13(4) 329-336, Winter 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effect of Urmia lake water withdrawal on *Artemia urmiana* population structure

Fereidun Mohebbi* *, *Bayramali Dadashpour, Masoud Seidgar, Zhaleh Alizadeh Osalou, Yavar Rouhdad Golmankhaneh

National Artemia Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran

Key Words

Artemia urmiana
Cyst
Urmia lake
Water level
Salinity

Abstract

Introduction: Urmia lake is the largest natural habitat of a unique species of *Artemia* named *Artemia urmiana*. The lake has about 5000 km^2 surface area when full, was recorded as biosphere reservoir by UNESCO in 1975. During last two decades, irregular development of agriculture (80%) and reduced precipitation (20%) have decreased its surface area to about 1661 km^2 in November 2018. This had either economical, social, environmental and pathogenic impacts on local people around Urmia lake or on *Artemia* population structure and its cysts.

Materials & Methods: In this study, the effects of water withdrawal on the lake *Artemia* population was studied during 26 months period from April 2018 to May 2020. Eight sampling sites were selected in northern and southern parts of the lake. Samplings were performed monthly. Several physicochemical factors were determined such as water temperature, transparency, salinity, water level, Total Dissolved Solids (TDS) and Electric Conductivity (EC). Furthermore, *Artemia* life stages including Nauplius, meta Nauplius, juvenile and adult densities were determined. Statistical analysis was carried out by PAST software version 3.04.

Result: The results showed that the level of Lake Urmia shows seasonal fluctuations during a year. In 2017, no adult, meta, young, and Nauplius *Artemia* species were observed in Urmia Lake due to the too low water depth, but from the beginning of 2018, biological forms of *Artemia* were observed in the lake as the water rose.

Conclusion: The results showed that reduced water level imposed decreased *Artemia* biomass and cysts density.

* Corresponding Author's email: mohebbi44@gmail.com

Received: 29 August 2020; Reviewed: 4 October 2020; Revised: 6 December 2020; Accepted: 10 January 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.252122.2373

مقاله پژوهشی

اثر کاهش سطح آب دریاچه ارومیه بر ترکیب جمعیتی آرتمیا اورمیانا

فریدون محبی**، بایرامعلی داداشپور، مسعود صیدگر، ژاله علیزاده‌اوصالو، یاور روحدادگلمانخانه

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

کلمات کلیدی

آرتمیا اورمیانا
سیست
دریاچه ارومیه
سطح آب
شوری

چکیده

مقدمه: دریاچه ارومیه بزرگ‌ترین زیستگاه‌طبیعی گونه منحصر به‌فرد آرتمیا اورمیانا در جهان است. این دریاچه که در زمان پرآبی مساحتی حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع دارد، در سال ۱۳۵۵ به‌عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره در یونسکو ثبت شده است. در طی دو دهه گذشته توسعه بی‌رویه کشاورزی (۸۰٪) و کاهش بارندگی (۲۰٪) باعث کاهش سطح دریاچه به حدود ۱٦٦۱ کیلومترمربع در نوامبر ۲۰۱۸ گردیده است. این امر علاوه بر پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و سلامتی بر ساکنان اطراف دریاچه، اثرات شدیدی نیز بر روی ترکیب جمعیتی آرتمیا و سیست آن گذاشته است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه اثر کاهش آب دریاچه ارومیه بر ترکیب جمعیتی آرتمیا طی ۲٦ ماه از اردیبهشت ۹۷ تا خرداد ۹۹ مورد مطالعه قرار گرفته است. تعداد ۸ ایستگاه در بخش‌های شمالی و جنوبی دریاچه تعیین گردید. نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه انجام گرفت. برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی آب نظیر دمای آب، شفافیت، شوری، سطح تراز دریاچه، کل مواد جامد محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC) مورد سنجش قرار گرفتند. هم‌چنین، تراکم اشکال زیستی آرتمیا شامل ناپلی، متا و جوان، آرتمیای بالغ و سیست تعیین گردید. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار PAST انجام گرفت.

نتایج: نتایج نشان دادند سطح دریاچه ارومیه در طی یک‌سال نوسانات فصلی نشان می‌دهد. در سال ۱۳۹۷ به‌علت پایین بودن بیش از حد عمق آب هیچ نوع آرتمیای بالغ، متا و جوان و ناپلی در دریاچه ارومیه مشاهده نگردید ولی با بالا رفتن آب از اول سال ۱۳۹۸ اشکال زیستی آرتمیا در دریاچه مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری و بحث: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاهش سطح آب باعث کاهش تراکم توده زنده و سیست آرتمیا گردیده است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mohebbi44@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۳ مهر ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱٦ آذر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۱ دی ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.252122.2373

