدیده تولید غذا در یک محیط آبی، از طریق این موجودات و با مکانیسم پیچیده‌ای به نام فتوسنتز آغاز می‌شود. در این فرایند مواد غذایی ساده، به ترکیبات آلی پیچیده تبدیل می‌شوند و به‌صورت یک واحد غذایی درمی‌آیند. این مجموعه غذایی، در مراحل بعدی (مصرف) مورد تغذیه سایر موجودات آبزی قرار می‌گیرند. جلبک‌ها در آبزی‌پروری اهمیت بسیار زیادی دارند، چون آن‌ها مستقیماً روی ویژگی‌های آب از قبیل رنگ، بو، طعم، اکسیژن محلول و کدورت اثر می‌گذارند (Žutinić, 2014). تولید غذای طبیعی در استخرهای پرورشی به‌طور مستقیم به میزان رشد این گیاهان کوچک میکروسکوپی مرتبط است، به‌طوری‌که هر چه میزان رشد جلبک بالاتر باشد، میزان تولید غذای طبیعی (جلبکی و غیر جلبکی) نیز بالاتر خواهد بود (Njiru *et al*., 2008) و با افزایش میزان تولید مواد غذایی طبیعی، میزان

رشد موجودات تحت پرورش و تولید ماهی به همان نسبت افزایش می‌یابد (Anneville *et al*., 2004; Kromkamp, *et al.,* 1999; Žutinić, 2014).

بررسی رودخانه‌ها در سایر کشورها سابقه طولانی داشته اما در ایران جوان بوده و تقریباً از دو دهه قبل در مراکز تحقیقاتی کشور انجام‌شده است، در بررسی‌های فیتوپلانکتونی انجام‌شده در اکوسیستم‌های آب شیرین به‌طورکلی گونه‌های دیاتومه‌ها (Bacillariophyta)، فراوان‌ترین و گسترده‌ترین گروه فیتوپلانکتون‌ها می‌باشند و گروه‌های Nitzschia, Naviculla و Diatoms بیشترین فراوانی را در این اکوسیستم‌ها دارند. گروه‌های Chlorophyta و Cyanophyta بعد از دیاتومه‌ها دارای فراوانی قابل‌توجهی هستند. در بعضی از فصول سال افزایش مواد غذایی در اکوسیستم‌های آبی (ورود فاضلاب‌های تسویه نشده و پساب‌های کشاورزی و غیره)، باعث بلوم جلبکی ازجمله شاخه Cyanophyta (جلبک‌های سبز-آبی) و تجمع بیش از حد جلبک‌ها در سطح آب موجب اشباع شدن آب از اکسیژن، کاهش CO_2 و درنتیجه کاهش فتوسنتز و تثبیت ازت هوا می‌گردد (Rakaj, 2010). جلوگیری از فتوسنتز درنهایت به از بین رفتن جلبک‌ها و سپس به تجزیه آن‌ها توسط باکتری‌ها منجر می‌شود و استفاده سریع از اکسیژن توسط باکتری‌ها، کاهش اکسیژن آب را در پی دارد که این مسئله حیات آبزیان را به خطر انداخته موجب مرگ‌ومیر آن‌ها می‌شود (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۱). از اثرات نامطلوب دیگر، ایجاد بلوم توسط جلبک‌های سبز-آبی و آزاد شدن سموم در آب است که علاوه بر ماهیان باعث بیماری و مرگ دیگر آبزیان و حیوانات اهلی و وحشی و حتی سلامت انسان را هم به خطر می‌اندازند (تماس یا مصرف آب آلوده و یا ماهی آلوده). تاکنون حدود ۲۵ گونه سمی از این شاخه گزارش‌شده است. البته در مورد رودخانه‌ها، منشأ آن‌ها می‌تواند نامشخص باشد و مدت‌زمان تماس آن‌ها با آلاینده‌ها نیز ناشناخته است و نیز از آنجایی که سد آزاد سنندج از رودخانه تغذیه می‌گردد، شرایط رودخانه و بار رودخانه به‌طور مستقیم بر روی شرایط فیتوپلانکتون سد تأثیرگذار است (Moisan *et al*., 2017).

