مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی
دورهٔ ۴، شمارهٔ ۲

تأثیر پس‌روی آب دریاچه ارومیه بر اجتماعات میگوی آب‌شور (آرتمیا)

فریدون محبی*، اسد عباسپور، مسعود صیدگر

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

*نویسنده مسئول: mohebbi44@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۴ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۷/۱۲

چکیده

دریاچهٔ ارومیه دومین دریاچهٔ بسیار شور در جهان با مساحتی حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع در زمان پرآبی است. بااین‌وجود طی دو دههٔ گذشته، ترکیبی از تغییرات آب‌وهوایی و مصرف شدید آب باعث کاهش ورود آب به این دریاچهٔ بسته‌شده است. درنتیجه سطح دریاچه از ۵۵۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۵ به حدود ۱۶۶۱ کیلومترمربع در نوامبر سال ۲۰۱۸ کاهش‌یافته است. کاهش سطح آب تراکم آرتمیا را به علت افزایش شوری و کاهش ورود مواد غذایی در دریاچهٔ ارومیه، کاهش داده است. میگوی آب‌شور جنس آرتمیا، ماکرو زئوپلانکتون غالب در بسیاری از محیط‌های بسیار شور است. به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که دما و شوری آب به‌عنوان تأثیرگذارترین پارامترها بر میزان تراکم و ترکیب جمعیتی آرتمیا می‌باشند. بحران اکولوژیکی دریاچهٔ ارومیه تأثیر معنی‌داری روی ساختار ژنتیکی آرتمیا اورمیانا گذاشته است که درنهایت می‌تواند بقای این سخت‌پوست را در معرض خطر قرار دهد. با توجه به ارزش بالای آرتمیا و سیست آن در آبزی‌پروری، می‌توان گفت که کاهش سطح آب دریاچهٔ ارومیه تأثیر اقتصادی-اجتماعی شدیدی بر منطقه و به‌ویژه ساکنان اطراف دریاچه گذاشته است.

واژه‌های کلیدی: آرتمیا، تراکم، دریاچهٔ ارومیه، رشد، میگوی آب‌شور

مقدمه

دریاچهٔ ارومیه با از بین بردن آلودگی، افزایش گردشگری و تفریح، چرخهٔ آب، حفظ تنوع گونه‌ای، ایجاد زیستگاه برای حیات‌وحش، حفاظت از بانک ژن، حفاظت در برابر سیلاب نقش مهمی در منطقه ایفا می‌نماید. بااین‌وجود طی دو دههٔ گذشته، ترکیبی از تغییرات آب و هوایی و مصرف شدید آب باعث کاهش ورود آب به این دریاچهٔ بسته‌شده است. درنتیجه سطح دریاچه

از ۵۵۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۵ به حدود ۱۶۶۱ کیلومترمربع در نوامبر سال ۲۰۱۸ کاهش‌یافته است. در همین دورهٔ زمانی دریاچه بیش از ۹۰ درصد از حجم آب خود را ازدست‌داده است و به ۱ میلیارد مترمکعب کاهش‌یافته است.

میگوی آب‌شور یا آرتمیا (Artemia)، یک ریز سخت‌پوست است که به شرایط سختی که محیط‌های هیپرسالین (Hypersaline) روی بقا و تولیدمثل تحمیل می‌کنند، سازش یافته است. تطابق با این شرایط در سطوح یا حوزه‌های عملکردی مختلف از سطح فردی (مولکولی- سلولی- فیزیولوژیکی) تا سطح جمعیتی، روی‌داده است. چیزی که آشکار است وجود یک سیستم کارآمد تنظیم اسمزی در آرتمیاست که می‌تواند تا ۱۰ برابر شوری آب دریا را تحمل نماید. در شرایط محیطی بسیار بحرانی (برای مثال زمانی که دریاچه‌های فصلی خشک می‌شوند)، آرتمیا با تولید یک جنین بسته‌بندی‌شدهٔ بسیار مقاوم که سیست نامیده می‌شود.قادر می‌گردد کم‌آبی شدید را تحمل و از انقراض جمعیت جلوگیری نماید. سیست ها را می‌توان به‌عنوان بانک ژنی در نظر گرفت که یک حافظهٔ ژنتیکی از تاریخچهٔ شرایط جمعیت در خود ذخیره کرده‌اند. تشکیل آن‌ها به علت قابلیت تکامل‌یافته آرتمیای ماده در درک شرایط محیطی ناپایدار پیش رو است که با توانایی آن‌ها در تبدیل حالت تولیدمثلی بیان می‌شود و زمانی که شرایط محیطی نامساعد می‌شود سیست (Oviparity) یا در شرایط مساعد ناپلی شناگر (Ovoviviparity)، تولید می‌کنند که قادر است جمعیت را در شرایط مناسب حفظ کنند.