مقدمه

دریاچه ارومیه دومین دریاچه بسیار شور در جهان با مساحتی حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع در زمان پر آبی است. دریاچه ارومیه در بین ۳ استان آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی و کردستان جای گرفته است (۱) و زمانی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های بسیار شور جهان شناخته می‌شد. حوضه آبریز دریاچه‌ارومیه در شمال‌غرب ایران قرار دارد و مساحتی حدود ۵۲۰۰۰ کیلومترمربع را شامل می‌شود. تا چند سال پیش حوضه آبریز دریاچه عملکردهای اقتصادی، اکولوژیکی و اجتماعی نظیر تنوع زیستی، زیستگاه طبیعی، تنظیم آب و هوای منطقه، کشاورزی و گردشگری برای ساکنان اطراف دریاچه ایفا می‌کرد و دریاچه ارومیه در این ارتباط در سال ۱۳۵۰ در کنوانسیون رامسر دریاچه‌ای با اهمیت بین‌المللی و در سال ۱۳۵۵ به‌عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره در یونسکو ثبت شده است (۲). دریاچه ارومیه با از بین بردن آلودگی، گردشگری و تفریح، چرخه آب، حفظ تنوع گونه‌ای، ایجاد زیستگاه برای حیات‌وحش، بانک ژن، حفاظت در برابر سیلاب نقش مهمی در منطقه ایفا می‌نماید. با این‌وجود طی دو دهه گذشته، ترکیبی از تغییرات آب و هوایی و مصرف شدید آب باعث کاهش ورود آب به این دریاچه بسته شده است. در نتیجه سطح دریاچه از ۵۵۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۵ به حدود ۱۶۶۱ کیلومتر مربع در نوامبر سال ۲۰۱۸ کاهش یافته است. در همین دوره زمانی دریاچه بیش از ۹۰ درصد از حجم آب خود را از دست داده است و به ۱ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است (۳) که بسیار کم‌تر از تراز اکولوژیکی آن (۱۴/۵ میلیارد مترمکعب) می‌باشد (۴). به‌همین دلیل سطح آب دریاچه ۷ متر پایین‌تر از وضعیت قبلی است (۵، ۶). حدود ۶۰ رودخانه به‌صورت دایمی یا فصلی وارد دریاچه می‌شوند و تقریباً همه آن‌ها قبل از وارد شدن به دریاچه از مناطق کشاورزی، صنعتی و شهری عبور می‌کنند (۷، ۸). حدود ۵/۲ میلیون نفر در حوضه دریاچه ارومیه زندگی می‌کنند که ۵۰٪ در آذربایجان‌شرقی، ۴۵٪ در آذربایجان‌غربی و ۵٪ در کردستان ساکن هستند (۱). حدود ۱/۵ میلیون نفر در ۴۱۵۰۰۰ خانوار جمعیت روستایی حوضه دریاچه را تشکیل می‌دهند (۹) و این خانوارها مخصوصاً وابسته به منابعی نظیر آب، خاک و کشاورزی هستند. جمعیت ایران طی چهار دهه بیش از دو برابر شده است و از ۳۷ میلیون نفر به حدود ۸۲ میلیون نفر رسیده است (۱۰). این رشد جمعیت باعث افزایش تقاضا برای غذا و آب شده است. برای برآورده کردن نیازهای فزاینده مردم، سدها، چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، ایستگاه‌های پمپ آب زیرزمینی و لوله‌های انحراف آب متعددی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه احداث شده‌اند. Fathian و همکاران نشان دادند که طی ۳۵ سال گذشته کشاورزی، باغداری و زراعت دیم به ترتیب ۴۱۲٪، ۳۳۳٪ و ۶۲۷٪ افزایش یافته‌اند (۱۱). در واقع در این مدت، زمین‌های با پوشش گیاهی طبیعی (مراتع) تبدیل به زمین‌های کشاورزی شده‌اند. از سال ۱۳۶۶ تاکنون زمین‌های کشاورزی دو برابر و مساحت مناطق شهری سه برابر شده‌اند. کاهش عمق آب دریاچه سبب تخریب کارکرد بوم‌شناختی دریاچه شده و کاهش کیفیت زیستگاهی آن نیز سبب کاهش تعداد گونه‌های پرندگان و از هم پاشیدن کلنی پرندگان آبزی جوجه‌آور شده‌است. از بین‌رفتن جمعیت جوجه‌آور گونه‌های شاخص نشان می‌دهد که دریاچه ارومیه تغییرات اکولوژیکی فاحشی کرده و ارزش زیستگاهی خود را برای پرندگان آبزی و حتی خشکی‌زی از دست داده است (۱۲). گونه *Artemia urmiana* برای اولین‌بار توسط Günther از دریاچه‌ارومیه به‌دنیا معرفی شد (۱۳). کاهش آب دریاچه ارومیه در سال‌های اخیر تاثیر منفی بر تراکم آرتمیا و سیست آن گذاشته و باعث کاهش ذخایر آرتمیا شده است. حافظیه ذخایر آرتمیای دریاچه ارومیه را ارزیابی نمود (۱۴). 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 بوده، در بخش جنوبی از تراکم بیش‌تری برخوردار بوده است. وضعیت زی‌توده بدون سیست نیز در بخش جنوبی و در عمق ۲/۵ متر بهتر از دو لایه دیگر برآورد گردید. بهترین زمان برداشت سیست و زی‌توده به‌ترتیب پاییز و بهار هر دو در بخش جنوبی دریاچه می‌باشند. Asem و همکاران تراکم سیست آرتمیا را در لایه فوقانی آب دریاچه در سال ۱۹۹۵ حدود ۴۰۰ عدد در لیتر تخمین زد (۱۵). درحالی‌که تراکم سیست براساس ارزیابی ذخایر در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ به‌ترتیب ۲۷، ۲۵، ۱۱، ۸ و ۳ عدد در لیتر بود (۱۶، ۱۷). 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، با این وجود گزارشات غیررسمی نشان می‌دهد که در طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ کم‌تر از یک عدد سیست در هر لیتر آب وجود دارد. هدف از انجام این مطالعه تعیین تراکم اشکال زیستی آرتمیا شامل سیست، ناپلی، متا و جوان و بالغ (نر و ماده) با توجه به شرایط حاکم بر دریاچه و ارتباط بین این اشکال و عوامل اکولوژیکی آب به‌ویژه شوری و کاهش سطح آب دریاچه است.