در بررسی اکولوژیک اکوسیستم‌های آبی از جلبک‌ها به‌عنوان تعیین‌کننده تغییرات محیطی استفاده می‌شود. جلبک‌ها دارای ارتباطات زیادی با محیط‌های اطراف خود هستند و از عوامل محیطی مؤثر بر جلبک‌ها می‌توان به نور، مواد غیر آلی (مغذی) و غیره نام برد. ارتباط زیادی بین شدت نور و میزان سنتز مواد در سلول‌های جلبکی وجود دارد و شدت بالای نور، میزان سنتز ترکیبات مختلف مثل لیپیدها و پلی ساکاریدها را افزایش می‌دهد. (Richmond, 1994).

جلبک‌ها در اکوسیستم‌های مختلف آبی برای ارزیابی کیفیت آب یا میزان آلودگی آب مورداستفاده قرار می‌گیرند. ترکیب و تراکم فیتوپلانکتونی به‌عنوان یک نشانگر مکمل میزان تروفی آب قابل استفاده است. رشد و تکثیر فیتوپلانکتون‌ها بستگی به دینامیک آب، مقدار طیف نور و نیز قابلیت دسترسی مواد غذایی دارد. توسعه شهرها و روستاها در حاشیه رودخانه‌ها و سواحل و متعاقب آن ازدیاد مراکز صنعتی و کشاورزی، بار آلودگی ناشی از ضایعات و فضولات آلوده‌کننده به آب‌ها را افزایش می‌دهد. این آلاینده‌ها قادرند تغییرات غیرقابل‌پیش‌بینی را بر محیط‌زیست و منابع آبی ایجاد و روند زندگی فیتوپلانکتون‌ها و سایر آبزیان را به مخاطره بیاندازند.

مواد و روش‌ها

فعالیت میدانی این تحقیق به مدت یک سال از خرداد ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ در فواصل نمونه‌برداری فصلی انجام شد. با توجه بررسی‌های اولیه و مورفولوژی سد آزاد، تعداد ۵ ایستگاه در موقعیت‌های مختلف مطابق شکل ۱ در کل دریاچه تعیین شدند. همچنین با توجه به عمق ایستگاه، در ایستگاه‌های ۴ و ۵ (با عمق ۱۰ متر) فقط یک نمونه از لایه سطحی، در ایستگاه ۳ سه لایه (لایه سطحی، لایه میانی و ۱ متر بالای بستر) و در دو ایستگاه ۱ و ۲ در صورت وجود ترموکلاین، نمونه‌برداری در پنج عمق به شرح ذیل انجام شد:

لایه سطحی آب، لایه ۱/۳ از عمق ایستگاه از سطح آب، لایه ۲/۳ از عمق ایستگاه از سطح آب و یک متر بالاتر از رسوبات بستر توسط بطری نمونه‌بردار روتنر (حداکثر حجم ۲ لیتر) صورت گرفت.

شکل ۱. موقعیت تقریبی ایستگاه‌های نمونه‌برداری از دریاچه سد آزاد سنندج

در این بررسی ۵۰۰ سی‌سی آب در ظروف نمونه‌برداری جمع‌آوری و با فرمالین (۴ درصد)، فیکس شدند و در ظروف نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل گردیدند. بررسی‌های کمی و کیفی نمونه‌ها مطابق روش (APHA, 2005) صورت گرفت. در این روش نمونه‌ها به مدت ۱۰ روز در تاریکی نگهداری می‌شوند تا کاملاً رسوب دهند. سپس با سیفون مخصوصی آب رویی آن را تخلیه و مابقی نمونه در چند مرحله به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ می‌شوند تا حجم نمونه‌ها به ۲۰ - ۲۵ میلی‌لیتر برسد.

در آزمایشگاه نمونه‌ها در دو مرحله کیفی و یک مرحله کمی توسط لام‌های خط‌کشی شده و لامل ۲۴ × ۲۴ میلی‌متر و میکروسکوپ با بزرگنمایی X۱۰ و X۲۰ و X۴۰ شمارش و بررسی شدند و توسط کلیدهای شناسایی موجود در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر شناسایی شدند (Newell and Newell, 1977 ؛ Standard Methods, 2005).

