مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی
دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰

آلودگی‌های رودخانه و سد ارس: فعالیت‌های انسانی یا تغییرات آب و هوایی

فریدون محبی*، مسعود صیدگر، علی نکوئی فرد

مرکز تحقیقات آرتمیای کشور، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

نویسندهٔ مسئول: mohebbi44@gmail.com

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۸ تاریخ انتشار:۱۴۰۱/۴/۲۱

چکیده

سد ارس در سال ۱۳۵۰ در خط مرزی ایران و آذربایجان بر روی رودخانهٔ ارس احداث‌شده است. این سد یکی از بزرگ‌ترین سدهای مخزنی کشور بوده و ازنظر شیلاتی، تأمین آب آشامیدنی، کشاورزی و تفریحی اهمیت حیاتی برای منطقه و کشور دارد. هدف از این مطالعه، مروری بر آلودگی‌های سد ارس و پدیدهٔ شکوفایی فیتوپلانکتونی در این اکوسیستم آب شیرین است. مهم‌ترین منابع آلودگی سد ارس، فعالیت‌های انسانی نظیر کشاورزی (استفاده بیش‌ازاندازه از کود و سموم کشاورزی)، توسعهٔ شهرها (عدم وجود سیستم تصفیهٔ فاضلاب)، تغییرات آب و هوایی و گرم شدن کرهٔ زمین است. ورود مقادیر بالایی از فسفر و نیتروژن باعث وقوع شکوفایی جلبک‌های مضر در این سد مخصوصاً در فصول گرم و خشک سال می‌شود. سیانوباکتری‌های حاصل از این شکوفایی‌ها علاوه بر تأثیر منفی بر طعم، بو، مزهٔ آب و کاهش تنوع گونه‌ای آبزیان سد، سمومی را تولید می‌کنند که اثرات کشنده‌ای بر روی انسان و آبزیان دارند. گونه‌های جلبکی ایجادکنندهٔ شکوفایی در سد ارس، میکروسیستیس بوتریس و پزدوآنابنا لیمنتیکا هستند. پایش مستمر و مداوم کیفیت آب سد و رودخانهٔ ارس ازنظر متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی باید در اولویت برنامه‌های مراکز پژوهشی و سازمان‌های مرتبط قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارس، آلودگی، فیتوپلانکتون، شکوفایی جلبکی، سیانوباکتری

مقدمه

رودخانهٔ ارس با طولی بالغبر ۱۰۷۲ کیلومتر در شمال کشور، به دریای خزر سرازیر شده و از بزرگ‌ترین رودخانه‌های موجود در کشور به شمار می‌آید. مخزن دریاچهٔ سد ارس که در سال ۱۳۵۰ بر روی این رودخانه احداث‌شده است به طول ۵۲

کیلومتر و عرض متوسط ۸ کیلومتر و عمق متوسط ۲۰ متر و مساحتی حدود ۱۴۵۰۰ هکتار را اشغال نموده و حجم کل آن یک‌میلیون و سیصد و پنجاه‌هزار مترمکعب است. سد ارس در مرز مشترک چهار کشور ایران، ارمنستان، نخجوان و ترکیه قرار دارد. دریاچهٔ سد ارس نقش مهمی ازنظر شیلاتی، تأمین آب آشامیدنی، کشاورزی و فعالیت‌های تفریحی در این ناحیه دارد. تولیدات آبزیانی نظیر ماهی و شاه‌میگوی دراز آب شیرین، به‌واسطهٔ وجود دریاچهٔ سد ارس و اقلیم مناسب رودخانه بسیار قابل‌توجه است (Mohebbi *et al*., 2016). سد ارس غنی از آبزیان بوده و شامل ۱۳ گونه و زیرگونه از انواع ماهیان شامل: ماهی کپور، سوف، ماش ماهی، فیتوفاگ، آمور، کلمه، اسبله، سیاه ماهی، ماهی هیبرید، سوف، سر گنده، کاراس و سیم می‌باشد. حال با توجه به موقعیت ممتاز و بی‌نظیر این سد و همچنین ظرفیت بالا و درخور توجه ازنظر کمی و کیفی انواع ماهیان موجود در این سد، می‌توان این سد را به‌عنوان بانک ژن طبیعی برای آبزیان منطقه شمال غرب کشور در نظر گرفت.