مواد و روش‌ها

با توجه به پسروی فزاینده آب، نمودار شدن بخش وسیعی از بستر و خصوصیات مورفومتریکی دریاچه ارومیه و میان‌گذر موجود،

در نمونه‌برداری‌های سال ۱۳۹۷، تعداد ۵ ایستگاه در شمال و جنوب دریاچه جهت نمونه‌برداری انتخاب شد. البته با توجه به شرایط پسروی‌های سالانه و چرخه‌ای و مرتب دریاچه و امکانات موجود در برخی ماه‌ها تعداد ایستگاه‌ها به ۴ و گاهی حتی به ۳ ایستگاه کاهش می‌یافت. در نمونه‌برداری‌های سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ سطح آب دریاچه حدود ۱ متر بالاتر از سال ۱۳۹۷ بود، بنابراین با توجه به این‌که امکان قایقرانی فراهم بود تعداد ایستگاه‌ها به ۸ ایستگاه افزایش یافت (شکل ۱). نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه انجام گرفت. طول دوره مطالعه دو سال و دو ماه (۲۶ ماه) از اردیبهشت ماه ۹۷ تا خرداد ماه ۹۹ بود.

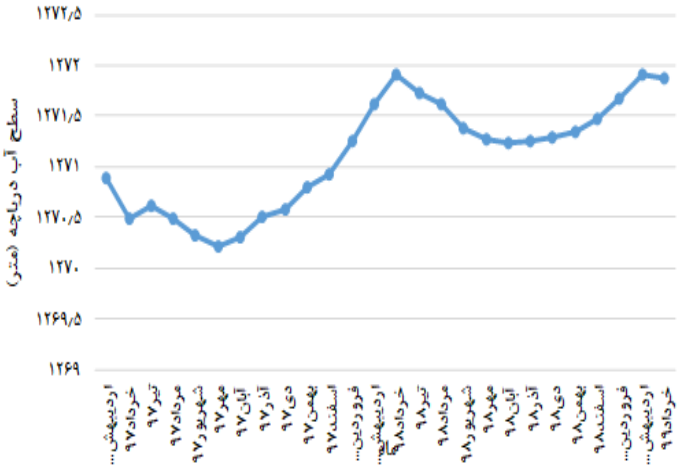
شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری دریاچه ارومیه در این مطالعه

برخی از فاکتورهای آب نظیر دما و شفافیت در حین نمونه‌برداری مورد سنجش قرار می‌گرفت. بررسی بعضی دیگر از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب با استفاده از دستگاه‌های پرتابل انجام شد. دمای آب توسط دستگاه مولتی‌متر WTW مدل Multi 3410 اندازه‌گیری شدند. pH توسط دستگاه pH متر WTW مدل pH 340i مورد سنجش قرار گرفت. هدایت الکتریکی (EC) و کل مواد جامد محلول (TDS) توسط دستگاه EC متر WTW مدل LF 320 اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری عمق آب و شفافیت از سشی دیسک هم‌زمان با نمونه‌برداری استفاده شد. شوری آب با دستگاه شوری‌سنج یا رفراکتومتر ATAGO S-28E ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد. در مواردی که شوری آب از دامنه اندازه‌گیری دستگاه شوری‌سنج بالاتر بود، ابتدا نمونه توسط آب مقطر ۲ تا ۳ برابر رقیق می‌شد و سپس شوری آن اندازه‌گیری می‌شد. در انتها میزان شوری به‌دست آمده در ضریب رقیق‌سازی ضرب می‌شد تا شوری واقعی نمونه به‌دست آید. تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه از وب سایت شرکت مدیریت منابع آب استان آذربایجان‌غربی استخراج شد (۱۸). جهت نمونه‌برداری آرتمیا از سطح از ساچوک با مقطع عرضی مستطیل شکل به ابعاد ۱۰×۲۵ سانتی‌متر حاوی تور پلانکتون‌گیری با اندازه قطر روزنه ۱۰۰ میکرون استفاده گردید. با توجه به مشخص بودن ابعاد مقطع عرضی ساچوک آن را در مسافت معینی از طول دریاچه (۴۰ متر) با قایق می‌کشیم، به‌طوری‌که حجم آب عبوری از ساچوک حدود ۱ مترمکعب باشد. نمونه‌ها در جعبه‌های یخچال‌دار به مرکز تحقیقات آرتمیا منتقل شدند. در آزمایشگاه ضمن ثبت مراحل زیستی آرتمیا با کمک استریومیکروسکوپ مدل Nikon، شامل: سیست، ناپلیوس، متاناپلیوس، پست متاناپلیوس، جوان و بالغ با تفکیک نر و ماده (۱۹) بررسی گردید. اطلاعات در نرم‌افزار اکسل ثبت و نمودارها براساس شمارش‌های مراحل مختلف زیستی آرتمیا و فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های مختلف، ترسیم و مقایسه‌های آماری در نرم‌افزار PAST ویرایش 3.04 انجام شد (۲۰). جهت تعیین میزان اثر هریک از عوامل فیزیکی و شیمیایی بر تراکم آرتمیا و سیست آن از آنالیزهای PCA استفاده گردید.