مقایسات میانگین آماری داده‌ها از طریق آنالیز واریانس (ANOVA)، Multiple و آزمون مقایسه میانگین به روش شاخص تنوع گونه‌ای طبق فرمول Shannon-Weaver (Shannon and Weaver. 1963) و از طریق فرمول $H' = -\sum P_i InP_i$ محاسبه گردید:

H′= شاخص شانون-ویور

Pi = فراوانی نسبی گونه (nits per individual)

برای بررسی کیفیت آب از ضریب آلودگی پالمر (Palmer, 1968) استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج بررسی ترکیب و تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها نشان داد که در مجموع ۵۴ گونه در دریاچه پشت سد آزاد سنندج وجود دارد که در این مطالعه ۶ گروه فیتوپلانکتونی Bacillariophyta، Chrysophyta، Pyrophyta، Cyanophyta، Chlorophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۲۰، ۱، ۹، ۶، ۱۶ و ۲ گونه مشاهده شدند.

بررسی جوامع فیتوپلانکتونی در طول دوره مطالعه دریاچه پشت سد آزاد سنندج غالبیت گونه‌ای گروه Bacillariophyta از دیاتومه‌ها را با ۲۰ گونه در طول سال و پس از آن گروه جلبک‌های سبز یا Chlorophyta با ۱۶ گونه را نشان می‌دهد. کمترین فراوانی تنوع گونه‌ای در گروه Chrysophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۱ و ۲ گونه مشاهده گردید (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱. فراوانی حضور و عدم حضور گونه‌های فیتوپلانکتونی شناسایی‌شده در فصول مختلف در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

فیتوپلانکتون		فصول			
شاخه فیتوپلانکتون	گونه فیتوپلانکتون	بهار	تابستان	پائیز	زمستان
Bacillariophyta	*Actinocyclus paraduxus*	+		+	
	Amphora ovalis	+			
	Amphora sp.	+			
	Cocconeis placentula		+	+	
	Cyclotella caspica			+	
	Cyclotella menenghiniana	+	+	+	+
	Cymbella ventricosa			+	+
	Diatoma ochki			+	
	Navicula cryptocephala		+	+	+
	Navicula sp.				+
	Nitzschia acicularis	+	+		+
	Nitzschia sigma				+
	Nitzschia parva		+	+	
	Nitzschia sp.	+			
	Nitzschia tenuirostris	+			
	Stephanodiscos hantzschii	+		+	+
	Stephanodiscos sp.				+
	Thalassionema nitzschoide		+		
	Thalassiosira inserta		+	+	
	Thalassiosira variabilis				+

	جمع	**۸**	**۷**	**۱۰**	**۹**
Chrysophyta	*Dinobryon divergens*		+	+	
	جمع		**۱**	**۱**	
Pyrophyta	*Exuviaella cordata*		+		
	Glenodinium penardi	+	+	+	
	Glenodinium behningii		+		
	Goniaulax digitale	+	+		
	Goniaulax minima		+		
	Goniaulax polyedra	+			+
	Goniaulax polyedra	+	+		
	Goniaulax spinifera	+			
	Peridinium latum	+			+
	جمع	**۵**	**۶**	**۱**	**۲**
Cyanophyta	*Anabaena aphanizomenides*			+	
	chroococcus sp.			+	+
	Gleoocapsa turgida	+		+	
	Merismopedia minima			+	
	Oscillatoria limosa			+	
	Spirulina laxissma	+			
	جمع	**۲**		**۵**	**۱**
Chlorophyta	*Ankistrodesmus falcatus*	+	+	+	
	Binuclearia lauterbornii		+		
	Celnslrum microporum		+		
	Chlorellas sp.	+	+	+	+
	Closterum monilipherum	+		+	
	Coelastrum letrapedia		+		
	corococcus				+

