

Biodiversity, History, and Ecological Risks of Iranian Artemia (with Emphasis on Urmia Lake Artemia)

Fereidun Mohebbi^{1*} , Alireza Asem²

1. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Forest and Rangeland, Research and Agriculture Education Center of West Azarbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran

Email: f.mohebbi@areeo.ac.ir **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0677-6857>

2. Assistant professor, College of Fisheries and Life Science, Hainan Tropical Ocean University, Sanya 572022, China

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received: 05 October 2025 Revised: 16 December 2025 Accepted: 28 December 2025 Published: 22 December 2026 Keywords: Artemia urmiana, Artemia franciscana, parthenogenic Artemia, invasive species, regional red list.	Lake Urmia, the largest natural habitat of Artemia in Iran, is on the verge of extinction. About 125 years ago, British biologist Robert Günther named the Lake Urmia brine shrimp under the species Artemia urmiana. According to the latest checklist, there are 59 locations across Iran where Artemia has been scientifically recorded or reported. This study aims to review the ecological hazards of Artemia in Iran, with an emphasis on Lake Urmia brine shrimp. The research methodology is based on studies conducted by the authors of the article and searches in the most important search systems on the Internet. Based on the findings of this study, as the water level of Lake Urmia continued to decline over the past two decades, the egg density decreased from 339 eggs per liter in 1994 to less than 1 egg per liter between 2007 and 2011 and 0.012 eggs per liter in October 2014, and no adult nauplii or Artemia were observed in the lake. Accordingly, in the latest Artemia checklist in 2024, it was suggested that the species Artemia urmiana should be listed as a “Critically Endangered” species in the “Regional Red List” of Iran. The results of the study show that all natural Artemia habitats, especially Lake Urmia, are in critical ecological conditions. On the other hand, the lack of studies on hermaphrodite Artemia and the presence of the invasive Artemia Franciscana as a non-native species from North America in these habitats have complicated the data related to Artemia biodiversity in Iran. The lack of new data and the heterogeneity of the methodology for assessing Artemia populations, especially in Lake Urmia, have made accurate analysis of biodiversity data challenging. Overall, it is necessary to fundamentally revise the management of water resources in these habitats.
How to Cite: Mohebbi, F. and Asem, A. (2026). Biodiversity, History, and Ecological Risks of Iranian Artemia (with Emphasis on Urmia Lake Artemia). <i>Journal of Natural Environmental Hazards</i>, 15 (50), 111-132.	
	© The Author/Authors Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2025.53441.2140	

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

The small crustacean brine shrimp of the genus *Artemia* Leach, 1819, are mainly adapted to live in highly saline environments, including saline or alkaline lakes, salt production ponds, coastal wetlands, and brackish river margins. *Artemia* has nine species with populations of endemic regional distribution, which is consistent with the principles of “island biogeography.” One species is found in the Mediterranean region, five in Asia, and three in the Americas. *Artemia franciscana* has been introduced to Africa, Australia, and Eurasia by human intervention through aquaculture and salt production activities. The genus *Artemia* also includes monogamous specimens distinguished by different ploidy levels (di-, tri, tetra, and penta-ploidy). Despite the economic importance of *Artemia* in aquaculture, which has stimulated laboratory research, its commercial value has limited field studies. This trend continues, and the contribution of field studies to the taxonomy, ecology, and biodiversity of this genus remains negligible. Given the pivotal role of *Artemia* as live food in aquaculture, it is essential to continuously and systematically assess its stocks and deepen our understanding of its species diversity. Here, we present a comprehensive review of historical documents dating back to the 10th century and contemporary scientific literature.

DATA AND METHODOLOGY

The findings indicate that *Artemia* has been recorded or reported in 59 locations (natural habitats and farms) across Iran, where *Artemia* has been recorded or reported (Fig. 1). This represents a significant increase from the 23 locations reported in the last checklist in 2016.

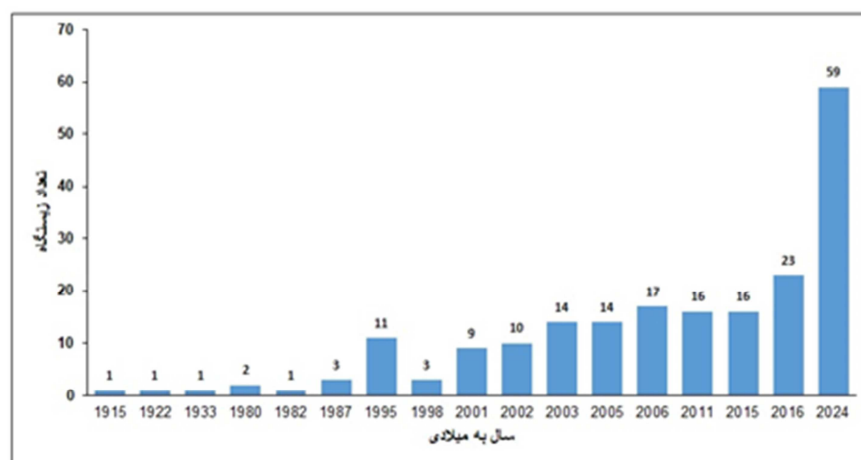


Figure 1: Number of recorded *Artemia* habitats in Iran based on global and regional checklists

(Global checklists: Abouni, 1915; Artum, 1922; Stella, 1933; Persone and Sorgelos, 1980; Brown and McDonald, 1982; Vanhake et al., 1987; Triantaphylidis et al., 1998; Van Stoppen, 2002)(Regional checklists: Nouri, 1995; Agh et al., 2001; Hafezieh, 2003; Jafari and Vatandoost 2005, Abatzopoulos et al., 2006; Jafari and Astani, 2011; Hafezieh et al., 2015; Agh, 2016; Asem et al., 2024)

Lake Urmia Habitat of *Artemia urmiana*

Lake Urmia is the largest natural habitat of *Artemia urmiana*, known as the only native bisexual species of *Artemia* in Iran. Over the past 20 years, Lake Urmia has experienced a significant decline in water level, primarily attributed to a combination of environmental disturbances and human activities. The Iranian geographer Abu Ishaq Estakhri recorded the first scientific record of *Artemia* from the lake between 930 and 933. About a thousand years later, the British biologist Robert Gunter named the *Artemia* species of Lake Urmia *Artemia urmiana*. However, as the water level continued to decline

and Lake Urmia dried up over the past two decades, *Artemia* stocks have also declined. The egg density has dropped from 339 eggs per liter in 1995 to less than 1 egg per liter between 2008 and 2012, and 0.012 eggs per liter in September 2024, and no adult Neapolitan or *Artemia* species have been observed in the lake since. According to the latest NASA image taken on September 16, 2025, Lake Urmia (Fig. 2), once the largest inland lake in Iran and the 20th largest lake in the world, has completely dried up. Accordingly, in the latest *Artemia* checklist in 2024, it was suggested that *Artemia urmiana* should be listed as a “Critically Endangered” species on the “Regional Red List” of Iran. Given the environmental hazards and successive droughts that threaten *Artemia* habitats worldwide, as well as the small number of *Artemia* species, the importance of this study becomes even more apparent.

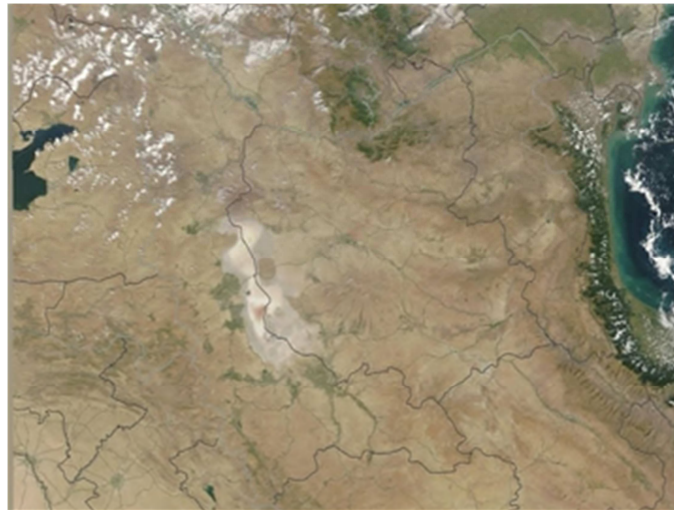


Figure 2: NASA image of Lake Urmia on September 7, 2025.

RESULTS AND DISCUSSION

Asexual forms of *Artemia* cannot be classified as members of a single taxon. Eimanifer et al. (2014) cautiously used the term “Eurasian haplotype complex” for this group of species. The title “parthenogenetic *Artemia* lineages” was proposed for those groups of *Artemia* that reproduce exclusively by asexual means.

Invasive *Artemia franciscana*

The introduction and proliferation of the non-native species *Artemia franciscana* on all continents since the late 1970s has posed a significant threat to native species. The first report of the presence of the non-native species *Artemia franciscana* in Iran was in 2006 from Lake Noq. In the latest checklist in 2024, the presence of *Artemia franciscana* was reported in 12 habitats, three of which include the natural lakes of Maharloo, Tashk, and Bakhtegan, which are the natural habitats of *Artemia*. The significant increase in habitats occupied by this non-native species over the past 20 years is a serious threat to the biodiversity of natural habitats in Iran. Therefore, continuous monitoring of *Artemia* habitats should be included in conservation management strategies, and at the same time, the development of the aquaculture industry and the preservation of native *Artemia* biodiversity should be prioritized.