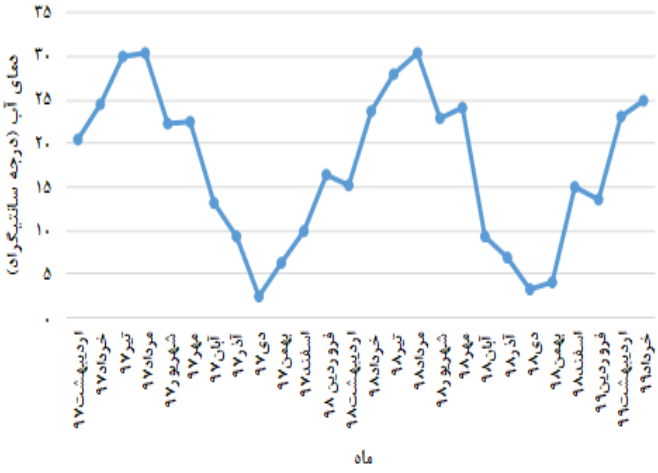
نتایج

سطح دریاچه ارومیه در طی یک‌سال نوسانات فصلی نشان می‌دهد (شکل ۲). با این وجود، به‌علت پسروی آب، سطح میانگین آب در این مطالعه بسیار پایین‌تر از سطح اکولوژیکی آن (۱۲۷۴ متر) می‌باشد. سطح آب دریاچه مخصوصاً در سال ۱۳۹۷ پایین‌تر از ۱۲۷۱ متر بود. درحالی‌که در سال ۱۳۹۸ آب دریاچه از ۱۲۷۱ بالاتر بود که با ظهور توده زنده آرتمیا در دریاچه هم‌زمان بود. پایین‌ترین میزان تراز سطح آب دریاچه در این مطالعه مربوط به مهر ماه ۹۷ با ۱۲۷۰/۲۱ متر و بالاترین آن مربوط به خرداد ۹۸ با ۱۲۷۱/۹۱ متر می‌باشد (شکل ۲). دمای آب دریاچه ارومیه چرخه‌ای یک‌ساله دارد، به‌طوری‌که در فصل خشک دما بالا رفته و در فصل بارندگی دما پایین است (شکل ۳). پایین‌ترین دمای آب دریاچه در طول این مطالعه ۲/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که مربوط به دی ماه ۹۷ است. هم‌چنین بالاترین دمای آب در این دوره ۳۰ درجه سانتی‌گراد و مربوط به مرداد ماه ۹۸ است (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است الگوی تغییرات فصلی شوری آب با تغییرات سطح آب مطابقت می‌نماید. در طی سال

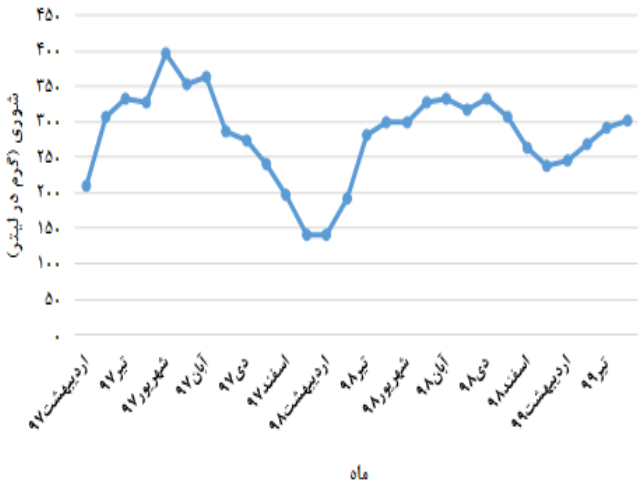
۱۳۹۷ آب دریاچه ارومیه شورتر از سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ بود (شکل ۴). کم‌ترین میزان شوری دریاچه ارومیه در این مطالعه ۱۴۱ گرم بر لیتر در اردیبهشت ۹۸ مشاهده گردید. درحالی‌که بیش‌ترین میزان شوری ۳۹۶ گرم بر لیتر مربوط به شهریور ۹۷ بود. شفافیت آب متغیری است که بیش‌تر تحت تاثیر تراکم فیتوپلانکتون‌ها قرار می‌گیرد. در سال ۱۳۹۷ که عمق آب دریاچه بسیار پایین بود شفافیت از الگوی خاصی پیروی نمی‌کرد، ولی در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ الگوی مشخصی مشاهده می‌شود (شکل ۵). پایین‌ترین و بالاترین مقادیر TDS در دریاچه ارومیه به‌ترتیب از ماه ژوئن ۲۰۱۹ و جولای ۲۰۱۹ مشاهده گردید (شکل ۶). TDS متغییری است که مقدار کل مواد جامد حل‌شده در آب را نشان می‌دهد. مقادیر هدایت الکتریکی (EC) در طی ماه‌های ژوئن تا اگوست ۲۰۱۹ افزایش یافت و در جولای ۲۰۱۹ به بالاترین مقدار رسید (شکل ۷). در سال ۱۳۹۷ به‌علت پایین بودن بیش از حد عمق آب هیچ نوع آرتمیای بالغ، متا و جوان و ناپلی در دریاچه ارومیه مشاهده نگردید. با بالا رفتن آب از اول سال ۱۳۹۸ اشکال زیستی آرتمیا در دریاچه مشاهده گردید (شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰). تراکم سیست آرتمیا نیز در سال ۱۳۹۷ کم و با بالا رفتن آب در سال ۱۳۹۸ بر تراکم آن افزوده شده است (شکل ۱۱). شکل ۱۲ آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) ترکیب جمعیتی آرتمیا و عوامل فیزیکی و شیمیایی دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد.



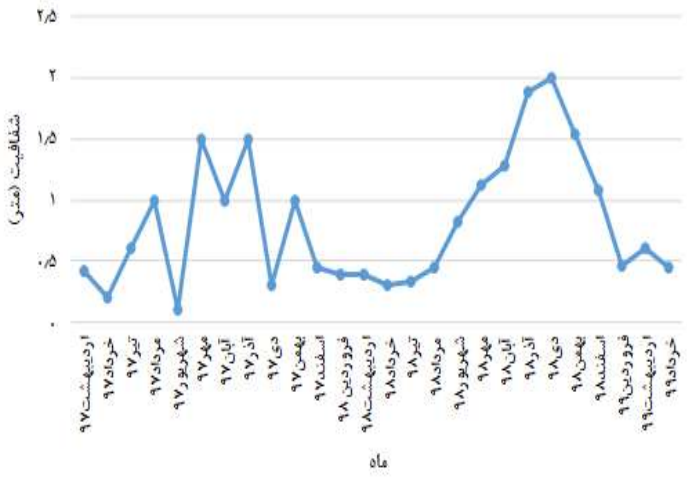
شکل ۲: تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