در سطح جمعیتی تمایل به جدایی گونه‌ها به جمعیت‌های محلی سازش یافته است، درحالی‌که گونه‌ها در مناطق خاص به دریاچه‌های شور محدود می‌شوند (اندمیسم ناحیه‌ای Regional endemism). آرتمیا به‌عنوان یک موجود زنده مدل سازش را به‌عنوان واکنش پیچیده‌ای برای شرایط زندگی بحرانی پیش‌گویی می‌کند و تجربیات گذشته و حال را در تمام سطوح سازمانی تلفیق و اصلاح می‌کند. اگرچه جانور بی‌مهره‌ای در نظر گرفته می‌شود که به محیطی بی‌همتا سازش یافته است، فرآیندهایی که موردبحث قرار می‌گیرند، ازنظر زیست‌شناسی عمومی جالب می‌باشند.

Asem و همکاران (۲۰۱۹)، اثر یک دهه خشکی و اختلالات اکولوژیکی دریاچهٔ ارومیه را روی آرتمیای آن موردبررسی قراردادند. آن‌ها بیان داشتند که به‌طورکلی اختلالات اکولوژیکی را جزو تغییرات محیطی کوتاه‌مدت و اثر آن روی تغییر ژنتیکی می‌توان موردمطالعه قرارداد. تغییرات ژنتیکی سریع که در آرتمیا اورمیانا (*Artemia urmiana*) مشاهده شده، در برخی گونه‌های دیگر جانوران و گیاهان که در معرض بحران‌های زیست‌محیطی قرارگرفته‌اند، نیز نشان داده‌شده است (Banks *et al.*, 2013). این مسئله را می‌توان به قابلیت وراثتی جمعیت‌ها برای پاسخ به تغییرات اکولوژیکی نسبت داد. اگرچه مطالعات قبلی کاهش تنوع ژنتیکی را در پاسخ به بحران‌های اکولوژیکی نشان داده‌اند، ولی Asem و همکاران (۲۰۱۹)، واکنش‌های متفاوت آرتمیا اورمیانا را به تغییرات زیست‌محیطی نشان دادند؛ بنابراین تغییر در تنوع ژنتیکی و مسیر تغییر با واکنش بین شرایط اکولوژیکی و قابلیت ژن‌ها برای تغییر کنترل می‌شوند. آشکار است که بحران اکولوژیکی دریاچه ارومیه تأثیر معنی‌داری روی ساختار ژنتیکی آرتمیا اورمیانا مخصوصاً با کاهش تنوع ژنتیکی گذاشته است که درنهایت می‌تواند بقای این سخت‌پوست را در معرض خطر قرار دهد.

اثرات فنوتیپی یا ژنوتیپی

انعطاف‌پذیری فنوتیپی شامل قابلیت یک جانور در حال نمو، برای تغییر فنوتیپ در واکنش به متغیرهای داخلی (ژنتیکی) یا خارجی (محیطی) است. برای مثال، در حین نمو ممکن است دوره‌هایی وجود داشته باشد که فنوتیپ یک جانور نسبت به یک عامل استرس‌زای محیطی بسیار انعطاف‌پذیر یا حساس باشد. این دوره‌ها را اغلب دوره‌های حساس می‌نامند. در تاکسون‌های جانوری، قرارگرفتن در معرض عوامل محیطی استرس‌زای معین شیمیایی یا دارویی در دوزهای مشخص، برای شناخت و درک دوره‌های حساس مورداستفاده قرار می‌گیرد. تغییرات فنوتیپی در طی دوره‌های حساس کاربردهای درازمدت برای بیولوژی جانور از سطح مولکولی تا مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دارند؛ بنابراین مطالعهٔ چگونگی تغییر یک فنوتیپ در طی یک دورهٔ

حساس، نه‌تنها برای درک فرایندهای رشد، بلکه همچنین برای روشن شدن ارتباط بین شرایط در طی رشد و فنوتیپ آتی جانور مهم است (Mueller *et al*., 2016).