طی فصل صید سال ۱۳۹۶ مقدار ۱۸۷۰ تن از انواع ماهیان در دریاچهٔ سد ارس توسط دو شرکت تعاونی پره صید گردید که از این مقدار ماهی سیم با میزان صید ۹۲۹ تن (معادل ۴۹/۷ درصد) ماهی کاراس با میزان صید ۴۴۱ تن (معادل ۲۳/۶٪) ماهی کلمه با مقدار صید ۲۳۹ تن (معادل ۱۲/۸٪) و سایر ماهیان ازجمله کپور، سوف، فیتوفاگ، ماش و اسبله مجموعاً با میزان صید ۲۶۱ تن (معادل ۱۳/۹ درصد) در ترکیب صید حضورداشته‌اند (غنی نژاد، ۱۳۹۶). همچنین حدود ۱۸۰۰ تن از انواع ماهیان نیز به‌صورت غیرقانونی و عمدتاً به‌وسیله دام گوشگیر و برای ماهی کلمه با استفاده از پره‌های ریز چشمه، صید گردیده است (غنی نژاد، ۱۳۹۶). ترکیب گونه‌ای صید نسبت به دهه‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ تغییر کرده و ماهی کلمه ۲۳/۳ درصد از صید کل را به خود اختصاص داده است (غنی نژاد، ۱۳۹۶). قسمت قابل‌توجهی از صید به‌عمل‌آمده از ماهیان کوچک و غیراستاندارد گونه‌های کلمه، کاراس و سیم تشکیل یافت است (غنی نژاد، ۱۳۹۶). در طی فصل صید ۱۴۰۰-۱۳۹۹ حدود ۳۷۰۰ تن انواع ماهیان استخوانی از دریاچهٔ پشت سد ارس شهرستان پلدشت صیدشده که ۲۵ درصد آن توسط حدود ۳۶۰ نفر صیاد عضو تعاونی‌های ۱۸، ۱۹ و ۷۵ درصد آن نیز توسط صیادان غیرمجاز صیدشده است. این میزان در مقایسه با مدت مشابه سال گذشته ۱۰۰ تن افزایش‌یافته و گونه‌هایی که در این دریاچه صید می‌شوند شامل سوف، کپور، آمور، بیگ هد، فیتوفاک و سیم برگ هستند (https://www.ilna.news).

طبق سالنامهٔ آماری شیلات ایران (۱۴۰۰) میزان تولید شاه‌میگوی آب شیرین در سد ارس در سال‌های ۱۳۹۴ الی ۱۳۹۹ به ترتیب ۶۸، ۵۵، ۳۰، ۵/۵، صفر و صفر تن بوده است. با توجه به شرایط بحرانی دریاچه در سال ۱۴۰۰ نیز هیچ‌گونه صیدی در این سال انجام نگرفته است. لازم به ذکر است نتایج آخرین پروژه انجام‌یافته در مرکز تحقیقات آرتمیای کشور با عنوان ارزیابی ذخایر شاه‌میگوی سد ارس که توسط محسن‌پور آذری (۱۳۹۸) به‌دست آمد منجر به قطع صدور مجوز برداشت این‌گونه ارزشمند صادراتی از دریاچهٔ سد ارس شد. طرحی با چهار زیرپروژه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ جهت ارزیابی امکان پرورش ماهی در قفس در سدهای استان با حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان و با اجرای مرکز تحقیقات آرتمیای کشور انجام گرفت. نتایج این مطالعه در سد ارس نشان داد که با توجه به ظرفیت برد اکولوژیکی امکان توسعهٔ آبزی‌پروری در قفس در این سد امکان‌پذیر نبوده و می‌تواند منجر به تخریب شدید اکوسیستم و درنتیجه از دست دادن شغل ساکنان بومی شاغل در تعاونی‌های صید و صیادی و کشاورزان منطقه گردد.