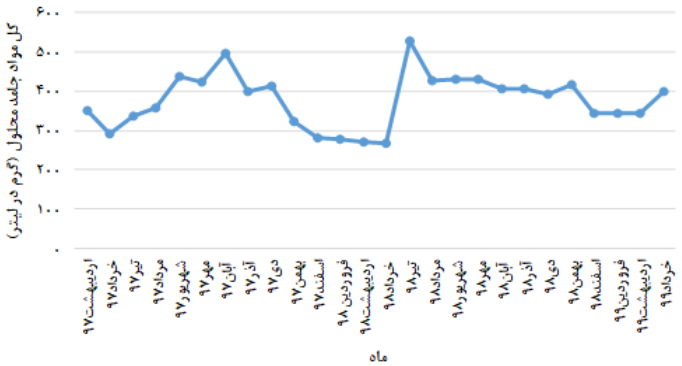
شکل ۳: تغییرات دمای آب دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



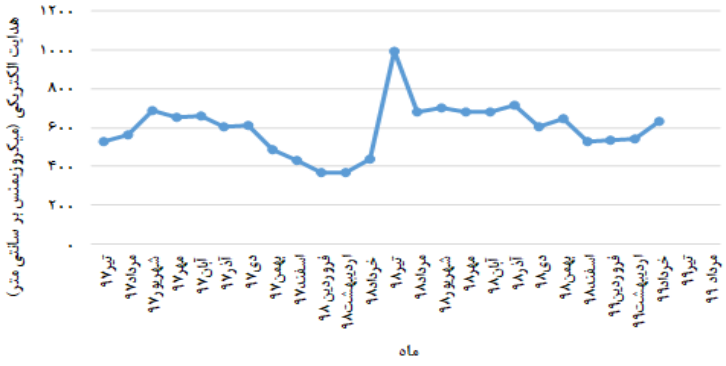
شکل ۴: تغییرات میزان شوری آب دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



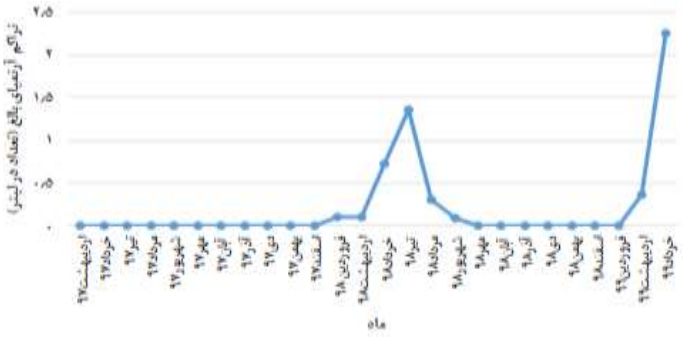
شکل ۵: تغییرات شفافیت آب دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



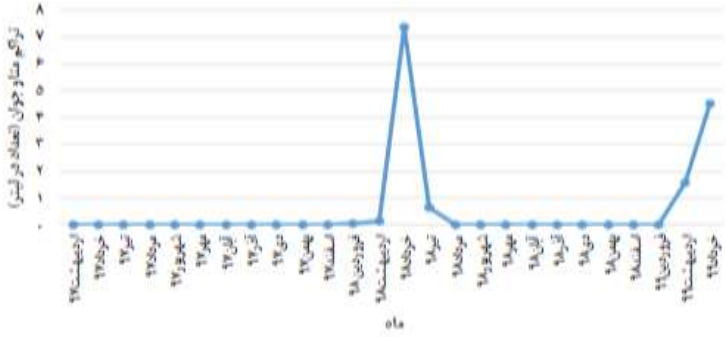
شکل ۶: تغییرات کل‌مواد جامد محلول (TDS) آب دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



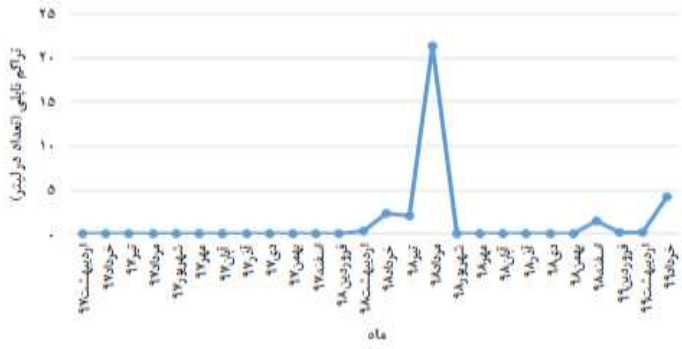
شکل ۷: تغییرات میزان هدایت الکتریکی (EC) آب دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



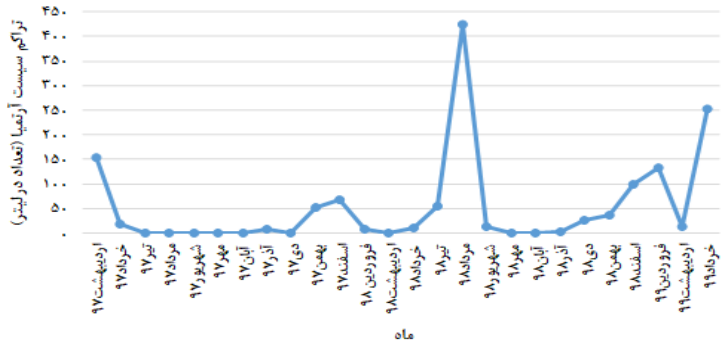
شکل ۸: تغییرات تراکم آرتمیای بالغ دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