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که بقا، خصوصیات تولیدمثلی، چرخه زندگی، تنفس، رشد و ریخت‌شناسی آرتمیا در شوری‌های مختلف تغییر می‌کنند. قرارگرفتن آرتمیا در مراحل ابتدایی رشد، میزان بقای آن را کاهش می‌دهد و ممکن است همچنین منجر به تولید آرتمیاهای کوچک‌تر با رشد کند شود. به‌علاوه، ممکن است یک اثر انتخابی نیز روی دهد که در آن بهترین افراد زنده بمانند و در شرایط مناسب رشد خوبی داشته باشند. شوری بیشترین اثر را روی ریخت‌سنج *A. franciscana* طی روزهای ۱ تا ۶ دارد و بنابراین این دورهٔ زمانی یک دورهٔ مهم برای تأثیر شوری روی انعطاف‌پذیری فنوتیپی در طی رشد و نمو آرتمیا فرانسیسکانا است (Mueller *et al*., 2016). این اثر ممکن است از طریق تأثیر شوری بر حلالیت اکسیژن و تغییر میزان اکسیژن مصرفی در آرتمیا انجام گیرد.

مروری بر مطالعات گذشته

میزان بقای پنج جمعیت دوجنسی آرتمیا فرانسیسکانا از خلیج مکزیک در اثر تغییر شوری تحت تأثیر قرار گرفت. مرگ‌ومیر بالا در شوری‌های کمتر از ۶۰ و بیشتر از ۱۲۰ گرم در لیتر مشاهده گردید. جمعیت‌های دوجنسی آرتمیا در شوری‌های بین ۱۲۰-۱۰۰ گرم در لیتر به‌خوبی رشد و نمو می‌کنند، ولی جمعیت‌های آرتمیای مکزیک رفتار متفاوتی نشان دادند و شبیه جمعیت‌های پارتنوژنز، *Artemia salina* و *Artemia urmiana* هستند (Castro-Mejía *et al*., 2011).

Agh و همکاران (۲۰۰۸)، نشان دادند که میزان مرگ‌ومیر صددرصدی در جمعیت‌های *A. urmiana* پرورش‌یافته در شوری‌های ۱۵۰ تا ۲۰۰ گرم بر لیتر مشاهده می‌شود. از طرف دیگر Abatzopoulos و همکاران (۲۰۰۶)، میزان بقای پایین‌تری برای آرتمیا اورمیانا در شوری‌های ۳۵ و ۵۰ گرم بر لیتر گزارش کردند، درحالی‌که میزان بقای بالا در شوری‌های ۱۰۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ گرم بر لیتر مشاهده گردید. بقاء در شوری‌های بالا ممکن است مربوط به عملکرد سیستم تنظیم اسمزی آرتمیا باشد که در شوری‌های ۱۲۰-۱۰۰ گرم بر لیتر توسعه پیدا می‌کند. از طرف دیگر، بقای آرتمیا در شوری‌های بالاتر از ۱۸۰ گرم بر لیتر ناشی از خصوصیات ژنتیکی است که این جانور را از دشمنان و شکارچیان محفوظ نگه می‌دارد.

مطالعات نشان داده‌اند که میزان رشد آرتمیا نسبت عکس با شوری دارد. اختلافات معنی‌داری در رشد *A. parthenogenetica* در جمعیت‌های آرتمیای تانگوی چین که در شوری‌های متفاوت پرورش‌یافته‌اند، مشاهده گردید. حداکثر مقدار رشد *A. franciscana* در شوری ۳۵ مشاهده شد. در این مطالعه، این گونه‌ها در شوری ۴۰ گرم بر لیتر مرگ‌ومیر ۱۰۰ درصد را شاهد بودند و در شوری ۱۲۰ گرم بر لیتر رشد بهتری داشتند.

کاهش ورود آب شیرین به دریاچهٔ بزرگ نمک آمریکا، شوری آن را افزایش داده و اثرات مهمی برای جمعیت آرتمیا و سایر بی‌مهرگان داشته است. آرتمیا برای رشد و تولیدمثل وابسته به شوری آب است. زمانی که شوری دریاچه بیش‌ازحد بالا می‌رود آرتمیا تحت استرس قرار می‌گیرد و سرانجام تولیدمثل آن متوقف می‌شود. میزان شوری در حال حاضر در دریاچهٔ بزرگ نمک ۱۶ درصد است که به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از حد مطلوب برای آرتمیا است. بااین‌وجود، اگر مصرف آب و خشک شدن دریاچه ادامه یابد و شوری به بالای ۲۰ درصد برسد، تولید آرتمیا به ۱۰ درصد حد مطلوب خواهد رسید. این امر برداشت تجاری (۵۷ میلیون دلاری) آرتمیا را بشدت کاهش داده و غذای کم‌تری برای پرندگان فراهم خواهد شد (Wurtsbaugh *et al*., 2016).