یکی از مهم‌ترین تهدیدات اکولوژیکی و آلودگی زیست‌محیطی در سد ارس استفادهٔ بیش‌ازحد استاندارد کودها و سموم کشاورزی در زمین‌های اطراف سد می‌باشد. این کودها در اثر رواناب‌های کشاورزی شسته شده و وارد سد می‌شوند. درنتیجه بار فسفر و نیتروژن آب را بالا می‌برند (حسنی و همکاران، ۱۳۹۹). افزایش فسفر و نیتروژن همراه با بالا رفتن دمای آب و کاهش سطح آب در فصل گرم و خشک سال (تابستان و اوایل پاییز) باعث بروز پدیدهٔ شکوفایی سیانوباکتری‌ها در سد می‌شود. تغییر اقلیم و گرم شدن کرهٔ زمین اثری افزایشی بر این پدیده داشته و طول مدت و شدت آن را بالا می‌برد. دومین آسیب اکولوژیکی سد ارس ورود فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی بدون تصفیه شدن به داخل سد می‌باشد. بزرگ‌ترین فاضلاب شهری و صنعتی از شهر نخجوان در آن‌سوی مرز وارد ارس می‌شود (محسن‌پور آذری، ۱۳۹۶). این فاضلاب‌ها حاوی

فسفر، نیتروژن و فلزات سنگین هستند و باعث افزایش غلظت این عناصر در آب می‌شوند. بالا رفتن این‌گونه عناصر باعث وقوع شکوفایی جلبک‌های مضر و آسیب به آبزیان ارس می‌گردد.

۱-شاه‌میگو و اشتغال

شاه‌میگوی آب شیرین ارس منحصراً به کشورهای خارجی صادر می‌شود و دارای ارزش ارزآوری برای کشور است. در سال‌های قبل این سد دارای ۲ تعاونی صید و صیادی و ۷۰۰ نفر اشتغال مستقیم و ۱۱۰۰ نفر اشتغال مستقیم و غیرمستقیم و برای صید ماهی و ۵ شرکت بهره‌برداری شاه‌میگوی آب شیرین بود که سالیانه حدود ۲۰۰۰ تن ماهی به‌صورت قانونی صید می‌گردید. هم‌اکنون تنها ۲ تعاونی صید و صیادی ۱۸ و ۱۹ با تعداد شاغل حدود ۳۶۰ نفر در این سد مشغول فعالیت هستند و به علت مشکلات موجود برای شاه‌میگو هرگونه فعالیت صید و صیادی این‌گونه غیرفعال شده است (محسن‌پور آذری، ۱۳۹۸).

۲-فلزات سنگین

سازمان حفاظت محیط‌زیست در سال ۱۳۹۹ خسارت‌های زیست‌محیطی آلودگی آب رودخانهٔ ارس را بررسی کرد. آنها ۵۹ فلز در آب و ۶۱ فلز در رسوبات رود از مسیر روستای جانانلو تا نوردوز را شناسایی و تعیین کردند. فلزات شناسایی‌شده منطبق با فلزات تراوش شده از معدن مس و مولیبدن آگاراک ارمنستان می‌باشد. غلظت آلومینیوم بالاتر از میزان بهداشتی و زیست‌محیطی و بالاتر از استاندارد کشور می‌باشد. غلظت منگنز نیز بالاتر از استانداردهای ایران است. نکتهٔ مهم بالا بودن میزان سرب در آب رودخانه است که خطراتی را ازنظر آشامیدن و شیلات ممکن است ایجاد نماید. همچنین به‌وضوح افزایش غلظت در خصوص فلزاتی مانند آلومینیوم، آرسنیک، بور، مس، مولیبدن، سرب و سولفور دیده‌شده است (قمری و همکاران، ۱۳۹۲؛ سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۹). در این مطالعه افزایش وانادیم (حداکثر ۵۹ میکروگرم بر لیتر) قابل‌مشاهده است. این فلز دارای خاصیت تجمعی است و می‌تواند دارای اثرات زیستی بر روی گیاهان و جانوران رودخانهٔ ارس باشد که جای بررسی دارد. با توجه به نکات فوق، بررسی و پایش آثار فلزات سنگین بر روی سلامتی آبزیان رودخانه و سد ارس ضروری است.