Human encroachment and occupation have led to the destruction of *Artemia* habitats in many parts of the country. In addition, climate change has caused Lake Bazengan in North Khorasan Province to transform from a brackish to a hypersaline environment, which now hosts *Artemia*. The origin of *Artemia* in Lake Bazengan is still unknown; however, owing to the lack of human intervention in

introducing *Artemia* to the lake, the presence of parthenogenetic *Artemia* seems more likely to have been introduced by migratory waterfowl or wind from nearby areas. The high competitiveness of *Artemia franciscana* has caused it to outcompete native *Artemia* species in the habitats it occupies and become the dominant species in these habitats. Preliminary studies indicate that native parthenogenetic *Artemia* lineages in Iran have a higher production potential than native *Artemia urmiana* and non-native *Artemia franciscana*. Considering these findings, priority should be given to using native parthenogenetic *Artemia* in aquaculture to preserve *Artemia* biodiversity.

CONCLUSION

The lack of new biodiversity data and the methodological heterogeneity of *Artemia* population assessments conducted to date in natural habitats, especially in Lake Urmia, have made biodiversity data analysis challenging. Therefore, it is essential to adopt a specific protocol in accordance with standard methods for the continuous data collection and analysis.

ETHICAL CONSIDERATIONS

Conflict of Interest Statement: The authors declare no conflict of interest.

Ethical Statement: This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

REFERENCES

References [in Persian]

- Hafezieh, M. (2003). *Artemia*, Brine Shrimp. Iranian Fisheries Science Research Institute Press, Tehran, 214 pages. [In Persian]
- Hafezieh, M; Sharifian, Mansour; Hosseinpour, Homeira. (2015). Cysts and nauplius biometrical comparison of Iranian *Artemia*. *Journal of Aquaculture Development*, 9, 11–24. [In Persian]
- Jafari, A.; Vatandoost, S. (2005). Geographical distribution of *Artemia*. Congress of Marine Science and Technology, 22 December 2005, Tehran: Iran. [In Persian]
- Jafari, M, Astani, S. (2011). Studying and investigating the different usages of *Artemia* and its distribution in the country. The first national conference on economic resolutions in the field of Agriculture and Natural Resources, 15 December 2011, Qom, Iran. [In Persian]
- Keramati, E; Armon, F; Khatami, S. Y. (2016). Beauty at the edge of the development, the encounterment of Ardabil City and the Shorabil Lake. *Manzar*, 37, 30–37. [In Persian]
- Sabak Ara, J; Makaremi, M. (2011). Surveying the density and distribution of plankton and their role in Shorabil (Ardabil) Lake. *Journal of Biology Science*, 5, 31–46. [In Persian]
- Noori, F. (1996). Study the morphology, reproduction, and life cycle of *Artemia urmiana* of Urmia Lake. Urmia University, 60 pages. [In Persian]

References [in English]

- Asem, A., Yang, C., Eimanifar, A., Hontoria, F., Varó, I., Mahmoudi, F., Fu, C., Shen, C., Rastegar-Pouyani, N., Wang, P., Li, W., Yao, L., Meng, X., Dan, Y., Rogers, C. & Gajardo, G. (2023). Phylogenetic analysis of problematic Asian species of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca), with the descriptions of two new species. *Journal of Crustacean Biology*, 43, 1–25. <http://doi.org/10.1093/icbiol/ruad002>
- Asem, A.; Eimanifar, A.; Wink, M. (2024a). Species diversity and distribution of *Artemia* (Crustacea, Anostraca) in Iran: Historical contexts and updated review. *Zoodiversity*, 58, 269–298.
- Asem, A., Gajardo, G., Hontoria, F., Yang, C., Shen, C., Rastegar-Pouyani, N., Padhye, S. M. & Sorgeloos, P. (2024 b). The species problem in *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca), a genus with sexual species and obligate parthenogenetic lineages. *Zoological Journal of the Linnean Society*, zlad192. <http://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlad192>
- Collins, N. C. (1977). Ecological studies of terminal lakes-their relevance to problems in limnology and population biology. In: Greer, D. C., ed. *Desertic Terminal Lakes*. Utah Water Resources Laboratory, Utah, 411–420.
- Rogers, D. C. (2015). A conceptual model for anostracan biogeography. *Journal of Crustacean Biology*, 35, 686–99. <http://doi.org/10.1163/1937240X-00002369>
- Eimanifar, A., Van Stappen, G., Marden, B. & Wink, M. (2014). *Artemia* biodiversity in Asia with the focus on the phylogeography of the introduced American species *Artemia franciscana* Kellogg, 1906. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 79, 392–403. <http://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.06.027>.

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۵، شماره ۵۰، شماره پیاپی ۰۴، دی ۱۴۰۵

تاریخچه تنوع زیستی و مخاطرات بوم شناختی آرتمیای ایران (با تاکید بر آرتمیای دریاچه ارومیه)

فریدون محبی^{۱*}، علیرضا عاصم^۲

۱. استادیار پژوهشی، بخش جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، ارومیه، ایران (نویسنده مسئول)

ایمیل: f.mohebbi@areeo.ac.ir ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0677-6857>

۲. استادیار، کالج شیلات و علوم زیستی، دانشگاه اقیانوس شناسی هانین، سن یا ۵۷۲۰۲۲، چین

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۱۰/۰۱ واژه‌های کلیدی: <i>Artemia urmiana</i> <i>Artemia franciscana</i> آرتمیای بکرزا، گونه مهاجم، فهرست قرمز منطقه‌ای.	دریاچه ارومیه، بزرگ‌ترین زیستگاه طبیعی آرتمیا در ایران در شرف نابودی است. حدود ۱۲۵ سال پیش، رابرت گانتز زیست‌شناس بریتانیایی، آرتمیای دریاچه ارومیه را تحت گونه <i>Artemia urmiana</i> نام-گذاری کرد. طبق آخرین چک لیست، ۵۹ مکان در سراسر ایران وجود دارد که آرتمیا در آنها به‌طور علمی ثبت یا گزارش شده است. هدف از این مطالعه، مروری بر مخاطرات بوم‌شناختی آرتمیا در ایران و بررسی تاریخچه این مخاطرات با تاکید بر آرتمیای دریاچه ارومیه می‌باشد. روش پژوهش بر پایه مطالعات انجام‌شده توسط نویسندگان مقاله و جستجو در مهم‌ترین سامانه‌های جستجوی منابع در اینترنت استوار می‌باشد. بر پایه یافته‌های این مطالعه، با ادامه کاهش سطح آب دریاچه ارومیه طی دو دهه گذشته، تراکم تخم از ۳۳۹ تخم در لیتر در سال ۱۳۷۳، به کمتر از ۱ تخم در لیتر بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ و ۰/۰۱۲ تخم بر لیتر در مهر ماه ۱۴۰۳ کاهش یافته و هیچ‌گونه ناپلی یا آرتمیای بالغ در دریاچه مشاهده نشده است. بر همین اساس در آخرین چک لیست آرتمیا در سال ۲۰۲۴ میلادی، پیشنهاد شد که گونه <i>Artemia urmiana</i> می‌بایستی به‌عنوان یک گونه «به‌شدت در معرض خطر» (<i>Critically Endangered</i>) در «فهرست قرمز منطقه‌ای» ایران قرار گیرد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تمام زیستگاه‌های طبیعی آرتمیا به‌ویژه دریاچه ارومیه از نظر اکولوژیکی در شرایط بحرانی قرار دارند. از طرف دیگر، کمبود مطالعه درباره آرتمیاهای بکرزا و وجود <i>Artemia Franciscana</i> مهاجم به‌عنوان یک گونه غیربومی از آمریکای شمالی در این زیستگاه‌ها، داده‌های مربوط به تنوع زیستی آرتمیا در ایران را پیچیده‌تر کرده است. فقدان داده‌های جدید و ناهمگونی روش‌شناسی ارزیابی جمعیت آرتمیا به‌ویژه در دریاچه ارومیه، تجزیه و تحلیل دقیق داده‌های تنوع زیستی را چالش‌برانگیز کرده است. در کل، لازم است در شیوه مدیریت منابع آب در این زیستگاه‌ها بازنگری اساسی صورت گیرد.
استناد: محبی، فریدون و عاصم، علیرضا. (۱۴۰۵). تاریخچه تنوع زیستی و مخاطرات بوم شناختی آرتمیای ایران (با تاکید بر آرتمیای دریاچه ارومیه). <i>مخاطرات محیط طبیعی</i>، ۱۵ (۵۰)، ۱۱۱-۱۳۲.	
ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان نویسنده/ نویسندگان DOI: 10.22111/jneh.2025.53441.2140	

مقدمه

جنس *Artemia* Leach, 1819 (راسته Anostraca، خانواده Artemiidae)، شامل سخت‌پوستان شاخصی است که در زیستگاه‌های فوق شور در سراسر جهان پراکنش دارند. این جنس دارای ویژگی‌های ریخت‌شناختی و زیستی منحصربه‌فردی همچون فقدان کاراپاس، حضور ۱۱ جفت پای شناگر برگ‌پا، توانایی تحمل دامنه‌های بسیار بالای شوری با قابلیت تولید تخم مقاوم است. آرتمیا به دلیل مقاومت بالا در برابر شرایط محیطی سخت، نقش کلیدی در ساختار جوامع زیستی تالاب‌های شور داشته و از نظر اقتصادی نیز به عنوان منبع مهم غذای زنده در صنعت آبزی پروری اهمیت فراوانی دارد. اهمیت اقتصادی آرتمیا و به تبع آن تلاش برای پرورش آن در زیستگاه‌های غیربومی، ضرورت انجام بررسی‌های دقیق زیست‌جغرافیایی و بوم‌شناختی را دوچندان می‌سازد (گاجاردو و بیردمور، 2012).