اثر بر سیست آرتمیا

مقایسه بیومتری سیست آرتمیا اورمیانا در زمان پرآبی دریاچه (شوری ۱۷۳/۸ گرم بر لیتر)، بازمانی که سطح دریاچه پایین‌تر بود (شوری ۲۸۰/۸ گرم بر لیتر) نشان می‌دهد که قطر سیست در شرایط پرآبی (سال ۱۹۹۴)، بیشتر از زمان کم‌آبی (سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۳) بود (Asem *et al*., 2010). این مطالعه هم بر روی سیست کامل و هم سیست دکپسولهٔ برداشت‌شده از دریاچهٔ

ارومیه انجام گرفت و نتایج آن نشان داد که هر دو نوع سیست فوق در شرایط پرآبی بزرگ‌تر از همتایان خود در شرایط کم‌آبی بودند. ایستگاه‌های انتخاب‌شده (۷ ایستگاه) در هر دو مطالعه موقعیت یکسانی داشتند. شرایط خشکی و پرآبی تأثیری بر ضخامت پوسته سیست یا کوریون نداشته است.

با توجه به تعریف کارایی تفریخ (Hatching Efficiency, H.E) و قطر سیست آرتمیا در سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۳، این سیست‌ها که در شرایط اکولوژیکی نامناسبی تولیدشده‌اند، باید ازنظر کیفیت H.E در سطح بالایی باشند. ولی بدون شک ارزش غذایی سیست‌ها در سال خشک کم‌تر از سال بارانی است. بنابراین، تکیه‌بر فقط اندازهٔ سیست و H.E نمی‌تواند کیفیت سیست را به‌درستی نشان دهد و استفادهٔ هم‌زمان از ارزش غذایی سیست و ناپلی، قطر سیست کامل و دکپسوله و H.E با یکدیگر هوشمندانه‌تر خواهد بود (Asem *et al*., 2010).

تغییرات تراکم سیست آرتمیا تنها وابسته به تغییر شوری و دمای آب نبوده بلکه بستگی به ترکیبی از شرایط زیست‌محیطی دارد. Djamali و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از مطالعات رسوب‌شناسی نشان دادند که در آخرین دورهٔ یخبندان تراکم سیست آرتمیا نسبتاً بالا بوده که هم‌زمان با سطوح بالای آب دریاچهٔ ارومیه بوده است. همچنین نمونه‌ای مربوط به آخرین دورهٔ بین یخبندانی (حدود ۱۱۰ تا ۱۳۰ هزار سال قبل) حاوی تراکم بالایی از سیست آرتمیا بود. برعکس نمونه دیگری مربوط به همان دورهٔ آب و هوایی ولی کمی زودتر تراکم کم آرتمیا را دریاچهٔ ارومیه نشان می‌دهد. بررسی دانه‌های گردهٔ گیاهان آبزی مربوط به این دوره نشان می‌دهد که سطح آب دریاچه مشابه شرایط امروزی بوده است. کم‌ترین تراکم سیست آرتمیا مربوط به دورهٔ یخبندان ماقبل آخر است. این داده‌ها نشان می‌دهند که تغییرات تراکم سیست آرتمیا توسط واکنش‌های پیچیده بین عوامل مختلف اکولوژیکی کنترل می‌شوند. نمونه‌های دقیق‌تر رسوبات حاوی سیست آرتمیا و مقایسه آن‌ها با سایر پارامترهای پالئواکولوژیکی و پالئوهیدرولوژیکی برای شناسایی نقش این عوامل در آینده کمک خواهد کرد.

شوری‌های مختلف می‌توانند بر رشد جنین آرتمیا در طی دورهٔ بازگشایی سیست تأثیر بگذارند. همچنین شورهای متفاوت درصد تفریخ و میزان رشد آرتمیا را در طی چرخهٔ زندگی تحت تأثیر قرار می‌دهند. Asem و Rastegar-pouyani (۲۰۱۰)، نشان دادند که در شرایط آزمایشگاهی میزان رشد ناپلی و متاناپلی آرتمیای دریاچهٔ ارومیه در شوری‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد. این یافته نشانگر تأثیر شوری بر میزان رشد آرتمیا در مراحل مختلف زندگی آن است.