دوستدار و همکاران (۱۳۹۷) غلظت برخی فلزات سنگین را در ماهیان رود ارس بررسی کردند. در این بررسی میزان برخی فلزات سنگین (مس، مولیبدن، آرسنیک و جیوه) در ماهیان رودخانهٔ ارس در چهار ایستگاه (از شهرستان جلفا تا ۲۵ کیلومتر بعد از مرز نوردوز) طی فصل‌های تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۴ و بهار ۱۳۹۵ تعیین شد. تعداد ۳۸ نمونه از ماهی‌های رودخانه به‌وسیلهٔ الکتروشوکر و تور سالیک صید شدند. میزان فلزات سنگین با استفاده از یک دستگاه جذب اتمی در بافت عضلهٔ ماهی‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین فاکتور تجمع زیستی برای هرکدام از گونه‌ها محاسبه شد. نتایج نشان داد فاکتور تجمع زیستی برای فلز مولیبدن بالاترین و فلز آرسنیک کمترین مقدار را دارا می‌باشد. بیشترین غلظت مس در سس ماهی کورا با میانگین ۱۳/۶±۱۱/۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک و برای عنصر مولیبدن در ماهی خیاطه با میانگین بیشترین غلظت ۱۱/۷±۴/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک نشان داده‌شده است. میانگین غلظت جیوه ۱۳/۱±۱/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک در ماهی مروارید بیشترین بوده است. درخصوص عنصر آرسنیک نیز ازآنجایی‌که در تعداد معدودی از ماهیان آنالیز گردید بیشترین غلظت در ماهی خیاطه ثبت گردید. رامین و همکاران (۱۳۹۶) غلظت برخی فلزات سنگین را در آب رود ارس بررسی کردند. این مطالعه به کیفیت آب رودخانهٔ ارس بر اساس برخی فلزات (مولیبدن، مس، آرسنیک و جیوه) در چهار ایستگاه (از شهرستان جلفا تا ۲۵ کیلومتر بعد از مرز نوردوز) طی چهارفصل در سال ۹۵-۱۳۹۴ پرداخته است. برای این منظور تعداد ۳۲ نمونه آب و رسوبات سطحی جمع‌آوری شد. میزان فلزها در نمونه‌های آب و رسوبات پس از آماده‌سازی

(استخراج و عمل هضم) به‌وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغییرات غلظت فلزات مولیبدن، مس، جیوه و آرسنیک در آب به ترتیب برابر ۲۳/۰۱-۰/۱۰، ۰/۳-۰/۰۴، ۰/۸۱-۰/۰۲ و ۱۰۴/۶-۲۳/۷ میکروگرم بر لیتر (ppb) و رسوبات رودخانهٔ ارس ۱۱۱/۶-۰/۱، ۴۸۲/۵-۱۷/۵، ۰/۱۴۵-۰/۰۰۰۱ و ۳۰۳/۶-۴۶/۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. نتایج نشان داد که آب رودخانهٔ ارس بر طبق میانگین غلظت عنصر مس در کلاس III (آلودگی متوسط) قرار داشت. غلظت عنصر مولیبدن آب در بیشتر فصول کمتر از حد مجاز بود. آب رودخانهٔ ارس بر طبق میانگین غلظت عنصر جیوه و آرسنیک به ترتیب در کلاس IV وII قرارگرفته است. حداکثر غلظت عنصر مولیبدن و مس در رسوبات در تمام فصول در ایستگاه‌های ۳ و ۴ ثبت گردید که احتمالاً به دلیل تخلیهٔ فاضلاب‌های معادن حاوی مولیبدن، طلا و سایر فلزات کشور ارمنستان در ایستگاه ۳ بوده است. غلظت آرسنیک در رسوبات از استانداردهای بین‌المللی مانند WHO بیشتر بوده است اما غلظت جیوه کمتر ثبت گردید.