آرتمیا، دارای نه گونه با جمعیت‌هایی با پراکندگی بومی-منطقه ای است (عاصم^۱ و همکاران، 2023) که با اصول «جغرافیای زیستی جزیره‌ای» (راجرز^۲، 2015؛ عاصم^۳ و همکاران 2024 الف) همسو است و شامل:

یک گونه در منطقه مدیترانه:

Artemia salina (Linnaeus, 1758)

پنج گونه در آسیا:

Artemia urmiana Günther, 1899 (ایران)

Artemia sinica Cai, 1989 (چین و مغولستان)

Artemia tibetiana Abatzopoulos, Zhang & Sorgeloos, 1998 (فلات تبت)

Artemia sorgeloosi Asem, Eimanifar, Hontoria, Rogers & Gajardo, 2023 (فلات تبت)

Artemia amati Asem, Eimanifar, Hontoria, Rogers & Gajardo, 2023 (فلات تبت)

و سه گونه در آمریکاست:

Artemia monica Verrill, 1869 (اندمیک در دریاچه مونو واقع ایالت کالیفرنیا)

Artemia franciscana Kellogg, 1909 (دارای پراکندگی گسترده سراسر قاره آمریکا)

Artemia persimilis Piccinelli & Prosdocimi, 1968 (شیلی و آرژانتین)

آرتمیا فرانسیسکانا از طریق فعالیت‌های آبزی پروری و تولید نمک به آفریقا، استرالیا و اوراسیا معرفی شده است (عاصم^۴ و همکاران، 2018؛ هوروات^۵ و همکاران، 2018؛ ساجی^۶ و همکاران، 2019؛ شن^۷ و همکاران، 2021؛ عاصم^۸ و همکاران، 2021؛ وو^۹ و همکاران، 2022).

جنس آرتمیا شامل نمونه‌های بکرزا اجباری است که در آن ماده‌ها بدون نیاز به جنس نر، زادآوری می‌کنند. نمونه‌های بکرزا در آرتمیا با سطوح پلوئیدی متفاوت (دی، تری، تترا و پنتاپلوئیدی) متمایز می‌شوند. باریگوزی^{۱۰} (1974)

1 - Asem et al

2 - Rogers

3 - Asem et al

4 - Asem et al

5 - Horváth et al

6 - Saji et al

7 - Shen et al

8 - Asem et al

9 - Wu et al

10 - Barigozzi

اشکال آرتمیا که دارای تولید مثل غیرجنسی بودند را به‌عنوان "A. parthenogenetica" توصیف کرد. عاصم^۱ و همکاران (۲۰۲۴ ب) نتیجه‌گیری کردند با توجه به شیوه بکرزایی اجباری در نمونه‌های بکرزا، عنوان "A. parthenogenetica" نامگذاری غیر معتبر است که با مفهوم گونه زیستی ارنست مایر همخوانی ندارد. همچنین با توجه به اینکه لفظ «جمعیت» در بیوسیس‌ماتیک مدرن و ژنتیک جمعیت اشاره به افرادی با قابلیت تولید مثل جنسی دارد (مایر، ۱۹۷۰)، استفاده از عنوان «جمعیت» برای گروه‌های بکرزای آرتمیا که تولید مثل غیر جنسی دارند جایز نمی‌باشد. از این‌رو، پیشنهاد شد که نمونه‌های بکرزا تحت عنوان "دودمان (های) بکرزای آرتمیا" خوانده شوند (عاصم و همکاران، ۲۰۲۴ ب).

علی‌رغم اهمیت اقتصادی آرتمیا در آبی‌پروری که تحقیقات علمی آزمایشگاهی را برانگیخته است، ارزش تجاری آن، سبب گردید تا مطالعات، بیشتر بر روی تحقیقات آزمایشگاهی برای معرفی بهترین گونه‌ها با پتانسیل تولید مثلی بالا به منظور بهره‌برداری اقتصادی در صنعت آبی‌پروری متمرکز شود. از این‌رو، تحقیقات میدانی و بوم‌شناختی بر روی گونه‌ها و جمعیت‌های آرتمیا کمتر مورد توجه واقع شده است (کولینز^۲، ۱۹۷۷). این روند همچنان ادامه دارد و سهم مطالعات میدانی در طبقه‌بندی، بوم‌شناسی و تنوع زیستی آرتمیا ناچیز است.

با وجود اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی آرتمیا در ایران، به‌ویژه آرتمیای دریاچه ارومیه، شکاف پژوهشی قابل‌توجهی در حوزه مطالعات میدانی، پایش مداوم و ارزیابی ذخایر این موجود در زیستگاه‌های طبیعی مشاهده می‌شود. بیشتر تحقیقات انجام‌شده بر روی جنبه‌های آزمایشگاهی و پرورشی آرتمیا متمرکز بوده و داده‌های جامع و به‌روزی درباره وضعیت جمعیتی، تنوع ژنتیکی و روند تغییرات اکولوژیکی آرتمیا در زیستگاه‌های طبیعی ایران وجود ندارد. همچنین، روش‌شناسی ناهمگون در ارزیابی ذخایر (به‌ویژه در مورد آرتمیای دریاچه ارومیه) (محبی، ۱۴۰۰؛ محبی و همکاران، ۱۴۰۰ الف؛ محبی و همکاران، ۱۴۰۰ ب؛ محبی و همکاران، ۱۴۰۱)، فقدان برنامه‌های پایش منظم و کمبود مطالعات در مورد دودمان‌های بکرزای بومی و تأثیرات گونه مهاجم *Artemia franciscana*، تحلیل دقیق وضعیت تنوع زیستی آرتمیا در ایران را با چالش مواجه کرده است. این خلأ اطلاعاتی، تدوین راهبردهای حفاظتی مؤثر و مدیریت پایدار ذخایر آرتمیا را دشوار ساخته است. در این مقاله، هدف نخست آن است که با اتکا به چک‌لیست‌های جهانی و منطقه‌ای، برآوردی تاریخی-بوم‌شناختی از وضعیت آرتمیای بومی ایران به‌ویژه آرتمیا اورمیان در دریاچه ارومیه-ارائه شود. در نهایت، وضعیت گونه غیربومی آرتمیا فرانسیسکانا در ایران نیز مورد بررسی و تحلیل قرار خواهد گرفت.

روش‌شناسی

پایگاه داده‌ی مقالات مرتبط با تنوع زیستی آرتمیا در ایران تا تاریخ خرداد ۱۴۰۴ با استفاده از اطلاعات چهار گروه منبع اصلی گردآوری شده است:

(۱) جستجوی مقالات منتشرشده به زبان انگلیسی در نشریات بین‌المللی که در پایگاه داده‌ی الکترونیکی "گوگل محقق" (www.scholar.google.com) نمایه شده‌اند.

1 - Asem et al

2 - Collins

- (۲) جستجوی مقالات منتشرشده به زبان فارسی در نشریات و کنفرانس های داخلی که در پایگاه های داده ای الکترونیکی "مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی" (www.sid.ir)، "بانک اطلاعات نشریات کشور" (www.magiran.com) و "پایگاه سیویلیکا" (www.civilica.com) نمایه شده اند.
- (۳) جستجوی پایان نامه های تحصیلی دانشگاه های ایران و گزارش طرح های سازمان های اجرایی-پژوهشی کشور در پایگاه داده ای الکترونیکی "وبسایت پژوهشکده علوم و فناوری اطلاعات ایران" (www.irandoc.ac.ir) نمایه شده اند.
- (۴) جستجوهای در "سایت گوگل" (www.google.com) جهت تهیه فهرست کتاب شناختی مقالات منتشرشده به زبان انگلیسی و فارسی که در پایگاه های داده ای الکترونیکی نمایه شده اند.

تاریخچه مطالعات تنوع زیستی آرتمیا در ایران

با توجه به نقش محوری آرتمیا به عنوان غذای زنده در آبی پروری، ارزیابی پیوسته و سیستمیک ذخایر آن و تعمیق درک ما از تنوع گونه ای آن ضروری است. چنین تلاش هایی برای مدیریت مؤثر بهره برداری تجاری از آرتمیا و ترویج فعالیت های آبی پروری پایدار ضروری است. در اینجا ما مروری جامع بر اسناد تاریخی مربوط به قرن دهم میلادی و مقالات علمی معاصر ارائه می دهیم.