اثرات کمی شوری روی تخم‌گشایی سیست در درجهٔ اول مربوط به میزان آبگیری است که به سیست‌ها می‌رسد. بالاتر از یک آستانهٔ شوری، مقادیر کم آب جذب می‌شود تا متابولیسم جنین تأمین شود. این حد آستانه در بین سویه‌های آرتمیا متفاوت است. به‌علاوه، شوری با مقدار گلیسرولی که برای رسیدن به فشار اسمزی داخل سیست ضروری است، ارتباط دارد (Alal and Olendi, 2014). سریع‌ترین میزان تخم‌گشایی در پایین‌ترین شوری به‌دست می‌آید، زیرا زمان کم‌تری طول خواهد کشید تا تخم‌ها بشکنند. مطالعات نشان می‌دهند که رفتار تخم‌گشایی سیست آرتمیا از مناطق مختلف، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای ازنظر درصد، میزان و کارایی از خود نشان می‌دهند. شوری روی آغاز متابولیسم جنین و حل کردن پوسته‌ها تأثیر دارد.

یافته‌ها

درصد بقای جمعیت *A. urmiana* و آرتمیای پارتنوژنتیک دریاچهٔ ارومیه و برکه‌های مجاور آن با افزایش شوری کاهش می‌یابد ولی بااین‌حال، سویه‌های پارتنوژنتیک انعطاف‌پذیری بیشتری دارند و نسبت به گونه‌های جنسی حدود وسیع‌تری از شوری را تحمل می‌کنند (قنبری و همکاران، ۱۳۹۰). تحقیقات نشان داده که شوری‌های بالا منجر به کاهش اندازهٔ بدن آرتمیای بالغ و کاهش اندازهٔ بند آخر شکم (فورکا) می‌شود. زمانی که شوری افزایش می‌یابد، تمام نژادهای پارتنوژنتیک به‌کندی رشد می‌کنند.

سیست‌های تولیدشده در شوری‌های پایین‌تر، بزرگ‌تر هستند. طبق تحقیق عبدالله زاده و همکاران (۱۳۹۰)، سیست تولیدشده از *A. urmiana* ایستگاه گلمانخانه در شوری ۷۵ گرم بر لیتر بزرگ‌تر از سیست تولیدشده در شوری ۱۵۰ گرم بر لیتر است.

اندازهٔ سیست‌ها معمولاً در جمعیت‌های پارتنوژنتیک در مقایسه با *A. urmiana* کوچک‌تر هستند. همچنین سیست جمعیت‌های پارتنوژنتیک از دریاچهٔ ارومیه کوچک‌تر از جمعیت پارتنوژنتیک از ترکیه و Camalti است و قطر سیست‌های دو جمعیت پارتنوژنتیک داخل دریاچه ارومیه از جمعیت‌های پارتنوژنتیک برکه‌های مجاور دریاچه و جمعیت *A. urmiana* بزرگ‌تر می‌باشد (قنبری و همکاران، ۱۳۹۰). درمجموع می‌توان گفت که اندازهٔ سیست آرتمیا یک تابع ژنتیکی و اکولوژیک است که در مقایسه با جمعیت‌های پارتنوژنتیک و دوجنسی باید با احتیاط زیاد از آن جهت بررسی جمعیت‌های آرتمیا استفاده نمود زیرا این عامل بیومتریک به‌سادگی دستخوش تغییرات اقلیمی می‌شود.

تغییرات ایجادشده در اکوسیستم دریاچهٔ ارومیه با کاهش آب که در اثر کاهش آب‌های ورودی و بارندگی‌ها صورت گرفته است، می‌تواند در میان‌مدت باعث ایجاد تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی در آرتمیای دریاچه گردد. این تغییرات در اثر سازش آرتمیا با شرایط جدید و هدایت آن توسط انتخاب طبیعی صورت می‌گیرد (Gonzalo and John, 2012). سازش یک واکنش پیچیده به تغییرات یا تهدیدهای محیطی است که تجربیات گذشته و حال را در ژنوم موجود حک می‌نماید که به‌تنهایی توسط اجزاء خود قابل‌درک نیست. درواقع سازش شامل شبکه‌ای از رویدادها در سطوح مختلف سلسله مراتبی از فرد، جمعیت، گونه تا اکوسیستم است.