۳-شکوفایی جلبکی

فیتوپلانکتون‌ها گروهی از جلبک‌های فتوسنتزکنندهٔ شناور در آب هستند که نقش مهمی در تأمین مواد غذایی و اکسیژن برای سایر جانداران، تثبیت مواد زائد نیتروژن‌دار و تثبیت دی‌اکسید کربن دارند. 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 قابل‌استفاده است. جوامع فیتوپلانکتونی نشان‌دهندهٔ تغییرات محیطی بلندمدت و کوتاه‌مدت در اکوسیستم‌های آبی می‌باشند. رشد و تکثیر فیتوپلانکتون‌ها بستگی به دینامیک آب، مقدار و طیف نور و نیز قابلیت دسترسی مواد غذایی دارد. فیتوپلانکتون‌ها کمتر از ۱٪ از تودهٔ زندهٔ فتوسنتزی روی کرهٔ زمین را شامل می‌شوند ولی بااین‌حال مسئول حدود ۵۰٪ از تولید اولیهٔ خالص جهانی و منبع انرژی اولیه برای اکوسیستم‌های آبی هستند (Van de Waal and Litchman, 2020).

اکوسیستم‌های آب شیرین دارای اهمیت زیادی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر کشور ما هستند. آنها آب آشامیدنی شهرها و روستاها، آب کشاورزی و صنایع را فراهم می‌آورند بنابراین پایش کیفیت آنها از اهمیت حیاتی برخوردار است. تعیین جمعیت فیتوپلانکتون‌ها می‌تواند به‌عنوان شاخصی از کیفیت آب باشد. از طرف دیگر، با توسعهٔ شهرنشینی، صنعت و کشاورزی، یوتریفیکاسیون به‌عنوان تهدیدی علیه کیفیت آب‌های شیرین در بسیاری از دریاچه‌های طبیعی و پشت سدها ظاهرشده است (Qin *et al*., 2019). درصورتی‌که آب این سدها جهت تأمین آب شرب شهرهای مجاور مورداستفاده قرار گیرند، شکوفایی جلبک‌های مضر حاصل از یوتریفیکاسیون آب ممکن است مشکلات جدی نظیر بو و طعم نامطبوع آب یا حتی صدمه به سیستم‌های تصفیه آب را پدید آورد. برای مثال، در سال ۲۰۰۷ یک شکوفایی شدید، تصفیه‌خانهٔ آب آشامیدنی دریاچهٔ تایهو چین را به مدت یک هفته از کار انداخت (Qin *et al*., 2019).

بررسی تأثیر تغییرات آب و هوایی و عوامل فیزیکی و شیمیایی آب سد ارس بر اجتماعات فیتوپلانکتونی آن توسط گل محمدیان و همکاران (۱۴۰۰) نشان می‌دهد که دمای هوا بیشترین سهم را در تغییرات غلظت کلروفیل a دارد. نتایج این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که الگوی جوامع فیتوپلانکتونی به‌سوی غلبهٔ نسبی سیانوباکتری‌ها در تمام فصول سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۷ که سیانوباکتری‌ها فقط در اواخر تابستان و اوایل پاییز غالب بودند، در حال تغییر است. به نظر می‌رسد تغییرات الگوی دما و بارش منطقه را می‌توان از عوامل اصلی تأثیرگذار در ارتباط با این تغییر به شمار آورد. مطالعهٔ انجام‌شده توسط محبی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی تغییرات جمعیت فیتوپلانکتون‌های سد ارس نشان می‌دهد که سیانوباکتری‌ها در فصل تابستان در این سد غالب شده‌اند که این امر در اثر افزایش دما و ورود پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های تصفیه نشده به درون آب است، به‌طوری‌که شاخص تنوع گونه‌ای در فصل تابستان پایین‌تر از فصول دیگر بوده است. بررسی جمعیت فیتوپلانکتون‌های سد ارس نشان داده است که حدود ۷۴ درصد از تراکم جلبکی سد مربوط به سیانوباکتری‌ها و