ایران با خشکسالی های طولانی مدت در مناطق مرکزی و شمالی و گسترش سریع آبی پروری در سواحل جنوبی که تأثیر معنا داری بر تولید تجاری، تنوع زیستی و توزیع آرتمیا دارد، به عنوان یک مطالعه موردی آموزنده عمل می کند. از سال ۱۹۱۵ تا ۲۰۲۴ میلادی، ۱۷ چک لیست شامل هشت فهرست جهانی (آبونی^۱، ۱۹۱۵؛ آرتوم^۲، ۱۹۲۲؛ استلا^۳، ۱۹۳۳؛ پرسونه و سورگلوس^۴، ۱۹۸۰؛ براون و مک دونالد^۵، ۱۹۸۲؛ ونهاکه^۶ و همکاران، ۱۹۸۷؛ تریانتافیلیدیس^۷ و همکاران، ۱۹۹۸؛ ون استاپن^۸، ۲۰۰۲) و نه مطالعه منطقه ای (نوری، ۱۳۷۵؛ آق و همکاران، ۲۰۰۱؛ حافظیه، ۱۳۸۱؛ جعفری و وطن دوست ۱۳۸۴، آباتزوپولوس^۹ و همکاران، ۲۰۰۶؛ جعفری و آستانی، ۱۳۹۰؛ حافظیه و همکاران، ۱۳۹۴؛ آق^{۱۰}، ۲۰۱۶؛ عاصم^{۱۱} و همکاران ۲۰۲۴) بر تنوع زیستی آرتمیای ایران تمرکز داشته است. شکل ۱، شامل اطلاعات مربوط به سال های گزارش تنوع زیستی آرتمیا در ایران که تعداد زیستگاه ها معرفی شده می باشد. یافته ها نشان می دهد که ۵۹ مکان (زیستگاه های طبیعی و مزارع پرورشی) در سراسر ایران وجود دارد که آرتمیا در آنها ثبت و یا گزارش شده است (عاصم^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۴). این آمار افزایش قابل توجهی نسبت به ۲۳ مکان گزارش شده در آخرین چک لیست ارائه شده در سال ۲۰۱۶ را نشان می دهد.

1 - Abonyi

2 - Artom

3 - Stella

4 - Persoone & Sorgeloos

5 - Browne & McDonald

6 - Vanhaecke et al

7 - Triantaphyllidis et al

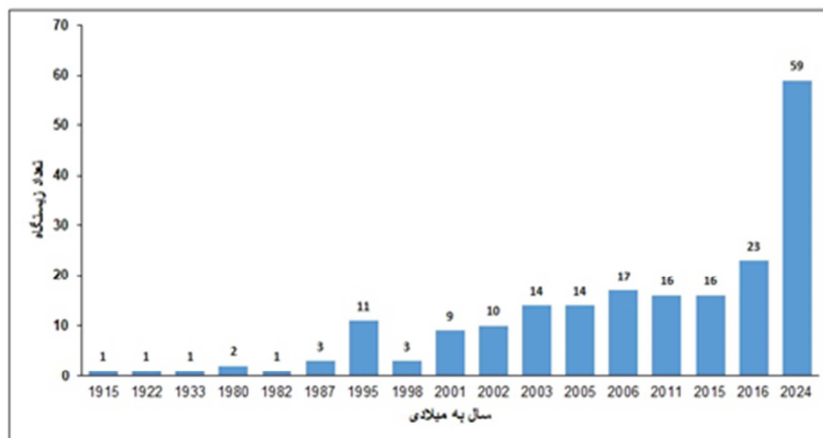
8 - Van Stappen et al

9 - Abatzopoulos

10 - Agh

11 - Asem et al

12 - Asem et al



شکل ۱: تعداد زیستگاه‌های ثبت شده آرتمیا در ایران بر اساس چک لیست‌های جهانی و منطقه‌ای (چک لیست‌های جهانی: ابونی، ۱۹۱۵؛ آرتوم، ۱۹۲۲؛ استلا، ۱۹۳۳؛ پرسونه و سورگلوس، ۱۹۸۰؛ براون و مک دونالد، ۱۹۸۲؛ ونهاکه و همکاران، ۱۹۸۷؛ ترانتافیلیدیس و همکاران، ۱۹۹۸؛ ون استاپن، ۲۰۰۲) (چک لیست‌های منطقه‌ای: نوری، ۱۹۹۵؛ آق و همکاران، ۲۰۰۱؛ حافظیه، ۲۰۰۳؛ جعفری و وطن دوست، ۲۰۰۵؛ آباتزوپولوس و همکاران، ۲۰۰۶؛ جعفری و آستانی، ۲۰۱۱؛ حافظیه و همکاران، ۲۰۱۵؛ آق، ۲۰۱۶؛ عاصم و همکاران ۲۰۲۴ ج)

دریاچه ارومیه زیستگاه آرتمیا اورمیا

دریاچه ارومیه، زیستگاه طبیعی آرتمیا اورمیا، به عنوان تنها گونه بومی دوجنسی آرتمیا در ایران شناخته می شود. دریاچه ارومیه (شرق شهر ارومیه، استان آذربایجان غربی) پیش از این به عنوان بیستمین دریاچه بزرگ جهان با مساحتی بین ۴۷۵۰ تا ۶۱۰۰ کیلومتر مربع رتبه بندی شده بود (ایمانی فر و محبی^۱، ۲۰۰۷)، هرچند اکنون با چالش زیست محیطی دست به گریبان است. ویژگی های متنوع زیستی و بوم شناسی این دریاچه منجر به گنجاندن آن در کنوانسیون رامسر در سال ۱۹۷۵ میلادی (<https://rsis Ramsar.org>) شد و سپس در سال ۱۹۷۶ میلادی توسط یونسکو به عنوان یکی از ۵۹ ذخیره گاه زیست کره جهان تعیین شد (عاصم^۲ و همکاران، ۲۰۱۴، ۲۰۱۶ الف). با این حال، در طول بیست سال گذشته، دریاچه ارومیه کاهش قابل توجهی در سطح آب خود را تجربه کرده است که در درجه اول به مجموعه ای از اختلالات زیست محیطی و فعالیت های انسانی نسبت داده می شود (کریمی^۳ و همکاران، ۲۰۱۶؛ گلابیان^۴، ۲۰۱۱؛ عاصم و همکاران، ۲۰۱۲؛ وورتسبا^۵ و همکاران، ۲۰۱۷؛ سیماء^۶ و همکاران، ۲۰۲۱). پس از سال ۱۳۸۵، افزایش قابل توجهی در شوری دریاچه مشاهده شده است تا جایی که به شوری اشباع تا ۳۰۰ g/L رسیده است (عاصم و همکاران، ۲۰۱۹). دریاچه در بین سال های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۱ شاهد از دست دادن نزدیک به ۶۰ درصد از مساحت سطح و بیش از ۹۰ درصد از حجم خود بود (شولز^۷ و همکاران، ۲۰۲۰).

آرتمیا اورمیا به عنوان تنها ماکروژئوپلانکتون بومی دریاچه ارومیه، نقشی بنیادین در ساختار و پویایی بوم سازگان و زنجیره غذایی این دریاچه ایفا می کند. این گونه منبع اصلی تغذیه پرندگان آبی مهاجر، به ویژه فلامینگوها، به شمار می رود و تداوم جمعیت این پرندگان وابستگی شدیدی به فراوانی و چرخه فصلی آن دارد. همچنین، آرتمیا اورمیا با

1 - Eimanifar & Mohebbi

2 - Asem et al

3 - Karimi et al

4 - Golabian et al

5 - Wurtsbaugh et al

6 - Sima et al

7 - Schulz et al

کنترل زیست‌توده فیتوپلانکتون‌ها و باکتری‌ها و مشارکت در چرخه مواد غذایی، نقشی کلیدی در حفظ تعادل اکولوژیکی دریاچه بر عهده دارد. از این‌رو، هرگونه تغییر در جمعیت آن می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای بر شبکه غذایی و پایداری بوم‌سازگان دریاچه ارومیه برجای گذارد (محبی و همکاران، ۱۴۰۱). همزمان، چندین ارزیابی ذخایر، نوساناتی را در جمعیت آرتمیا اورمیاننا نشان داده‌اند، به‌طوری‌که تراکم تخم از ۳۳۹ تخم در لیتر در سال ۱۳۷۳، به کمتر از ۱ تخم در لیتر بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ و سپس افزایش به ۴/۶ تخم در لیتر در طول سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ رسیده است (عاصم^۱ و همکاران، ۲۰۱۲؛ محبی^۲ و همکاران، ۱۴۰۱). این بحران زیست‌محیطی باعث کاهش شدید تولید سالانه تخم آرتمیا شده است و از حداقل ۴۲۴۳ تن وزن خشک (در نیم متر بلایی آب) در سال ۱۳۷۳ (سورگلووس^۳، ۱۹۹۷) به تقریباً ۵۵ تن وزن خشک (در کل حجم دریاچه) در سال ۱۳۹۶ کاهش یافته است (محبی^۴ و همکاران، ۱۴۰۱). قبل از خشکسالی، کل تخم آرتمیا که بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ برداشت شده بود، حدود ۲۰۴۰۰۰ تن (وزن تر) تخمین زده می‌شد (محبی^۵ و همکاران، ۱۴۰۱).

اولین سند علمی در مورد آرتمیا، به نیمه اول قرن دهم میلادی برمی‌گردد که جغرافیدان ایرانی، ابواسحاق استخری، وجود آرتمیا در دریاچه ارومیه را گزارش کرده است. استخری در کتاب خود، «المسالک و الممالک» (که با عنوان «راه‌ها و کشورها» نیز شناخته می‌شود)، از آرتمیا به‌عنوان «سگ آبی» یاد کرده است. این نسخه خطی بین سال‌های ۹۳۰ تا ۹۳۳ میلادی (قرن دهم میلادی) نوشته شده است (عاصم و ایمانی‌فر^۶، ۲۰۱۶).