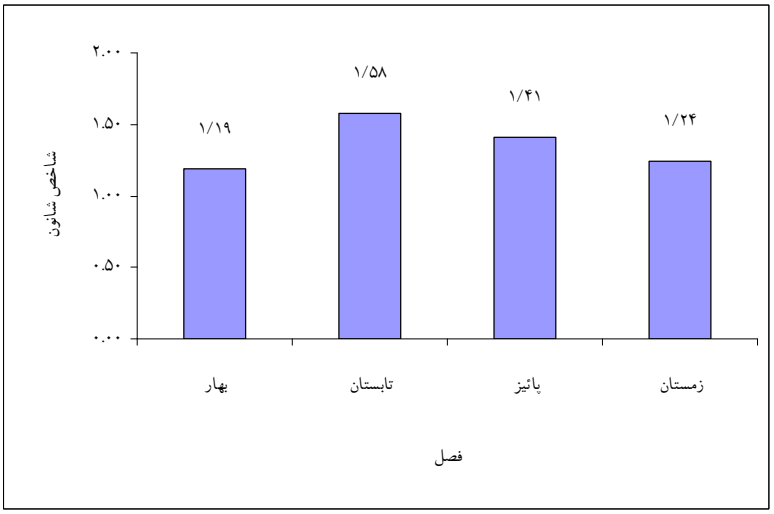
	Hualodiscus sphoerophorus		+		
	Oocystis borgi		+	+	
	Oocystis solitaria	+			+
	Pediastrum tetras	+			
	Scenedesmus quadricauda	+	+	+	+
	Schroderia sp.				+
	Staurastrum polymorphum		+	+	
	Tetraederon sp.		+		
	Tetraederon minimum			+	+
	جمع	**۸**	**۱۰**	**۷**	**۶**
Euglenophyta	*Euglena acus*		+		
	Trachelomonas planctoniea			+	
	جمع		**۱**	**۱**	

تنوع گونه‌ای در گروه Bacillariophyta به گونه‌ای بود که در فصول بهار، تابستان، پائیز و زمستان به ترتیب ۸، ۷، ۱۰ و ۹ گونه مشاهده گردید که تنوع آن‌ها در فصل پائیز بیش از سایر فصول بود. گروه Chrysophyta تنها دارای یک نماینده فیتوپلانکتونی بوده که در فصول تابستان و پائیز شناسایی گردید. گروه Pyrophyta نیز به ترتیب با ۶، ۶، ۱ و ۲ گونه در طی فصول بهار تا زمستان بوده درحالی‌که گروه Cyanophyta نماینده‌ای در فصل تابستان نداشته و در فصول بهار، پائیز و زمستان دارای ۲، ۵ و ۱ گونه بودند. همچنین گروه پلانکتونی به رنگ سبز یا Chlorophyta به ترتیب دارای ۸، ۱۰، ۷ و ۶ گونه طی فصول بهار تا زمستان در دریاچه پشت سد سنندج بوده و گروه Euglenophyta نیز تنها با دو گونه در طی فصل تابستان و پائیز مشاهده گردیدند. شاخص شانون در فصول مختلف متفاوت بود که بیشترین آن در فصل تابستان به میزان ۱/۵۸ و سپس به ترتیب پائیز ۱/۴۱، زمستان ۱/۲۴ و بهار ۱/۱۹، مشاهده شد (شکل ۲).

در ایستگاه ۱ در پائیز آب آلوده و در بقیه نمونه‌ها بار آلودگی جلبک متوسط بوده است. در ایستگاه ۲ نیز تنها در زمستان آب آلوده بود و در مابقی نمونه‌ها بار آلودگی متوسط بود. ایستگاه ۳ بار آلودگی در دو فصل تابستان و پائیز آلودگی کم و در دو فصل دیگر فاقد بار آلودگی بود. در ایستگاه ۴ در تمام فصل‌ها آب دریاچه فاقد آلودگی بوده است. در ایستگاه ۵ در تابستان آلودگی آب متوسط بود ولی در فصل‌های دیگر آب دریاچه فاقد آلودگی بوده است (جدول ۳).