یک اثر کلی شوری بالا، استرس اسمزی، خشک شدن، تنش اکسیژن پایین، افزایش متابولیسم برای تأمین انرژی بالای لازم برای حفظ سیستم اسمزی است. شرایط سخت و شدید باعث تولید سیست و شرایط مساعد باعث ایجاد ناپلی شناور در آرتمیا می‌شود. فقدان غذا، کاهش اکسیژن، شوری‌های بسیار بالا و دماهای زیاد یا کم عواملی هستند که باعث تغییر حالت تولیدمثلی آرتمیا به تولید سیست می‌شود. درواقع سیست‌ها مقاوم‌ترین شکل در برابر استرس‌های محیطی در تمام تاریخ حیات جانوری هستند، درحالی‌که ناپلی، سایر مراحل لاروی و آرتمیای بالغ بهترین تنظیم‌گران اسمزی در سلسلهٔ جانوری هستند. جمعیت‌های محلی در اثر جدایی جغرافیایی یا آب‌های با ماهیت جزیره مانند در دریاچه که جریان ژنی توسط جابجایی پرندگان و باد که عوامل طبیعی پراکنده‌کننده سیست هستند را محدود می‌نماید. چرخه‌های انقراض و تشکیل دوبارهٔ کلنی، توسعه و انقباض که در دریاچه‌های فصلی یا حوض‌هایی که به‌طور کامل خشک می‌شوند نیز پارامترهای مهمی در تمایز ژنتیکی می‌باشند. این تغییرات اکولوژیکی که خاصیت دادوستدی دارند، هزینهٔ پرداخت‌شدهٔ جدایی و انزواست و سود آن حفاظت از ماهیت گونه‌ای آرتمیای جداشده از سایر گونه‌هاست.

حافظیه (۱۳۹۵)، ذخایر آرتمیای دریاچهٔ ارومیه را ارزیابی نمود. او نتیجه گرفت با توجه به کاهش حجم آب دریاچه به کمتر از ۵ میلیارد مترمکعب و متوسط شوری ۳۲۰ گرم در لیتر، میزان شفافیت تقریباً در تمام ایستگاه‌ها برابر عمق آب بوده و وضعیت سیست در سطح آب بهتر از لایه‌های عمقی و در بخش جنوبی از تراکم بیشتری برخوردار بوده است. وضعیت زی‌تودهٔ بدون سیست نیز در بخش جنوبی و در عمق ۲/۵ متر بهتر از دو لایهٔ دیگر برآورد گردید. بهترین زمان برداشت سیست و زی‌توده به ترتیب پاییز و بهار و هر دو در بخش جنوبی دریاچه هستند.

Asem و همکاران (۲۰۱۲)، تراکم سیست آرتمیا را در لایهٔ فوقانی آب دریاچه در سال ۱۹۹۵ حدود ۴۰۰ عدد در لیتر تخمین زدند. درحالی‌که تراکم سیست بر اساس ارزیابی ذخایر در سال‌های ۲۰۰۳،۲۰۰۴،۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ به ترتیب ۲۷، ۲۵، ۱۱، ۸ و ۳ عدد در لیتر بود (احمدی، ۱۳۸۶ ؛ احمدی، ۱۳۸۴). این روند کاهش سیست با شروع پایین آمدن سطح آب دریاچه هم‌زمان است. پس از سال ۲۰۰۷ ارزیابی ذخایر آرتمیا در دریاچه صورت نگرفته است، بااین‌وجود گزارش‌های غیررسمی نشان می‌دهد که در طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۸ کم‌تر از یک عدد سیست در هر لیتر آب وجود دارد.

افزایش خشکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که بیشتر دریاچه‌های بسیار شور در آن‌ها قرار دارند، اثرات چشم‌گیری بر این اکوسیستم‌های حساس دارد. درواقع دریاچه‌های بسیار شور داخلی واقع در حوزه‌های آبریز بسته در دوره‌های زمانی کوتاه و طولانی‌مدت، در معرض نوسانات طبیعی و انسانی ازنظر اندازه و غلظت نمک قرار دارند.

میگوی آب‌شور جنس آرتمیا ماکرو زئوپلانکتون غالب در بسیاری از محیط‌های بسیار شور است (Wurtsbaugh and Gliwicz 2001). این سخت‌پوست اغلب در زنجیرهٔ غذایی آب‌های بسیار شور دیده می‌شود و فعالیت چرانی آن شفافیت آب را کنترل می‌کند (Wurtsbaugh, 1992). آرتمیا ازنظر تغذیه، موجودی فیلتر کنندهٔ غیرانتخابی است و از مواد زائد کف آب یا از جلبک‌های تک‌سلولی و سایر پلانکتون‌های ستون آب تغذیه می‌نماید.