پس از روایت استخری، یک جغرافیدان ناشناس ایرانی در نسخه خطی «حدود العالم من المشرق الی المغرب» (ترجمه‌شده با عنوان «محدوده‌های جهان از شرق تا غرب» و همچنین معروف به «مناطق جهان: یک جغرافیای فارسی») در سال ۹۸۲ میلادی (قرن دهم میلادی) به آرتمیا اشاره می‌کند. این نسخه خطی، آرتمیا را به‌عنوان «کرم» توصیف کرده که قادر به زنده ماندن در آب‌های شور دریاچه ارومیه است (عاصم^۷، ۲۰۰۸). بعدها در سال ۱۲۷۵ میلادی، یکی دیگر از جغرافیدانان ایرانی به نام زکریای قزوینی «سگ آبی» را به‌عنوان تنها موجود زنده دریاچه ارومیه در اثر خود «آثار البلدان و اخبار العباد» (همچنین به‌عنوان «یادگارهای سرزمین و تاریخ مردم» شناخته می‌شود) (عاصم و ایمانی‌فر، ۲۰۱۶؛ عاصم و همکاران ۲۰۲۴ ج) گزارش داده است که اشاره به آرتمیا دارد.

علاوه بر این، در سال ۱۸۷۷ میلادی، محمد اعتمادالسلطنه، سیاستمدار ایرانی، حضور آرتمیا را در دریاچه ارومیه مستند کرد و آن را به‌عنوان یک «حیوان نباتی الشكل» در کتاب خود «مرآت البلدان» (یا «آینه شهرها») توصیف نمود (عاصم و همکاران ۲۰۲۴ ج). در روایت بعدی جورج کرزن، دیپلمات بریتانیایی، در کتاب خود در سال ۱۸۹۲ میلادی با عنوان «ایران و مسئله ایران»، از آرتمیای دریاچه ارومیه به‌عنوان گونه‌ای شبیه به «عروس دریایی» نام برده است (کرزن^۸، ۱۸۹۲؛ اسکلاتر^۹، ۱۸۹۳). این مجموعه از روایت‌های تاریخی، شناخت و اهمیت دیرینه آرتمیا در مطالعات اکولوژیکی دریاچه ارومیه و مناطق اطراف آن را تأیید می‌کند.

1 - Asem et al

2 - Mohebbi et al

3 - Sorgeloos

4 - Mohebbi et al

5 - Mohebbi et al

6 - Asem & Eimanifar

7 - Asem

8 - Curzon

9 - Sclater

در اواخر قرن نوزدهم میلادی، رابرت گانتز، جانورشناس بریتانیایی، از کمیته انجمن سلطنتی بریتانیا کمک هزینه تحقیقاتی برای مطالعه جانوران و گیاهان دریاچه ارومیه دریافت کرد (گانتز و مانلی^۱، ۱۸۹۹). او در مراحل اولیه تحقیقات خود، با همکاری پدرش آلبرت گانتز که سمت «مسئول جانورشناسی» در موزه بریتانیا در لندن را بر عهده داشت، گونه آرتمیا در دریاچه ارومیه را در ابتدا به عنوان «مدوسا» و سپس گونه‌ای از «برانچیپوس» معرفی کردند (گانتز^۲، ۱۸۹۸ الف) و بعداً در «گروه آرتمیا از گونه‌های برنچیپوس» طبقه‌بندی نمودند (گانتز^۳، ۱۸۹۸ ب). با این حال، تحقیقات بعدی رابرت گانتز را به این نتیجه رساند که نمونه‌های مشاهده شده در دریاچه ارومیه در واقع متعلق به جنس آرتمیا هستند (گانتز، ۱۸۹۹ الف). سرانجام در سال ۱۸۹۹ میلادی، گانتز آرتمیا اورمیا را از دریاچه ارومیه توصیف و به دنیای علم معرفی کرد (گانتز، ۱۸۹۹ ب).

نکته قابل توجه این است که در مورد نامگذاری آرتمیا اورمیا سردرگمی‌هایی وجود داشته است. در برخی منابع، نام علمی آرتمیا اورمیا به اشتباه به کلارک و بوون^۴ (۱۹۷۶) ارجاع داده شده است، این درحالیست که کلارک و بوون تنها عنوان «میگوهای دریاچه ارومیه» را بدون اشاره به نام علمی آن به کار برده‌اند. علاوه بر این، در مقالات متعدد تاریخ نامگذاری آرتمیا اورمیا توسط گانتز تحت سال‌های مختلف (۱۸۹۰، ۱۸۹۹ و ۱۹۰۰) بیان شده است، اما بعداً تاریخ صحیح توصیف این گونه سال ۱۸۹۹ میلادی بیان شده است (عاصم و راجرز^۵، ۲۰۱۲).

در تعداد قابل توجهی از مطالعات انجام شده از اوایل دهه ۱۹۵۰ تا اواخر دهه ۱۹۸۰، آرتمیا اورمیا به اشتباه به عنوان «*Artemia salina*» گزارش شده است (به عنوان مثال، پلاتنر^۶، ۱۹۵۵؛ لافلر^۷، ۱۹۵۶، ۱۹۵۹، ۱۹۶۱؛ مک‌کارا^۸، ۱۹۷۲). نام آرتمیا سالینا به نادرست برای گونه‌ها و جمعیت‌های مختلف، صرف نظر از وضعیت طبقه‌بندی آنها، به کار رفته است (آبرو-گروبو یس و بیردمور^۹، ۱۹۸۲؛ گاجاردو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۲؛ عاصم^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۰ الف). این مشکل در مطالعات معاصر، به ویژه آنهایی که از آرتمیا به عنوان مدل در مطالعات سم‌شناسی استفاده می‌کنند، تکرار شده است که برای تمام گونه‌ها و جمعیت‌های استفاده شده در تحقیقات سم‌شناسی عنوان آرتمیا سالینا به کار رفته است.

در سال ۱۹۸۷ میلادی، یک سوال اساسی در مورد وضعیت طبقه‌بندی آرتمیای دریاچه ارومیه توسط باریگوزی^{۱۲} و همکاران (۱۹۸۷) مطرح شد که آیا آرتمیای دریاچه گونه *Artemia urmiana* است یا دودمان‌های بکرزا هستند. مطالعه آنها بر روی روش‌های تولیدمثل تقریباً ۵۰۰ فرد در یک محیط آزمایشگاهی متمرکز بود و منحصراً دودمان‌های بکرزا را شناسایی کردند. آنها از طریق تهیه کاربوتایپ و بررسی ۲۴ ناپلی برای تعیین تعداد کروموزوم‌ها، سه دودمان بکرزای متمایز را تشخیص دادند: دیپلوئید (۱۵ نمونه)، تتراپلوئید (۱ نمونه) و پنتاپلوئید (۸ نمونه). آنها پیشنهاد کردند که هم آرتمیای بکرزا و هم آرتمیای دوجنسی ممکن است در دریاچه ارومیه وجود داشته باشند؛ اما

1 - Günther & Manley

2 - Günther

3 - Günther

4 - Clark & Bowen

5 - Asem & Rogers

6 - Plattner

7 - Löffler

8 - McCarraher

9 - Abreu-Grobois & Beardmore

10 - Gajardo et al

11 - Asem et al

12 - Barigozzi et al

به دلیل تمایز اکولوژیکی، در مکان‌های جداگانه‌ای قرار دارند. علاوه بر این، آنها نتیجه گرفتند که بعید به نظر می‌رسد که مشاهده آنها نتیجه جایگزینی آرتمیای بکرزا با انقراض آرتمیا اورمیانا باشد (باریگوزی و همکاران، ۱۹۸۷). همزمان با این یافته‌ها، آذری تاکامی^۱ (۱۹۸۹) مشاهده آرتمیای جنسی و بکرزا را در دریاچه ارومیه گزارش کرد که نشان‌دهنده همزیستی آرتمیای جنسی آرتمیا اورمیانا و آرتمیای بکرزا در یک زیستگاه است (همچنین مراجعه کنید به باریگوزی و بارتلی^۲، ۱۹۸۹؛ براون و بوون^۳، ۱۹۹۱). احمدی^۴ و همکاران (۱۹۹۰) با تکیه بر نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در سال ۱۹۸۷، همزیستی آرتمیا اورمیانا و آرتمیای بکرزا را در امتداد خط ساحلی غربی دریاچه مستند کردند.

در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۵ میلادی، آق^۵ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند، درحالی‌که فقط آرتمیای بکرزا در سه تالاب اطراف مشاهده شد، آرتمیا اورمیانا و آرتمیای بکرزا به صورت همزیست در دریاچه ارومیه همزمان حضور داشتند که آرتمیا اورمیانا جمعیت غالب بوده است. علاوه بر این، عاصم^۶ و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که آرتمیای بکرزا از دریاچه ارومیه و یک تالاب مجاور در منطقه رشکان از نظر مورفولوژیکی در دو زیرگروه مجزا قرار گرفتند. نسل‌های بعدی آرتمیای بکرزا جدا شده از دریاچه ارومیه در آزمایشگاه، حضور نرهای نادری را تایید کرد که نشان‌دهنده یک دودمان دیپلوئید است (عاصم^۷ و همکاران، ۲۰۱۰ ب؛ برای اطلاعات بیشتر به سلیم و همکاران، ۲۰۱۹ مراجعه کنید).

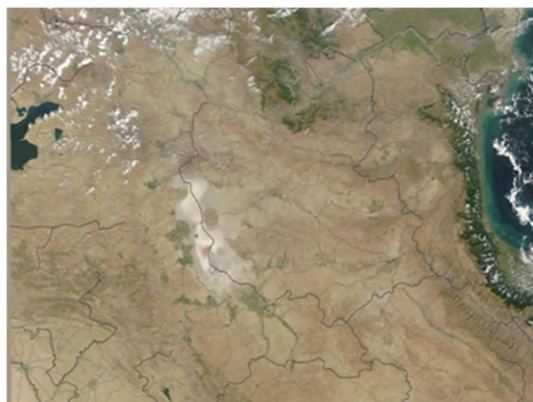
بر اساس آخرین آمار در ۱۱ مردادماه ۱۴۰۴، تراز دریاچه ۱۲۶۹/۷۴ متر، وسعت آن ۵۸۱ کیلومتر و حجم آب آن نیم میلیارد مترمکعب است، این درحالی است که یک سال قبل از آن در ۱۱ مردادماه سال ۱۴۰۳، حجم آب دریاچه چهار برابر یعنی ۲ میلیارد مترمکعب بوده است.