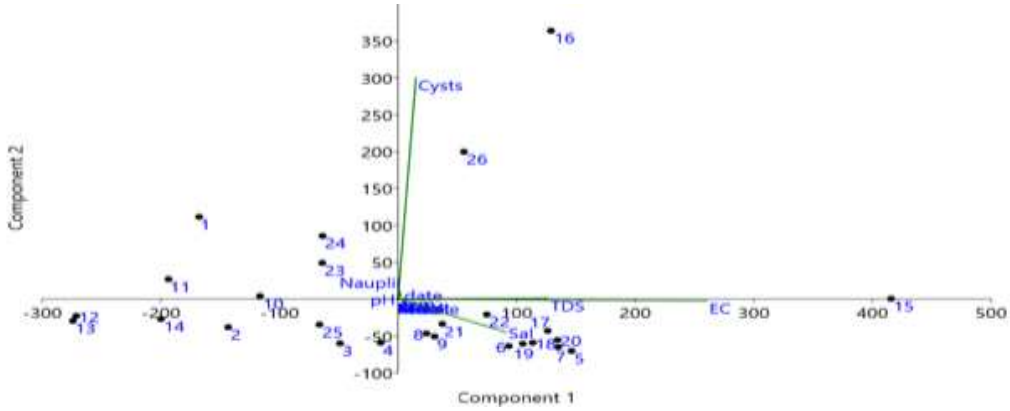
شکل ۹: تغییرات تراکم متا و آرتمیای جوان دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



شکل ۱۰: تغییرات تراکم ناپلی آرتمیا در دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



شکل ۱۱: تغییرات تراکم سیست آرتمیا در دریاچه ارومیه در طی مطالعه حاضر



شکل ۱۲: آنالیز مولفه های اصلی (PCA) ترکیب جمعیتی آرتمیا و عوامل فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه ارومیه