کاهش سطح آب، تراکم آرتمیا را در دریاچهٔ ارومیه کاهش داده است. Günther (۱۸۹۸) زمانی که شوری آب حدود ۱۵۰ گرم بر لیتر بود، تعداد ۱۶۰۰- ۱۲۰۰ عدد آرتمیا در هر مترمکعب آب شمارش کرد. Kelts و Shahrabi (۱۹۸۶)، تراکم ۳۰۰۰ آرتمیا در هر مترمکعب آب را در مطالعهٔ خود بر روی دریاچهٔ ارومیه در سال ۱۹۷۷ گزارش کردند. با کاهش سطح آب تراکم آرتمیا نیز به‌سرعت کاهش‌یافته است به‌طوری‌که از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ هیچ‌گونه آرتمیایی از دریاچه گزارش نشده است. شوری بالای دریاچهٔ ارومیه تا حد اشباع (حدود ۳۵۰ گرم در لیتر)، در طی سال‌های اخیر تراکم جمعیت آرتمیا را به کمتر از ۱ عدد در هر مترمکعب در مقایسه با تراکم ۱ عدد در هر لیتر در زمان پرآبی رسانده است (Mohammadi *et al*., 2019).

توصیهٔ ترویجی

به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که دما و شوری آب به‌عنوان تأثیرگذارترین پارامترها بر میزان تراکم و ترکیب جمعیتی آرتمیا می‌باشند. علاوه بر کاهش تراکم تودهٔ زنده و سیست آرتمیا در واحد حجم آب دریاچه، کاهش حجم دریاچه از حدود ۱۲ میلیارد مترمکعب در سال‌های پرآبی به حدود ۳ میلیارد مترمکعب در سال‌های اخیر باعث کاهش ۴ برابری میزان ذخایر آرتمیا در آن شده است. با توجه به ارزش بالای آرتمیا و سیست آن در آبزی‌پروری می‌توان گفت که کاهش سطح آب دریاچهٔ ارومیه تأثیر اقتصادی-اجتماعی شدیدی بر منطقه و به‌ویژه ساکنان اطراف دریاچه گذاشته است. از سوی دیگر پس‌روی آب دریاچهٔ ارومیه اثرات شدیدی بر کشاورزی و گردشگری منطقه داشته است و باعث افت اشتغال و درآمد ساکنان منطقه گردیده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از بخشی از داده‌های پروژه " پایش ذخایر آرتمیای دریاچه ارومیه و تعیین ارتباط آن با پارامترهای اکولوژیک" با کد مصوب ۹۷۰۹۸۳-۰۲۴-۱۲-۷۹-۲ مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور است.

منابع

۱- احمدی، ر.، ۱۳۸۶. ارزیابی تغییرات جمعیت آرتمیا در دریاچهٔ ارومیه. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مرکز تحقیقات آرتمیای کشور. موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۸۸ صفحه.

۲- احمدی، ر.، ۱۳۸۴. تغییرات جمعیت آرتمیا در دریاچهٔ ارومیه. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مرکز تحقیقات آرتمیای کشور، مؤسسهٔ تحقیقات شیلات ایران، ۱۱۰ صفحه.

۳- حافظیه، م.، ۱۳۸۲. آرتمیا، میگوی آب‌شور. مؤسسهٔ تحقیقات شیلات ایران، مدیریت اطلاعات علمی و روابط بین‌الملل، ۲۳۵ صفحه.

۴- عبداللهزاده، ن.، زارع، ص.، منافی‌فر، ر. و عاصم، ع.، ۱۳۹۰. تأثیر دو شوری متفاوت بر رشد، درصد بقاء و قطر سیست در جمعیت *Artemia urmiana* از نواحی مختلف دریاچهٔ ارومیه. مجلهٔ علوم و فناوری زیستی دانشگاه تربیت مدرس، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۱، صفحات ۶۶-۵۵.

۵- قنبری، ش.، حکیم‌زاده، س.، حیدری، ر.و منافی‌فر، ر.، ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف شوری بر ویژگی‌های زیستی *Artemia franciscana* و *A. parthenogenetic* درشرایط آزمایشگاهی. فصل‌نامهٔ علمی پژوهشی زیست‌شناسی جانوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، سال ۴، شمارهٔ ۲، صفحات ۶۸-۶۱.

6- Abatzopoulos, T.J., Baxevanis, A.D., Triantaphyllidis, G.V., Criel, G., Pador, E.L., Van Stappen, G. and Sorgeloos, P., 2006. Quality evaluation of *Artemia urmiana* Günther (Urmia Lake, Iran) with special emphasis on its particular cyst characteristics (International Study on Artemia LXIX). *Aquaculture*, *254*(1-4), pp.442-454.