در حال حاضر آب دریاچه ارومیه آنقدر پایین آمده که تراز آن «غیرقابل اعلام» می‌باشد.

طبق بررسی‌های به عمل آمده و آخرین نمونه‌برداری‌ها در ۲۵ مهر ماه ۱۴۰۳، هیچگونه ناپلی یا آرتمیای بالغ در دریاچه مشاهده نشده و تراکم تخم آرتمیا در دریاچه به ۰/۰۱۲ عدد بر لیتر کاهش یافته است (محبی، ۱۴۰۳). همچنین در آخرین ارزیابی ذخایر، تعداد ناپلی و آرتمیای بالغ از دریاچه ارومیه در مرداد ماه ۱۴۰۳ به ترتیب با تراکم ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۱ عدد بر لیتر گزارش شده است.

بر اساس جدیدترین تصویر ناسا از دریاچه ارومیه (شکل ۲)، بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران به طور کامل خشک شده و دیگر اثری از یک دریاچه در تصویر هوایی دیده نمی‌شود (<https://www.faraz.ir/fa/news/101252>). البته این وضعیت مطابق با هشدارهای پیشین سازمان حفاظت محیط‌زیست درباره خشک شدن کامل دریاچه تا پایان تابستان است، چرا که در ابتدای تابستان نیز مدیران کل محیط زیست درباره خشکی کامل و ۱۰۰ درصدی دریاچه ارومیه تا پایان تابستان هشدار داده بودند.

1 - Azari Takami
2 - Barigozzi & Bartelli
3 - Browne & Bowen
4 - Ahmadi et al
5 - Agh et al
6 - Asem et al
7 - Asem et al



شکل ۲: تصویر ناسا از دریاچه ارومیه در تاریخ 16/6/2025.

بر همین اساس، عاصم^۱ و همکاران (2024 ج) پیشنهاد دادند که گونه آرتمیا اورمیا می‌بایستی به‌عنوان یک گونه «به‌شدت در معرض خطر» (Critically Endangered) در «فهرست قرمز منطقه‌ای» ایران قرار گیرد.

نکته مهم در خصوص مخاطرات بوم‌شناختی گونه‌های آرتمیا این است که گونه‌هایی مانند آرتمیا مونیکا و آرتمیا آماتی به‌عنوان «گونه‌های در معرض تهدید» طبقه‌بندی شده‌اند که به ترتیب در وضعیت «وابسته به حفاظت» (CD) و «منقرض‌شده در طبیعت» (EW) قرار دارند (عاصم و همکاران، 2023). چندین زیستگاه آرتمیا نیز با تخریب مواجه شده‌اند که نمونه‌هایی از آنها عبارتند از لیمینگتون در بریتانیا و کاپودیستریا در اسلوونی (ونهاکه^۲ و همکاران، 1987). این موضوع با توجه به تعداد گونه محدود آرتمیا نسبت به سایر گونه‌های آبشش، پایان اهمیت شناخت مخاطرات و عوامل تهدید کننده تنوع زیستی آرتمیا در سطح جهانی و منطقه‌ای را برجسته‌تر می‌کند.

بر همین اساس عاصم^۳ و همکاران (2024 ج) پیشنهاد دادند که گونه آرتمیا اورمیا می‌بایستی به‌عنوان یک گونه «به‌شدت در معرض خطر» (Critically Endangered) در «فهرست قرمز منطقه‌ای» ایران قرار گیرد.

نکته مهم در خصوص مخاطرات بوم‌شناختی گونه‌های آرتمیا این است که گونه‌هایی مانند آرتمیا مونیکا و آرتمیا آماتی به‌عنوان «گونه‌های در معرض تهدید» طبقه‌بندی شده‌اند که به ترتیب در وضعیت «وابسته به حفاظت» (CD) و «منقرض‌شده در طبیعت» (EW) قرار دارند (عاصم و همکاران، 2023). چندین زیستگاه آرتمیا نیز با تخریب مواجه شده‌اند که نمونه‌هایی از آنها عبارتند از لیمینگتون در بریتانیا و کاپودیستریا در اسلوونی (ونهاکه^۴ و همکاران، 1987). این موضوع با توجه به تعداد گونه محدود آرتمیا نسبت به سایر گونه‌های آبشش، پایان اهمیت شناخت مخاطرات و عوامل تهدید کننده تنوع زیستی آرتمیا در سطح جهانی و منطقه‌ای را برجسته‌تر می‌کند.

دودمان‌های آرتمیای بکرزا

علی‌رغم اینکه دلایل بیولوژیکی پیدایش آرتمیای بکرزا هنوز کاملاً مشخص نشده است، روابط تکاملی آن به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است (عاصم و همکاران، 2024 ب). برخلاف طبقه‌بندی آن به‌عنوان یک گروه تک

1 - Asem et al

2 - Vanhaecke et al

3 - Asem et al

4 - Vanhaecke et al

نیایی، بر اساس نشانگرهای ژنومی هسته‌ای (نوگوه^۱ و همکاران، ۲۰۱۵؛ عاصم و همکاران، ۲۰۱۶ ب؛ روده^۲ و همکاران، ۲۰۲۲)، تجزیه و تحلیل نشانگرهای ژنومی میتوکندری، آرتمیای بکرزا را به عنوان یک گروه چندنیایی (مانیاتسی^۳ و همکاران، ۲۰۱۱؛ عاصم^۴ و همکاران، ۲۰۱۶ ب؛ عاصم و همکاران، ۲۰۲۵ الف) نشان می‌دهد. در نتیجه، اشکال غیرجنسی آرتمیا را نمی‌توان به عنوان اعضای یک تاکسون واحد طبقه‌بندی کرد. ایمانی‌فر^۵ و همکاران (۲۰۱۴) با احتیاط از اصطلاح «مجموعه هاپلوتیپ اوراسیایی» برای این گروه استفاده کردند. عاصم و همکاران (۲۰۲۴ ب) عنوان «دودمان‌های آرتمیای بکرزا» را برای آن دسته از گروه‌های آرتمیا که منحصراً از طریق روش‌های غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند، پیشنهاد کردند. متأسفانه به غیر از مطالعات محدود در مورد تبارهای آرتمیای بکرزا در دریاچه ارومیه و تالاب‌های اطراف آن هیچ مطالعه‌ای در مورد درجه پلوئیدی آنها انجام نگرفته است. این درحالی است که به استثنای دریاچه ارومیه، سایر زیست‌بوم‌های طبیعی ایران، زیستگاه آرتمیاهای بکرزا هستند و از طرفی بخش قابل-توجهی از این زیست‌بوم‌ها توسط گونه غیر بومی آرتمیا فرانسیسکانا اشغال شده است که تنوع زیستی بکرزاهای بومی ایران را پیش از آنکه مستنداتی در خصوص درجه پلوئیدی آنها وجود داشته باشد، می‌تواند موجب کاهش تنوع ژنتیکی یا حذف دودمان‌های بومی شود. چنین مطالعاتی برای افزایش بینش‌های فیلوجغرافیایی و حمایت از تلاش‌های نظارت بر تنوع زیستی در جنس آرتمیا بسیار مهم هستند.

گونه مهاجم آرتمیا فرانسیسکانا

از دهه ۱۹۷۰ میلادی، معرفی و تکثیر آرتمیا فرانسیسکانا غیر بومی در سراسر اوراسیا، آفریقا و استرالیا برای اهداف آبی‌پروری تهدیدهای قابل توجهی برای تنوع زیستی جمعیت‌های بومی آرتمیا ایجاد کرده‌اند (جنگ^۶ و همکاران، ۲۰۰۴؛ آمات^۷ و همکاران، ۲۰۰۵؛ هونتوریا^۸ و همکاران، ۲۰۲۱؛ ایمانی‌فر و همکاران، ۲۰۲۰؛ اسکالون و رابت^۹، ۲۰۱۳؛ عاصم و همکاران، ۲۰۱۸؛ هوروات^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۸؛ ساجی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۹؛ شن^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۱؛ عاصم و همکاران، ۲۰۲۱؛ وو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۲).

در سال ۲۰۰۶ میلادی اولین حضور گونه غیر بومی آرتمیا فرانسیسکانا در ایران از دریاچه نوق گزارش شد (آبازتوپولوس^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۶). در چک لیست سال ۲۰۱۶ میلادی، تعداد زیستگاه‌هایی که توسط آرتمیا فرانسیسکانا اشغال شده بود، به ۷ زیست‌بوم افزایش یافت (آق^{۱۵}، ۲۰۱۶). در آخرین چک لیست در سال ۲۰۲۴ میلادی حضور آرتمیا فرانسیسکانا از ۱۲ زیستگاه گزارش گردید که ۳ زیست‌بوم از آنها شامل دریاچه‌های طبیعی مهارلو، تشک و بختگان است که زیستگاه طبیعی آرتمیای بکرزا هستند. افزایش قابل توجه زیستگاه‌های اشغال شده

1 - Nougé et al

2 - Rode et al

3 - Maniatsi et al

4 - Asem et al

5 - Eimanifar et al

6 - Zheng et al

7 - Amat et al

8 - Hontoria et al

9 - Scalone, & Rabet

10 - Horváth et al

11 - Saji et al

12 - Shen

13 - Wu et al

14 - Abatzopoulos et al

15 - Agh

توسط این گونه غیر بومی در طی بیست سال گذشته، زنگ خطری جدی از تهدید تنوع زیستی زیستگاه‌های طبیعی ایران است.