جدول ۲. تعداد گونه‌های فیتوپلانکتونی شناسایی‌شده در فصول مختلف در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

گروه فیتوپلانکتون/ فصول	Bacillariophyta	Chrysophyta	Pyrophyta	Cyanophyta	Chlorophyta	Euglenophyta	جمع
بهار	۸		۶	۲	۸		۲۴
تابستان	۷	۱	۶		۱۰	۱	۲۵
پائیز	۱۰	۱	۱	۵	۷	۱	۲۵
زمستان	۹		۲	۱	۶		۱۸
جمع	۳۴	۲	۱۵	۸	۳۱	۲	



شکل ۲. نمودار شاخص شانون (H) فیتوپلانکتون در دریاچه پشت سد سنندج

جدول ۳: ضریب پالمر برای گونه‌های فیتوپلانکتونی شناسایی‌شده در فصول مختلف در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

فصل نام ایستگاه	بهار	تابستان	پائیز	زمستان
ایستگاه ۱	**۱۱**	**۱۵**	**۱۸**	**۱۱**
ایستگاه ۲	**۸**	**۱۴**	**۱۳**	**۲۱**
ایستگاه ۳	**۱۰**	**۱۱**	**۳**	**۱۴**
ایستگاه ۴	**۷**	**۱**	**66**	**۸**
ایستگاه ۵	**۱۰**	**۱۴**	**۹**	**۱۰**

*بر اساس ضریب آلودگی پالمر، عدد ۱۰-۰ نشان‌دهنده آب‌های فاقد آلودگی و ۱۵-۱۰ آلودگی متوسط، ۲۰-۱۵ آلوده و ۲۰ به بالا نشان‌دهنده آلودگی بالا می‌باشد.

بحث

جلبک‌ها تولیدکنندگان اصلی مواد آلی در محیط‌های آبی بوده و بخش مهمی از زنجیره غذایی موجودات آبزی و ماهی‌ها را تشکیل می‌دهند، لذا بخش عمده‌ای از تولیدات آبزیان مستقیماً وابسته به وجود آن‌ها است. همچنین جلبک‌ها به‌واسطه عمل فتوسنتز و متصاعد نمودن اکسیژن، محیط اطراف خود را اکسیژنه نموده و برای حیات آبزیان مساعد نموده و به‌عنوان شاخص کیفیت آب به‌کار می‌روند (Anneville *et al.,* 2004). بعضی گونه‌ها در آب‌های یوتروف بالا فعالیت و رشد می‌کنند درحالی‌که بعضی دیگر نسبت به مواد زائد شیمیایی یا آلی، خیلی حساس هستند. رشد بیش از حد جلبک‌ها می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی در منابع آب و بهره‌برداری از یک تصفیه آب سطحی نظیر طعم، بو، رنگ، ایجاد سمیت، گرفتگی صافی، تجمع لجن بیولوژیک در روی تأسیسات، خوردگی تأسیسات، تشکیل تری هالومتان‌ها و تداخل با دیگر فرایندهای تصفیه آب شود (István*ovics et al.,* 2002). با توجه به اینکه نوسانات تعداد گونه در دریاچه سد آزاد در کل سال محدود است و همین گونه‌های موجود نیز در فصول مختلف با یکدیگر جایگزینی متوالی ندارند و در هر فصل تقریباً گونه‌های مشابه و در کل دوره در هر فصل بین ۲۵-۱۸ گونه مشاهده می‌شود که تنها می‌تواند تغییرات دمایی (احتمالاً همبستگی دمایی) چنین تفاوت تفاوت‌هایی را به‌وجود آورد (Simon, *et al.,* 2009).

از بررسی‌های مهم در مطالعه جوامع مختلف فیتوپلانکتونی، تعداد گونه‌های مورد مشاهده در زمان‌های متفاوت در طول سال است. در دریاچه سد آزاد در طول دوره بیشترین تعداد گونه مشاهده‌شده در یک فصل مربوط به فصول تابستان و پائیز است که هرکدام از گروه‌ها با ۲۵ گونه مورد شناسایی قرار گرفتند. درحالی‌که در فصل زمستان کمترین تعداد گونه به تعداد ۱۸ عدد بوده است. همچنین بررسی جلبک‌ها (فیتوپلانکتون‌ها) در سد آزاد سنندج نشان می‌دهد که شاخص تنوع زیستی در فصول مختلف متفاوت بوده است و با مقایسه نمودارها ملاحظه می‌گردد که در فصل زمستان ۱/۲۴ و بهار ۱/۱۹ با گل‌آلودگی آب و بالا رفتن کدورت آب، از تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌ها کاسته می‌شود و در فصل تابستان با افزایش دما، با افزایش تنوع زیستی ۱/۵۸ آن‌ها روبرو می‌شود . بررسی فصلی تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون ها مشخص نمود که در فصول بهار، تابستان، پائیز و