Pseudanabaena limnetica گونهٔ غالب و ایجادکنندهٔ شکوفایی جلبکی در این سد بوده است (Mohebbi *et al*., 2016). سیانوباکترها غالبیت خود را در تمام طول سال حفظ کردند که این مطلب نشان‌دهندهٔ کیفیت پایین آب و بار بالای مواد غذایی آن می‌باشد و علت عمدهٔ آن فعالیت‌های انسانی نظیر کشاورزی، توسعهٔ شهرنشینی و تغییرات آب و هوایی است. همچنین شاخص حالت تروفیک (TSI) نشان داد که آب سد ارس هیپر یوتروف می‌باشد. مقایسهٔ مطالعهٔ فوق بامطالعهٔ قبلی (محبی و همکاران، ۱۳۹۱) نشان می‌دهد که الگوی شکوفایی جلبکی در سد ارس از فصل گرم به‌طرف طول کل سال تغییریافته است که علاوه بر آلودگی در سطح حوزهٔ آبریز به علت فعالیت انسانی، می‌توان آن را به گرم شدن زمین و تغییرات آب و هوایی نسبت داد.

عسل‌پیشه و منافی‌فر (۱۳۹۶) جوامع فیتوپلانکتونی دریاچهٔ سد مهاباد، سد حسنلو و تالاب یادگارلو از حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه را موردبررسی قراردادند. نتایج این مطالعه نشان داد که جلبک‌های تاژک‌دار و سیانوباکترها به علت مقاوم بودن در برابر چرای زئوپلانکتون‌ها و شرایط خشک بیشتر دیده می‌شوند. همچنین وجود جلبک میکروسیستیس در سد مهاباد نشانگر یوتروف بودن آب است که ممکن است در اثر ورود پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌ها غالب شده باشد. Rahmani و همکاران (۲۰۱۳) اثر فعالیت کشاورزی و گردشگری را بر روی حالت تروفی دریاچهٔ زریوار مریوان (کردستان) موردمطالعه قراردادند. آنها دریافتند که تنوع جمعیت فیتوپلانکتونی دریاچه تحت تأثیر مواد مغذی ورودی مخصوصاً فسفر قرار دارد. آنها همچنین نتیجه گرفتند که عامل اصلی شرایط یوتروفی در دریاچهٔ زریوار مقادیر بالای نیتروژن و فسفر موجود در پساب‌های کشاورزی است. بر اساس مطالعات انجام‌شده مهم‌ترین گونه‌های جلبکی ایجادکنندهٔ شکوفایی در سد ارس میکروسیستیس بوتریس و پزدوآنابنا لیمنتیکا هستند که گونهٔ اول با به هم چسبیدن به یکدیگر و شناور شدن باعث ایجاد تودهٔ ضخیم و لزج در سطح و داخل آب سد و دومین گونه باعث کاهش شفافیت آب می‌شود. باید ذکر کرد که الگوی ایجاد شکوفایی جلبکی در سد ارس ثابت نبوده و ممکن است از سالی به سال دیگر تغییر کند. به‌عبارت‌دیگر یک سال ممکن است یک‌گونهٔ خاص ایجاد شکوفایی نماید و در سال بعد گونهٔ دیگری جایگزین آن شود؛ بنابراین پایش مداوم و دائمی سد ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

۴-شرایط موجود و آلودگی

درواقع پدیدهٔ مضر شکوفایی جلبکی از دههٔ ۱۹۸۰ در سطح جهانی افزایش‌یافته است. افزایش خشک‌سالی‌های درازمدت که اغلب بارش‌های سنگین به دنبال دارد در تشدید این پدیده مؤثر است. به‌این‌ترتیب که فرسایش خاک افزایش‌یافته و مواد غذایی بیشتری را از زمین‌ها وارد محیط‌های آبی اطراف می‌کند. تأثیرات متقابل تمام این عوامل، شرایط مستعدی را برای شکوفایی جلبکی ایجاد می‌کند. اگر تغییرات آب و هوایی کنترل نشود، شکوفایی جلبکی در امتداد سواحل و دریاچه‌ها قابل انتظار خواهد بود و این بدان معناست که تغییرات اقلیمی نه تنها بر میزان ذخایر آب تأثیر گذاشته و باعث ایجاد خشک‌سالی می‌شود بلکه بر کیفیت آن نیز تأثیر خواهد گذاشت. در دوران پاندمی کرونا میزان و شدت وقوع شکوفایی جلبکی سیانوباکتر در سد ارس افزایش داشته است که یکی از دلایل آن افزایش ورود مواد شوینده به داخل آب و افزایش مصرف آب خانگی برای نظافت بوده است (Rad and Golkar., 2021).