وجود یک چک لیست به‌روزشده، برای تدوین برنامه‌های کارآمد و موثر در حفاظت از تنوع زیستی بسیار مهم است (فرانکهام^۱ و همکاران، ۲۰۰۲؛ ماکه^۲ و همکاران، ۲۰۰۶؛ عاصم و همکاران، ۲۰۲۳). در نتیجه، پایش مستمر زیستگاه‌های *Artemia* باید در چارچوب استراتژی‌های حفاظت تنوع زیستی ادغام شود تا تعادل میان توسعه آبی‌پروری و حفاظت از گونه‌های بومی برقرار گردد.

نتایج و بحث

در مطالعه انجام‌شده توسط عاصم و همکاران (۲۰۲۴ ج)، ۵۹ منطقه به‌عنوان زیستگاه آرتمیا در سراسر ایران شناسایی و گزارش شد که شامل پنج منطقه با وضعیت نامشخص (آق‌گل، برکه‌ی آق‌قلا، علی‌آباد، مسیله، رودخانه ایاق-شعار) می‌شود. نکته‌ی قابل‌توجه این است که دریاچه‌ی شورابیل در استان اردبیل به‌دلیل انتقال آب رودخانه «بالیکلو چای» در سال ۱۳۷۴ و بعدها هدایت بخشی از آب دریاچه سد «یامچی» در سال ۱۳۸۲، از شرایط شور به آب شیرین تغییر یافت (سبک آرا و مکارمی، ۱۳۹۰؛ کرامتی و همکاران، ۱۳۹۵) که این موضوع سبب ناپدید شدن آرتمیا در دریاچه شورابیل شده است (عاصم و همکاران، ۲۰۲۴ ج). علاوه بر این، دخل و تصرف‌های انسانی سبب نابود شدن زیستگاه آرتمیا در دریاچه شورابیل شده است. محمدیاری و همکاران (۲۰۱۵) برای اولین بار حضور آرتمیای بکرزا در دریاچه بزنگان را گزارش دادند. این دریاچه پیشتر یک دریاچه لب شور و فاقد آرتمیا بود که به‌دلیل تغییرات اقلیمی منجر به افزایش شوری و فراهم شدن شرایط مناسب برای استقرار آرتمیای بکرزا شده است. منشا دودمان آرتمیای گزارش‌شده در دریاچه بزنگان هنوز مشخص نیست. با توجه به عدم شواهد از معرفی عمدی آرتمیا توسط انسان (از جمله فعالیت‌های شیلانی)، حضور آرتمیای بکرزا در آن، از طریق پرنده‌گان آبی مهاجر یا باد از مناطق مجاور محتمل‌تر به‌نظر می‌رسد (عاصم و همکاران، ۲۰۲۴ ج). بر این اساس، دریاچه بزنگان نشان‌دهنده یک زیستگاه طبیعی است که در آن تغییرات اقلیمی در این دریاچه، به‌عنوان نمونه‌ای از تأثیرات غیرمستقیم اقلیم بر تنوع زیستی آب‌شور، بدون مداخله انسانی مستقیم، قابل‌بررسی است.

از اولین حضور ثبت‌شده گونه مهاجم آمریکایی آرتمیا فرانسیسکانا در سال ۲۰۰۶ (آباتزوپولوس و همکاران، ۲۰۰۶) تا آخرین چک لیست ارائه‌شده در سال ۲۰۲۴، تعداد زیستگاه‌های اشغال‌شده توسط این گونه به ۱۲ منطقه رسیده است (عاصم و همکاران، ۲۰۲۴ ج). افزایش رو به رشد تعداد زیستگاه‌هایی که توسط آرتمیای آمریکای شمالی اشغال شده است، تهدیدی قابل‌توجه برای تنوع زیستی آرتمیای بومی در دریاچه‌های طبیعی داخلی محسوب می‌شود. آرتمیا فرانسیسکانا به‌عنوان یک گونه مهاجم غالب در اکوسیستم‌های آب شور شناخته می‌شود که دارای ظرفیت تولید مثلی بالا، سازگاری برتر و سرعت تغذیه فیلتری سریع در مقایسه با سایر گونه‌ها و دودمان‌های بکرزا است (آما^۳ و همکاران، ۲۰۰۷؛ سانچز^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). این موضوع سبب می‌شود که با ورود آرتمیا فرانسیسکانا به زیستگاه‌های طبیعی، روند رقابت‌های بین‌گونه‌ای ممکن است منجر به کاهش جمعیت یا حذف اکولوژیکی گونه‌های بومی شود.

1 - Frankham et al

2 - Mace et al

3 - Amat et al

4 - Sánchez et al

متأسفانه به دلیل عدم وجود مطالعات ارزیابی ذخایر در بیش از یک دهه اخیر (به غیر از دریاچه ارومیه)، وضعیت فعلی ترکیب گونه‌ای و جمعیتی آرتمیای بومی در زیستگاه‌های طبیعی که حضور گونه مهاجم آرتمیا فرانسیسکانا پیشتر در آنها گزارش شده، نامشخص است.

علی‌رغم متروکه شدن اکثر سایت‌های پرورش آرتمیا در ایران که اساساً گونه غیر بومی آرتمیا فرانسیسکانا در آن پرورش یافته است، وجود تخم‌های مقاوم در رسوبات، امکان ایجاد جمعیت‌های محدود را در فصول بارانی فراهم می‌کند. علاوه بر این، این تخم‌های مقاوم می‌توانند توسط باد یا پرندگان آبی در طول دوره پرورش منتقل شوند و پس از آن به‌طور بالقوه می‌توانند سبب پراکندگی بیشتر آرتمیا فرانسیسکانا در زیستگاه‌های جدید شوند. بنابراین، مزارع متروکه باید به‌طور محافظه‌کارانه‌ای به‌عنوان زیستگاه‌های آرتمیا در چک لیست‌ها گنجانده شوند.

مطالعات اولیه نشان می‌دهد که دودمان‌های بومی آرتمیای بکرزا در ایران، در مقایسه با گونه بومی آرتمیا اورمیانا و گونه غیر بومی آرتمیا فرانسیسکانا، پتانسیل تولید بالاتری دارند. با توجه به این یافته‌ها، اولویت استفاده از آرتمیای بکرزای بومی در آبی‌پروری برای حفظ تنوع زیستی آرتمیا توصیه می‌شود (عاصم^۱ و همکاران ۲۰۲۴ ج). به‌عنوان یک برنامه مدیریتی برای حفظ تنوع زیستی آرتمیا، عاصم^۲ و همکاران (۲۰۲۴ ج) استفاده از فن‌های غنی‌سازی را برای افزایش ارزش غذایی به‌عنوان روشی برای بهره‌برداری و تولید آرتمیا از منابع بومی (آرتمیای بکرزا) پیشنهاد کردند.

سطوح پلئیدی مختلف در دودمان‌های آرتمیای بکرزا، ناشی از ریشه‌های تکاملی چندنیایی (مانیاتیسی^۳ و همکاران، ۲۰۱۱؛ عاصم^۴ و همکاران، ۲۰۱۶ ب؛ عاصم^۵ و همکاران، ۲۰۲۵ الف) است که می‌تواند بر ویژگی‌های بیولوژیکی آنها تأثیر بگذارد (عاصم^۶ و همکاران، ۲۰۲۵ ب). بنابراین، بررسی کامل توزیع و ارزش غذایی آرتمیای بکرزا، با در نظر گرفتن سطوح پلئیدی، برای درک تنوع زیستی و پتانسیل آبی‌پروری این موجودات در ایران ضروری است. علی‌رغم فقدان داده‌های بروز شده در مورد وضعیت جوامع آرتمیای بکرزای ایران پس از معرفی آرتمیا فرانسیسکانا، مورد اخیر باید به‌عنوان یک تهدید بالقوه زیست‌محیطی در نظر گرفته شود.