زمستان به ترتیب ۲۳، ۲۵، ۲۵ و ۱۸ گونه و شاخص شانون به ترتیب ۱/۵۸، ۱/۴۱، ۱/۲۴ و ۱/۱۹ به ثبت رسیده که بیشترین تنوع گونه‌ای و نیز شاخص شانون مربوط به فصل تابستان و پائیز بود. فیتوپلانکتون‌هایی که به‌عنوان شاخص آب‌های تمیز گزارش‌شده‌اند شامل: *Melosira*، *Cyclotella* و گونه‌های *Dinobryon* هستند که در این پروژه جنس‌های *Cyclotella* *Dinobryon* از جمعیت چشمگیری برخوردار بوده‌اند درحالی‌که گونه‌های *Nitzchia palea, Microcystis aerugiongosa, Aphanizomenon flos- aquae* که به‌عنوان شاخص آب‌های آلوده معرفی‌شده‌اند نیز در این مطالعه مشاهده نشده‌اند. دو گونه *Microcystis aerugiongosa, Aphanizomenon flos- aquae* به بلوم‌های سمی و حالت‌های سمی و حالت‌های آنوکسی مربوط هستند. آن‌ها با بلوم‌های مضر در آب‌های آلوده ارتباط دارند که بوها و طعم‌های ناهنجار تولید می‌کنند.

پلانکتون‌ها به دلیل چرخه کوتاه زندگی‌شان سریعاً به تغییرات زیست‌محیطی واکنش نشان می‌دهند و به همین دلیل فراوانی و ترکیب گونه‌ای پلانکتون‌ها، در نشان دادن کیفیت آبی که در آن مشاهده می‌گردند، قابل‌توجه است. آن‌ها نه‌تنها قویاً بر جنبه‌های غیر بیولوژیک معین کیفیت آب‌ها (مانند pH، رنگ، بو و مزه)، تأثیر می‌گذارند بلکه در یک مفهوم علمی، بخشی از کیفیت آب‌ها هستند. به‌هرحال اعتبار یا دقت پلانکتون‌ها به‌عنوان شاخص کیفیت آب، ممکن است به دلیل طبیعت ناپایدار و توزیع ناهماهنگ آن‌ها، محدود شود. ازآنجایی‌که سد آزاد سنندج از رودخانه تغذیه می‌گردد، شرایط رودخانه و بار رودخانه به‌طور مستقیم بر روی شرایط فیتوپلانکتون سد تأثیرگذار است (Wan Maznah *et al.,* 2000).

بر اساس اعداد به‌دست‌آمده در این مطالعه سه مورد آلودگی جلبکی در ایستگاه‌های ۱ و ۲ مشاهده شد. که میزان آلودگی جلبکی در زمستان بالا بود و در سایر نمونه‌ها آلودگی نسبتاً پایین و شرایط برای آبزی‌پروری مناسب بوده است. گونه‌های جلبکی مقاوم به آلودگی در بهبود رودخانه‌ها و دریاچه‌ها بسیار مهم هستند زیرا آن‌ها در مدتی که فتوسنتز می‌کنند، اکسیژن دهنده آب و ترکیب‌کننده مواد الی و غیر آلی در سلول‌های خودشان بوده و بدین ترتیب پاک‌کننده آلودگی آب هستند. کمیت و کیفیت فیتوپلانکتون‌ها شاخص‌های خوبی برای تعیین کیفیت آب محسوب می‌شوند (Lobban *et al.,* 1988).

در بررسی شاخص آلودگی ایستگاه ۱ نشان داد، بیشترین میزان شاخص آلودگی ۱۸ با بار آلودگی متوسط و در ایستگاه ۲ نیز بیشترین بار آلودگی در زمستان بود. در ایستگاه‌های ۳ و ۴ بار آلودگی کم بود و درنهایت ایستگاه ۱ بیشترین میزان شاخص آلودگی و ایستگاه ۴ کمترین میزان را داشته‌اند.