۵-منابع اصلی آلوده‌کننده

ارمنستان در نزدیکی ارس معادن مس و مولیبدن دارد که پساب آنها را به ارس هدایت می‌کند. آلایندگی ارس از جانب ارمنستان از نوع فلزات سنگین مس و مولیبدن است و با توجه به اینکه فلزات سنگین حالت تجمعی دارند و از بین نمی‌روند، در خاک و به‌تبع آن در گیاهان و بدن موجودات زنده رسوب می‌کند و به بدن انسان منتقل می‌شود. با توجه به این مطلب نیاز به رفع هر چه سریع‌تر مشکل آلودگی ارس از جانب کشور همسایه وجود دارد. تغییرات اقلیم و فعالیت‌های انسانی

(توسعه کشاورزی و شهرنشینی) از مهم‌ترین منابع تولید فسفر و نیتروژن بوده که ورود آنها به سد ارس باعث وقوع شکوفایی سیانوباکتری‌های مضر می‌گردد.

توصیهٔ ترویجی

بالا بودن غلظت فلزات سنگین در رودخانهٔ ارس چالش‌های بهداشتی و سلامتی استفاده از آب ارس را برای مصارف آشامیدنی و کشاورزی با چالش مواجه می‌کند. مدیریت کیفیت آب مستلزم به‌کارگیری روش‌های پیشگیرانه در سطح حوزهٔ آبریز ارس است و بنابراین با توجه به مرزی بودن سد ارس پایش آن توسط کشورهای ذینفع ضروری است و این امر مستلزم همکاری بین کشورهای هم‌مرز است. به‌علاوه توصیه می‌گردد با توجه به ثابت نبودن الگوی ایجاد شکوفایی جلبکی در سد ارس، پایش مداوم و دائمی سد مدنظر قرار گیرد. کاهش ورودی مواد غذایی به محیط‌های آبی از اهمیت حیاتی برخوردار است. با تصفیهٔ مؤثرتر پساب‌ها، روش‌های بهتر کشاورزی، محافظت بیشتر از تالاب‌هایی که به‌عنوان فیلترهای طبیعی مواد غذایی عمل می‌کنند و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک می‌توان ورود مواد غذایی به محیط‌های آبی را کاهش داد. زمانی که رسوبات انباشته می‌شوند باید جمع‌آوری شوند تا وارد محیط‌های آبی پر از مواد غذایی نشوند. این روش هرچند دشوار و پرهزینه بوده اما امکان‌پذیر است.

تشکر و قدردانی

از حمایت‌های موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور تشکر می‌شود.

منابع

۱- حسنی، م.ح.، ترابیان، ع.، جاوید، ا. ح. و امینیان، ف.، ۱۳۹۹. بررسی اثرات کودهای شیمیایی بر آبخوان دشت هشتگرد. پایداری، توسعه و محیط‌زیست، دوره اول، شماره ۲. صفحات ۹۷-۸۷.

۲- دوستدار، م.، رامین، م.، نصرالله زاده، ح.، افرایی، م. ع. و رحمتی، ر.، ۱۳۹۷. بررسی و تعیین میزان برخی عناصر فلزی در ماهیان رودخانهٔ ارس در محدودهٔ استان آذربایجان شرقی (۹۵-۱۳۹۴). مجلهٔ علمی شیلات ایران، جلد ۲۷، شماره ۳، صفحات ۴۹-۴۱.

۳- رامین، م.، نصراله زاده ساروی، ح.، دوستدار، م.، قاسمی، ح.، پوررنگ، ن. و بنی‌اعمام، م.، ۱۳۹۶. بررسی و تعیین میزان فلزات (Mo، Cu، Hg و As) در آب و رسوب رودخانهٔ ارس در محدودهٔ استان آذربایجان شرقی. پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۳. صفحات ۸۳-۷۳.