بحث

جمعیت ایران طی چهار دهه بیش از دو برابر شده است و از ۳۷ میلیون نفر به حدود ۸۲ میلیون نفر رسیده است (۱۰). این رشد جمعیت باعث افزایش تقاضا برای غذا و آب شده است. برای برآورده کردن نیازهای فزاینده مردم، سدها، چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، ایستگاه‌های پمپ آب زیرزمینی و لوله‌های انحراف آب متعددی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه احداث شده‌اند. Fathian و همکاران نشان دادند که طی ۳۵ سال گذشته کشاورزی، باغداری و زراعت دیم به ترتیب ۴۱۲٪، ۳۳۳٪ و ۶۲۷٪ افزایش یافته‌اند (۱۱). در واقع در این مدت، زمین‌های با پوشش گیاهی طبیعی (مراتع) تبدیل به زمین‌های کشاورزی شده‌اند. از سال ۱۳۶۶ تاکنون زمین‌های کشاورزی دو برابر و مساحت مناطق شهری سه برابر شده‌اند. افزایش خشکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که بیش‌تر دریاچه‌های بسیار شور در آن‌ها قرار دارند اثرات چشمگیری بر این اکوسیستم‌های حساس دارد. در واقع دریاچه‌های بسیار شور داخلی واقع در حوزه‌های آبریز بسته در دوره‌های زمانی کوتاه و طولانی مدت در معرض نوسانات طبیعی و انسانی از نظر اندازه و غلظت نمک قرار دارند. تراکم و ساختار جمعیتی آرتمیا در دریاچه‌های بسیار شور به‌ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است. در واقع ساختار جمعیتی و تراکم و فراوانی اشکال مختلف زیستی آن وابسته به عوامل متعددی بوده و بررسی آن نسبتاً پیچیده است. فصل رشد و نمو توده زنده آرتمیا در مناطق معتدل نسبتاً محدود است و در فصل گرم سال یعنی از اردیبهشت تا اوایل آذر مشاهده می‌شود. از طرف دیگر وجود عوامل خارجی نظیر صید قاچاق و خورده شدن توسط پرندگان نیز بر جمعیت آرتمیای دریاچه ارومیه تاثیرگذار است. بنابراین، تعیین دقیق عوامل فیزیکی شیمیایی موثر بر جمعیت آرتمیا کمی سخت به‌نظر می‌رسد که در این مطالعه نیز مشهود است. Velasco و همکاران اثر تغییرات شوری بر اجتماعات زیستی را دریک جویبار بسیار شور مدیترانه‌ای مطالعه کردند (۲۱). آن‌ها نشان دادند که تعداد تاکسون و شاخص تنوع با افزایش شوری کاهش می‌یابد. نتایج آن‌ها فرضیه اولیه مبنی بر این‌که رقیق شدن باعث افزایش غنا و تنوع زیستی ولی باعث کاهش تراکم می‌گردد را تأیید می‌کند. به‌عبارت دیگر هر چقدر آب شورتر باشد، تنوع گونه‌ای پایین‌تر و ساختار اکوسیستم ساده‌تر می‌شود (۲۲). میگوی آب‌شور جنس آرتمیا ماکرو زئوپلانکتون غالب در بسیاری از محیط‌های بسیار شور است (۲۳). این سخت‌پوست اغلب در زنجیره غذایی آب‌های بسیار شور دیده می‌شود و فعالیت چرانی آن شفافیت آب را کنترل می‌کند (۲۴، ۲۵). آرتمیا از نظر تغذیه موجودی فیلترکننده غیرانتخابی است و از مواد زاید کف آب یا از جلبک‌های تک‌سلولی و سایر پلانکتون‌های ستون آب تغذیه می‌نماید. آنالیز PCA (شکل ۱۲) نشان می‌دهد که شوری آب به‌عنوان اثرگذارترین عامل باعث تفکیک گروهی از ماه‌های نمونه‌برداری از بقیه گردیده است. این یافته با نتایج مطالعه Vignatti و همکاران هم‌خوانی دارد که شوری آب را به‌عنوان مهم‌ترین عامل در تغییرات ترکیب جمعیتی آرتمیا در دریاچه بسیار شوری در آرژانتین معرفی کرده‌اند (۲۶). Torrentera و Dodson دریافتند که مهم‌ترین عوامل فیزیکی شیمیایی موثر بر ترکیب جمعیتی آرتمیا در استخرهای تولید نمک سواحل شمالی مکزیک دمای آبْ شوری و اکسیژن محلول می‌باشد (۲۷). در مطالعه ما نیز اثر دمای آب و شوری به‌عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر بر ترکیب جمعیتی آرتمیا مشاهده گردید. Naucer و همکاران در دریاچه‌ای در تونس ارتباط معنی‌داری بین فاکتورهای فیزیکی شیمیایی آب و ترکیب جمعیتی و تراکم آرتمیا پیدا نکردند (۲۸). این یافته با نتایج مطالعه ما که دما و شوری آب را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر ترکیب جمعیتی و تراکم آرتمیا در دریاچه ارومیه گزارش می‌نماید مغایرت دارد. Dahesht و همکاران ارتباط بین ترکیب جمعیتی آرتمیا و کلروفیل آ را در دریاچه ارومیه مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که مراحل زیستی مختلف آرتمیا از ماه اسفند تا مرداد در دریاچه ارومیه حضور داشتند و بالاترین تراکم توده زنده در اواخر اسفند مشاهده گردید (۲۹). این یافته‌ها نیز با مطالعه ما مغایرت دارد. در مطالعه ما در سال ۱۳۹۷ توده زنده آرتمیا اصلاً مشاهده نشد که علت آن پایین بودن بیش از حد سطح آب دریاچه و باقی‌ماندن آن در کانال ۱۲۷۰ متر در این سال بود. از طرف دیگر در مطالعه ما توده زنده آرتمیا در سال ۱۳۹۸ از اسفند ماه تا آبان در دریاچه مشاهده گردید هرچند تراکم آن در ماه‌های مهر و آبان بسیار کم بود و بیش‌ترین تراکم آرتمیا بر خلاف مطالعه فوق در تیر ماه ۹۸ مشاهده گردید. مسئله مهم دیگر در آنالیز PCA جدایی میزان تراکم سیست آرتمیا از بقیه اشکال زنده آرتمیاست. علت این امر را می‌توان به عدم از بین رفتن سیست در فصل سرما نسبت داد که علی‌رغم از بین رفتن تمام اشکال زیستی آرتمیا سیست آن هم‌چنان می‌تواند در فصل سرد در آب باقی بماند. به‌عبارت دیگر الگوی رفتاری آن با توده زنده آرتمیا تفاوت نشان می‌دهد. کاهش سطح آب تراکم آرتمیا را در دریاچه ارومیه کاهش داده است. در سال ۱۸۹۸ زمانی که شوری آب حدود ۱۵۰ گرم بر لیتر بود. Günther ۱۶۰۰-۱۲۰۰ عدد آرتمیا در هر مترمکعب آب شمارش کرد (۱۳). Kelts و Shahrabi تراکم ۳۰۰۰ آرتمیا در هر مترمکعب آب را در مطالعه خود بر روی دریاچه ارومیه در سال ۱۹۷۷ گزارش کردند (۳۰). با کاهش سطح آب تراکم آرتمیا نیز به‌سرعت کاهش یافته است به‌طوری‌که از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ هیچ‌گونه آرتمیایی از دریاچه گزارش نشده است. شوری بالای دریاچه 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 (۳۱). به‌علاوه با پسروی دریاچه تراکم سیست آرتمیا نیز کاهش می‌یابد. Asem و همکاران در سال ۱۳۷۴ تراکم سیست آرتمیا را حدود ۴۰۰ عدد در لیتر تخمین زد (۱۵)، درحالی‌که تراکم سیست براساس مطالعه ارزیابی ذخایر سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ به‌ترتیب ۲۷، ۲۵، ۱۱، ۸ و ۳ عدد سیست در لیتر بود (۱۶، ۱۷). روند کاهشی فوق با شروع پسروی دریاچه مطابقت داشت. پس از سال ۱۳۸۶ ارزیابی ذخایر انجام نگرفته است، با این وجود گزارشات غیررسمی نشان می‌دهد که در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ کم‌تر از ۱ عدد سیست در هر لیتر آب دریاچه وجود داشته است. در مطالعه ما نیز تراکم سیست آرتمیا بسیار پایین‌تر از ۱ عدد در لیتر آب می‌باشد. حافظیه ذخایر آرتمیا را در دریاچه ارومیه مورد مطالعه قرار داد (۳۲). او نتیجه گرفت که به‌علت کاهش آب دریاچه، میزان شفافیت آب برابر با عمق آن است و سیست آرتمیا در لایه سطحی انباشته می‌شود. او اضافه کرد که بخش جنوبی نسبت به بخش شمالی آن سیست و توده زنده آرتمیای بیش‌تری دارد. به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که دما و شوری آب به‌عنوان تاثیرگذارترین پارامترها بر میزان تراکم و ترکیب جمعیتی آرتمیا می‌باشند. علاوه بر کاهش تراکم توده زنده و سیست آرتمیا در واحد حجم آب دریاچه، کاهش حجم دریاچه از حدود ۱۲ میلیون مترمکعب در سال‌های پرآبی به حدود ۳ میلیارد مترمکعب در سال‌های اخیر باعث کاهش ۴ برابری میزان ذخایر آرتمیا در آن شده است. از طرف دیگر این مطالعه نشان داد که میزان افزایش شوری آب دریاچه ارومیه با کاهش سطح آن تناسب مستقیمی ندارد، زیرا تمام نمک حاصل از کاهش آب در آن حل نمی‌شود و بیش‌تر آن به‌صورت بلور در کف دریاچه رسوب می‌نماید.