توصیه ترویجی

باید در نظر داشت که حتی بلوم یک گونه سمی می‌تواند پتانسیل خطر بالایی داشته باشد. درمجموع آب دریاچه پشت سد آزاد سنندج جزو آب‌های تمیز محسوب می‌گردد و نه تنها گونه‌های جلبک شاخص آب‌های آلوده در این اکوسیستم مشاهده نشد بلکه گونه‌های نشانگر آب‌های پاک نیز شناسایی شد و به دلیل عدم وجود گونه‌های مضر و نیز حضور گونه‌های مفید، شرایط فیتوپلانکتون جهت ماهی‌دار نمودن سد آزاد سنندج مساعد می‌باشد.

منابع

۱- میرزاجانی، ع.، عباسی، ک.، سبک آرا، ج.، مکارمی، م.، عابدینی، غ؛ و بورانی، م. ۱۳۹۱. لیمنولوژی دریاچه الیگو - مزوتروف تهم در استان زنجان، مجله زیست‌شناسی ایران جلد ۲۵ .شماره ۱، صفحات ۸۹-۷۴.

2- Anneville, O., Souissi, S., Gammeter, S. and Straile, D., 2004. Seasonal and inter□ annual scales of variability in phytoplankton assemblages: comparison of phytoplankton dynamics in three peri□alpine lakes over a period of 28 years. *Freshwater Biology*, *49*(1), pp.98-115.

3- APHA, S., 2005. Standard Methods. *American Public Health association*.Washington, DC 2005, USA. 346 p.
4- Istvánovics, V., Somlyódy, L. and Clement, A., 2002. Cyanobacteria-mediated internal eutrophication in shallow Lake Balaton after load reduction. *Water Research*, *36*(13), pp.3314-3322.
5- Kromkamp, J. and Underwood, G.J.C., 1999. Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries. Advances in Ecological Research 29: 93-153.
6- Lobban, C.S., Chapman, D.J. and Kremer, B.P., 1988. *Experimental Phycology: A laboratory Manual*. Press Syndicate 1998. University of Cambridge, 47-55.
7- Moisan, T.A., Rufty, K.M., Moisan, J.R. and Linkswiler, M.A., 2017. Satellite observations of phytoplankton functional type spatial distributions, phenology, diversity, and ecotones. *Frontiers in Marine Science*, *4*, p.189.
8- Newell G.E. and Newell, K.C., 1977. Marine plankton. Hutchinson and Co., London, U.K. 242p.
9- Njiru, M., Kazungu, J., Ngugi, C.C., Gichuki, J. and Muhoozi, L., 2008. An overview of the current status of Lake Victoria fishery: Opportunities, challenges and management strategies. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, *13*(1), pp.1-12.
10- Palmer, C.M. 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology*, *5*(1), pp.78-82
11- Rakaj, M., 2010. Biological water quality of lake Shkodra based on the diatoms and cyanobacteria bioindicator species. *Book of papers, BALWOIS*.
12- Richmond, A., 1994.Handbook of microalgal culture biotechnology and applid phycology. Blackwell publishing. 566p
13- Shannon, C.E. and Weaver, W., 1963. The Mathematical Theory of Communication. *University of Illinois Press*, Urbana. 117 p.
14- Simon, N., Cras, A.L., Foulon, E. and Lemée, R., 2009. Diversity and evolution of marine phytoplankton. *Comptes Rendus Biologies*, *332*(2-3), pp.159-170.
15- Wan Maznah, W.O. and Mansor, M., 2000. Periphytic algal composition in Pinang River Basin, a case study on one of the most polluted rivers in Malaysia. *Journal of Bioscience*, *11*(1), pp.53-67.
16- Žutinić, P., 2014. Phytoplankton as a biological predictor in assessment of the ecological status of karstic lakes (case study – NP Plitvice lakes). PhD Thesis, University of Zagreb, Zagreb [available on internet at http://digre.pmf.unizg.hr/2533/].