7- Agh, N., Van Stappen, G., Bossier, P., Sepehri, H., Lotfi, V., Rouhani, S.M. and Sorgeloos, P., 2008. Effects of salinity on survival, growth, reproductive and life span characteristics of Artemia populations from Urmia Lake and neighboring lagoons. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, *11*(2), pp.164-172.

8- Alal, G.W. and Robert, J.O., 2017. Effect of different Salinity levels on the Hatchability and Survival of Brine Shrimp, *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from Malindi, Kenya. *African Journal of Education, Science and Technology*, *3*(4), pp.1-5.

9- Asem, A. and Rastegar-Pouyani, N., 2010. Different salinities effect on biometry of nauplii and meta-nauplii of two Artemia (Crustacea; Anostraca) populations from Urmia Lake basin. *Int. J. Aqu. Sci*, *1*(1), pp.10-13.

10- Asem, A., Eimanifar, A., Van Stappen, G. and Sun, S.C., 2019. The impact of one-decade ecological disturbance on genetic changes: a study on the brine shrimp *Artemia urmiana* from Urmia Lake, Iran. *PeerJ*, *7*, p.e7190.

11- Asem, A., Mohebbi, F. and Ahmadi, R., 2012. Drought in Urmia Lake, the largest natural habitat of brine shrimp Artemia. *World aquaculture*, *43*(1), pp.36-38.

12- Asem, A., Rastegar-Pouyani, N., De Los Rios, P., Manaffar, R. and Mohebbi, F., 2010. Biometrical comparison of *Artemia urmiana* Günther, 1899 (Crustacea: Anostraca) cysts between rainy and drought years (1994–2003/4) from Urmia Lake, Iran. *International Journal of Biological and Life Sciences*, *6*(2), pp.100-106.

13- Banks, S.C., Cary, G.J., Smith, A.L., Davies, I.D., Driscoll, D.A., Gill, A.M., Lindenmayer, D.B. and Peakall, R., 2013. How does ecological disturbance influence genetic diversity. *Trends in ecology & evolution*, *28*(11), pp.670-679.

14- Castro-Mejía, J., Castro-Barrera, T., Hernández-Hernández, L.H., Arredondo-Figueroa, J.L., Castro-Mejía, G. and de Lara-Andrade, R., 2011. Effects of salinity on growth and survival in five *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae) populations from Mexico Pacific Coast. *Revista de biologia tropical*, *59*(1), pp.199-206.

15- Djamali, M., Ponel, P., Delille, T., Thiéry, A., Asem, A., Andrieu-Ponel, V., de Beaulieu, J.L., Lahijani, H., Shah-Hosseini, M., Amini, A. and Stevens, L., 2010. A 200,000-year record of the brine shrimp Artemia (Crustacea: Anostraca) remains in Lake Urmia, NW Iran. *International Journal of Aquatic Science*, *1*(1), pp.14-18.

16- Gonzalo, M.G. and John, A.B., 2012. The brine shrimp Artemia: adapted to critical life conditions. *Frontiers in Physiology*, *3*, p.185.

17- Günther, R.T., 1899. Contributions to the natural history of Lake Urmi, NW Persia, and its neighbourhood. *Zoological Journal of the Linnean Society*, *27*(177), pp.345-453.

18- Kelts, K. and Shahrabi, M., 1986. Holocene sedimentology of hypersaline Lake Urmia, northwestern Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *54*(1-4), pp.105-130.
19- Mohammadi, A., Faraji, M., Conti, G.O., Ferrante, M. and Miri, M., 2019. Mortality and morbidity due to exposure to particulate matter related to drying Urmia Lake in the NW Iran. *European journal of internal medicine*, *60*, pp.e14-e15.
20- Mueller, C.A., Willis, E. and Burggren, W.W., 2016. Salt sensitivity of the morphometry of *Artemia franciscana* during development: a demonstration of 3D critical windows. *Journal of Experimental Biology*, *219*(4), pp.571-581.
21- Wurtsbaugh, W., Miller, C., Null, S., Wilcock, P., Hahnenberger, M. and Howe, F., 2016. Impacts of water development on Great Salt Lake and the Wasatch Front.
22- Wurtsbaugh, W.A. and Gliwicz, Z.M., 2001. Limnological control of brine shrimp population dynamics and cyst production in the Great Salt Lake, Utah. In *Saline Lakes* (pp. 119-132). Springer, Dordrecht.
23- Wurtsbaugh, W.A., 1992. Food-web modification by an invertebrate predator in the Great Salt Lake (USA). *Oecologia*, *89*(2), pp.168-175.