منابع

1. **ULRP (Urmia Lake Restoration Program) 2017.** Integrated program for sustainable water resources management in Lake Urmia Basin. Project work plan.
2. **UNEP (United Nations Environment Program) 2012.** The drying of Iran's Lake Urmia and its environmental consequences. Tech. Rep. United Nations Environment Programme, Global Environmental Alert Service (GEAS).
3. **Sheikhi, M., 2018.** Lake Urmia water level increases by 7 cm. MEHR News Agency.
4. **ULRP (Urmia Lake Restoration Program) 2015.** Brief Report and Projects Outline.
5. **Tourian, M.j., Elmi, O., Chen, Q., Devaraju, B., Roohi, Sh. and Sneeuw, N., 2015.** A spaceborne multisensory approach to monitor the desiccation of Lake Urmia in Iran. Remote Sens. Environ. 156: 349-360.
6. **Shadkam, S., Ludwig, F., van Vliet, M.T.H., Pastor, A. and Kabat, P., 2016.** Preserving the world second largest hypersaline lake under future irrigation and climate change. Sci. Total Environ. 559: 317-325.
7. **Sima, S. and Tajrishi, M., 2013.** Using satellite data to extract volume-area-elevation relationship for Urmia Lake, Iran. J. Great Lakes Res. 39: 90-99.
8. **Agh, N.H., 2018.** How to save Lake Urmia? Presentation held in the premises of ULRP (Urmia Lake Restoration Program) regional office. Urmia.
9. **Maleki, R., Nooripoor, M., Azadi, H. and Lebailly, P., 2018.** Vulnerability assessment of rural households to Urmia Lake drying (the case of Shabestar Region). Sustainability. 10: 1862.
10. **World Bank 2019.** Population, total - Iran, Islamic Rep. Data. https://data.worldbank.org. (Accessed June 16, 2020).
11. **Fathian, F., Dehghan, Z. and Eslamian, S., 2016.** Evaluating the impact of changes in land cover and climate variability on streamflow trends (case study: eastern subbasins of Lake Urmia, Iran) Int. J. Hydro. Sci. Technol. 6: 1-26.
12. **Behrouze, B., 2014.** Comparison of Fluctuation of Species Number and Population of Breeding Species of Birds in Lake Urumia in 1981 and 2011. Environmental Researches. 4(8): 195-204. (In Persian)
13. **Günther, R.T., 1899.** Crustacea. 394-399. In: Günther, R.T., (Ed) Contributions to the National History of Lake Urmi, N.W. Persia, and its Neighbourhood. The Journal of Linnean Society (Zoology), 27: 345-453.
14. **Hafezieh, M. 2016.** Estimation of *Artemia* reserves in Lake Urmia. Final report of the research project. Research Institute of Fisheries Sciences of the country. Tehran Iran. (In Persian)
15. **Asem, A., Mohebbi, F. and Ahmadi, R., 2012.** Drought in Urmia Lake, the largest natural habitat of brine shrimp *Artemia*. World Aquaculture. 43: 36-38.
16. **Ahmadi, R., 2014.** Changes in *Artemia* population in Lake Urmia. Final report of the research project. Artemia Research Center of the country. Urmia, Iran. (In Persian)
17. **Ahmadi, R. 2016.** Evaluation of *Artemia* population changes in Lake Urmia. Final report of the research project. Artemia Research Center of the country. Urmia, Iran. (In Persian)
18. **http://www.agrw.ir**
19. **Hafezieh, M., 2012.** *Artemia*, saltwater shrimp, Tehran, Iran Fisheries Research Institute, Scientific Information Management and International Relations. (In Persian)
20. **Hammer, Ø., Harper, D.A.T. and Ryan, P.D., 2001.** PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Palaeontol. Electron. 4: 1-9.
21. **Velasco, U., Álvarez-Uriarte, J.I. and González-Velasco, J.R., 2006.** Kinetics of chloroform formation from humic and fulvic acid chlorination. Journal of Environmental Science and Health. 41: 1495-1508.
22. **Borowitzka, L.J., 1981.** The microflora, Adaptations to life in extremely saline lakes. Hydrobiologia. 8: 33-46.
23. **Wurtsbaugh, W.A. and Gliwicz, Z.M., 2001.** Limnological control of brine shrimp population dynamics and cyst production in the Great Salt Lake, Utah. Hydrobiologia. 466: 119-132.
24. **Wurtsbaugh, W.A., 1992.** Food- web modification by an invertebrate predator in the Great Salt Lake (USA). Oecologia. 89: 168-175.
25. **Lenz, P.H., 1987.** Ecological studies on Artemia: a review. In Sorgeloos, P., Bengston, D.A., Decleir, W. and Jaspers,

E., (eds), *A. urmiana* Research and its Applications, 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren. Belgium.

26. **Vignatti, A.M., Cabrera, G.C. and Echaniz, S.A., 2017.** Population dynamics of the brine shrimp *Artemia persimilis* Piccinelli & Prosdocimi, 1968 (Crustacea, Anostraca) in a hypersaline lake of the Central Pampa (Argentina). Biota Neotropica. 17(3): e20170353. Epub September 28, 2017.https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2017-0353

27. **Torrentera, L. and Dodson, S.I., 2004.** Ecology of the brine shrimp *Artemia* in the Yucatan, Mexico, Salterns, Journal of Plankton Research. 26(6): 617-624.

28. **Naceur, H.B., Rejeb Jenhani, A.B. and Salah, M., 2011.** Influence of environmental factors on the life cycle and morphology of *Artemia salina* (Crustacea: Anostraca) in Sabkhet El Adhibet (SE Tunisia). Romdhane. Biological Lett. 48(1): 67-83.

29. **Dahesht, L.E., Mustafayef, Q., Mohebbi F. and Ahmadi, R., 2013.** Relationship Between *Artemia* Population Dynamics and Chlorophyl a Fluctuations in Urmia Lake (Iran). Braz. J. Aquat. Sci. Technol. 17(2): 1-6.

30. **Kelts, K. and Shahrabi, M., 1986.** Holocene sedimentology of hypersaline Lake Urmia, northwestern Iran. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 54: 105-130.

31. **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. Eur. J. Intern. Med. 60: e14-e15.

32. **Hafezieh, M., 2016.** Estimation of *Artemia* reserves in Lake Urmia. Final report of the research project. Research Institute of Fisheries Sciences of the country. Tehran Iran.