۴- سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۹. مستندسازی خسارت‌های بهداشتی- زیست‌محیطی آلودگی آب رودخانهٔ ارس با تأکید بر بازهٔ مرزی ارمنستان. گزارش پیشرفت کار طرح پژوهشی، ۲۴ صفحه.

۵- سالنامهٔ آماری شیلات، ۱۴۰۰. رجبعلی قربان‌زاده ، سلطان نظری. سازمان شیلات ایران. معاونت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع، دفتر برنامه‌ریزی و بودجه، گروه برنامه‌ریزی و آمار. ۶۴ صفحه.

۶- عسل‌پیشه، ز. و مناف‌فر، ر.، ۱۳۹۶. بررسی جوامع فیتوپلانکتونی دریاچهٔ سد مهاباد، سد مخزنی حسنلو(شورگل) و تالاب یادگارلو. مجلهٔ علمی شیلات ایران، سال ۲۶، شمارهٔ ۵.

۷- غنی نژاد، د.، ۱۳۹۶. ارزیابی ذخایر ماهیان اقتصادی سد ارس. گزارش نهایی پروژه، مرکز تحقیقات آرتمیای کشور، ۸۴ صفحه.

۸- قمری، م.ز.، یحیی زاده، م.ی.، آذرونوندی، ع. و رزاق زاده، س.، ۱۳۹۲. بررسی آلودگی آب و آبزیان اقتصادی پشت سد ارس با فلزات سنگین در آذربایجان غربی. همایش ملی توسعه و پرورش ماهیان سرد آبی.

۹- گل محمدیان، ح.، آقاشریعتمداری، ز.، شریعتمداری، ز.، بذرافشان، ج. و محبی، ف.، ۱۴۰۰. تأثیر تغییرات آب و هوایی و متغیرهای فیزیکی و شیمیایی آب بر اجتماعات فیتوپلانکتونی دریاچهٔ سد ارس. تحقیقات آب‌وخاک ایران، دوره ۵۲ ، شمارهٔ ۳.

۱۰- محبی، ف.، محسن‌پور آذری، ع. و عاصم، ع.ر.، ۱۳۹۱. بررسی جمعیت فیتوپلانکتونی و شاخص‌های جمعیتی در دریاچهٔ سد ارس. مجلهٔ زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۵، شماره ۲.

۱۱- محسن پور آذری، ع.، ۱۳۹۸. ارزیابی ذخایر شاه‌میگوی آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) سد ارس. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، موسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۴۸صفحه.

۱۲- محسن‌پور آذری، ع.، ۱۳۹۶. اثرات عوامل محیطی رودخانه و دریاچهٔ پشت سد ارس بر رشد و نمو خرچنگ دراز آب شیرین. گزارش نهایی پروژهٔ تحقیقاتی، موسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۸۹ صفحه.

13- https://www.ilna.news. 83/1055517.

14- Mohebbi, F., Riahi, H., Sheidaei, M. and Shariatmadari, Z., 2016. Phytoplankton of Aras dam reservoir (Iran): an attempt to assess water quality. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. *15*(4), pp.1318-1336.

15- Qin, B., Paerl, H. W., Justin, D., Brookes, J.D., Liu, J., Jeppesen, E., Zhu, G., Zhang, Y., Xu, H., Shi, K., Deng, J., 2019. Climate change and plankton phenology in freshwater: current trends and future commitments. Why Lake Taihu continues to be plagued with cyanobacterial blooms through 10 years (2007–2017) efforts. *Science Bulletin*. 64, pp.354–356.

16- Rad, A.K. and Golkar, F., 2021. The Impacts of the Covid-19 Crisis on Water and Soil Safety and Health with Emphasis on Iran Situation. *J Marine Sci Res Dev*, 11: 302.

17- Rahmani, T., Poorbagher, H., Javanshir, A. and Kamangar, B.B., 2013. Effects of agriculture, tourism and the dam on eutrophic status of the Zerebar Lake, Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, *1*(4), pp.403-420.

18- Van de Waal, D.B. and Litchman, E., 2020. Multiple global change stressor effects on phytoplankton nutrient acquisition in a future ocean. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *375*(1798), p.20190706.