بتازگی، نکوئی‌فرد^۷ و همکاران (۲۰۲۳) محل جدیدی برای گونه چینی آرتمیا سینیکا در «بهشهر» در استان مازندران گزارش کردند و دو منطقه برای آرتمیا اورمیانا خارج از حوضه زیستگاه طبیعی آن در دریاچه ارومیه در «دوز داغی» در استان آذربایجان غربی و «بشاریان» در استان فزوین گزارش کرده‌اند. تحقیقات آنها فقط بر توالی‌های نشانگر COI میتوکندریایی و $\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPase}$ هسته‌ای متکی بود، بدون اینکه توالی‌ها در بانک ژنی ثبت شوند. درضمن، حالت تولید مثلی نمونه‌ها (بکرزایی یا دوجنسی) بررسی نشده است. درحالی‌که آنها نشانگر $\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPase}$ را توالی‌یابی کردند، نتایج منتشر شده شواهد کافی برای تأیید اینکه آیا نمونه‌های مورد مطالعه الگوی هموزیگوت یا هتروزیگوت در کدون والین نشان می‌دهند را شامل نمی‌شود (مراجعة کنید به مناف^۸ فر^۸ و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین، شواهدی بر اینکه آیا نمونه‌های زیستگاه‌های جدید دوجنسی یا بکرزا هستند، ارائه نشده است. با این حال،

1 - Asem et al

2 - Asem et al

3 - Maniatsi et al

4 - Asem et al

5 - Asem et al

6 - Asem et al

7 - Nekouefard et al

8 - Manaffar et al

قابل یادآوری است که اعتبار الگوی هتروزیگوت در کدون والین آرتمیای بکرزا توسط ماکاری^۱ و همکاران (۲۰۱۳) مورد تردید قرار گرفته است. علاوه بر این، نویسندگان اشاره کرده‌اند که آرتمیا سینیکا در زیستگاه بهشهر ۱۷/۷۶٪ شباهت با توالی‌های موجود در پایگاه داده NCBI نشان داده است که این نتیجه نشان‌دهنده یک مشکل بالقوه با کیفیت پایین توالی و وجود توالی‌های پلی پیک است (مراجعه کنید به عاصم^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، آرتمیا اورمیا و دودمان دیپلوئید/تریپلوئید بکرزا و همچنین آرتمیا سینیکا و دودمان‌های تترا/پنتاپلوئید بکرزا، شباهت‌های ژنتیکی نزدیکی را نشان دادند که نشان می‌دهد تکیه صرف بر «درصد همسانی نوکلئوتیدی» برای تعیین وضعیت طبقه‌بندی آنها کافی نیست. با توجه به وجود این چالش‌ها، وضعیت طبقه‌بندی آرتمیا در این سه منطقه جدید قابل تأیید نیست. برای رفع این عدم قطعیت‌ها، مطالعات آینده باید تعداد بیشتری از توالی‌ها و حالت تولید مثلی را در نظر بگیرند که می‌تواند به تأیید وضعیت طبقه‌بندی آنها کمک کند.

نتیجه‌گیری

فقدان داده‌های تنوع زیستی به‌روز، یکی از چالش‌های عمده در توسعه و اجرای راهبردهای مؤثر حفاظتی است. داده‌های ارزیابی از زیستگاه‌های طبیعی برای نظارت بر تنوع زیستی و توزیع گونه‌ها اهمیت زیادی دارند. با این حال، بسیاری از مطالعات مربوط به زیستگاه‌های آرتمیا در ایران به‌روز نشده‌اند. علاوه بر این، داده‌های ارزیابی ذخایر آرتمیا به‌ویژه در مورد دریاچه ارومیه، از روش‌های مختلفی محاسبه شده‌اند که شامل معیارهای متفاوتی مانند تعداد افراد، تعداد تخم‌ها، زیست‌توده (شامل مجموع نمونه بالغ و ناپلی) و وزن خشک و تر تخم‌ها می‌شود. این ناهمگونی روش‌شناختی، تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای ارزیابی ذخایر آرتمیا را در زیستگاه‌ها و بازه‌های زمانی مختلف چالش برانگیز می‌کند. بنابراین، اتخاذ یک پروتکل خاص مطابق با روش‌های استاندارد برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل مداوم داده‌ها ضروری است. افزایش زیستگاه‌های اشغال‌شده توسط گونه غیربومی آرتمیا فرانسیسکانا، در کنار تداوم خشکسالی، زنگ خطر دیگری برای تنوع زیستی آرتمیا می‌باشد. یافته‌های این مقاله مروری می‌تواند مبنایی برای تدوین برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی زیستگاه‌های آرتمیا، به‌ویژه در زمینه پایش ژنتیکی و بوم‌شناختی جمعیت‌های آرتمیا، تعیین ظرفیت‌های پرورشی در زیستگاه‌های غیربومی و حمایت از تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد برای حفاظت و احیای بوم‌سازگان حساس علی‌الخصوص دریاچه ارومیه باشد.

منابع

- جعفری، عباس؛ وطن دوست، صابر. (۱۳۸۴). بررسی پراکنش جغرافیایی آرتمیا. ششمین همایش علوم و فنون دریایی، تهران.
- جعفری، مهدی؛ آستانی، سجاد. (۱۳۹۰). مطالعه و بررسی کاربردهای مختلف آرتمیا و نحوه پراکنش آن در کشور. نخستین همایش ملی جهاد اقتصادی در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی، قم.
- حافظیه، محمود. (۱۳۸۱). آرتمیا میگوی آب شور. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۱۴ صفحه.
- حافظیه، محمود؛ شریفیان، منصور؛ حسین پور، حمیرا. (۱۳۹۴). مقایسه زیست‌سنجی سیست و ناپلیوس آرتمیای ایران. توسعه آبی پروری، ۹ (۱)، صص: ۱۱-۲۴.

1 - McCarraher et al

2 - Asem et al

- سبک آرا، جلیل؛ مکارمی، مرضیه. (1390). پراکنش و فراوانی پلانکتونی و نقش آن‌ها در دریاچه شورابیل اردبیل. علوم زیستی، 16 (5)، صص: 31-46.
- کرامتی، احسان؛ آرمون، فیروز؛ خاتمی، سید یحیی. (1395). مواجهه شهر اردبیل با دریاچه شورابیل. منظر، 37 (8)، صص: 32-39.
- محبی، فریدون؛ عباسپور، اسد؛ صیدگر، مسعود. (۱۴۰۰ الف). تأثیر پسروری آب در یچه ارومیه بر اجتماعات میگوی آب شور (آرتمیا). مجله ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی، ۴ (۲)، صص: ۸-۱.
- محبی، فریدون؛ داداشپور، بایرامعلی؛ صیدگر، مسعود؛ علیزاده اوصالو، ژاله؛ روحدادگلمانخانه، یاور. (۱۴۰۰ ب). اثر کاهش سطح آب دریاچه ارومیه بر ترکیب جمعیتی *A. urmiana*. فصلنامه علمی محیط زیست جانوری، ۱۳ (۴)، صص: ۳۳۶-۳۲۹.
- محبی، فریدون؛ صیدگر، مسعود؛ حافظیه، محمود؛ داداشپور، بایرامعلی؛ علیزاده اوصالو، ژاله. (۱۴۰۱). مروری بر ذخایر آرتمیا در دریاچه ارومیه (۱۴۰۰-۱۳۷۷). مجله علمی شیلات ایران، ۳۱ (۵)، صص: ۹۵-۱۱۰. URL: <http://isfj.ir/article-۱۱۰-۹۵-fa.html>
- محبی، فریدون. (۱۴۰۳). پیامدهای کاهش سطح آب دریاچه ارومیه (اثر بر آرتمیا ارومیا و فیتوپلانکتون‌های دریاچه). موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۷۸ صفحه.
- نوری، فرزانه. (1375) بررسی مورفولوژی، تولیدمثل و مراحل رشد آرتمیای دریاچه ارومیه. دانشگاه ارومیه، 60 صفحه.
- Abatzopoulos, T. J., Agh, N., Van Stappen, G., Rouhani Razavi, S. M. & Sorgeloos, P. (2006). *Artemia* sites in Iran. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 86, 299–307. <http://doi.org/10.1017/S0025315406013154>
- Abonyi, A. (1915). Experimentelle Daten zum Erkennen der *Artemia*-Gattung. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 114, 95–168.
- Abreu-Grobois, F. A. & Beardmore, J. A. (1982). Genetic differentiation of the brine shrimp *Artemia*. In: Barigozzi, C., ed. *Mechanisms of Speciation*. Alan R. Liss, New York, 345–376.
- Agh, N. (2016). *Artemia* resources in Iran, Azerbaijan and Turkmenistan. *FAO Expert Workshop on Sustainable Use and Management of Artemia Resources in Asia*, 7–9 November 2016, Tianjin: China.
- Agh, N., Abatzopoulos, T. J., Kappas, I., Van Stappen, G., Razavi-Rouhani, S. M. & Sorgeloos, P. (2007). Coexistence of Sexual and Parthenogenetic *Artemia* Populations in Lake Urmia and Neighbouring Lagoons. *International Review of Hydrobiology*, 92, 48–60 <http://doi.org/10.1002/iroh.200610909>
- Agh, N., Sorgeloos, P., Abatzopoulos, T., Razavi-Ruhani, S. M. & Lotfi, V. G. (2001). *Artemia* resources in Iran. *International Workshop on Artemia*, 12–15 May 2001, Urmia: Iran.
- Ahmadi, M. R., Leibovitz, H. & Simpson, K. L. (1990). Characterization of Uromiah Lake *Artemia* (*Artemia uromiana*) by isoelectrofocusing of isozyme patterns. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 95, 115–118. [http://doi.org/10.1016/0305-0491\(90\)90256-S](http://doi.org/10.1016/0305-0491(90)90256-S)
- Amat, F., Hontoria, F., Navarro, J. C., Vieira, N. & Mura, G. (2007). Biodiversity loss in the genus *Artemia* in the western Mediterranean region. *Limnetica*, 26, 387–404. <http://doi.org/10.23818/limn.26.33>
- Amat, F., Hontoria, F., Ruiz, O., Green, A., Sanchez, M. I., Figuerola, J. & Hortas, F. (2005). The American brine shrimp as an exotic invasive species in the western Mediterranean. *Biological Invasions*, 7, 37–47. <http://doi.org/10.1007/s10530-004-9634-9>
- Artom, E. (1922). Nuovi dati sulla distribuzione geografica e sulla biologia delle due specie (*microperenica* e *macroperenica*) del genere *Artemia*. *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei Rendiconti*, 31, 529–532.
- Asem, A. & Eimanifar, A. (2016). Updating historical record on brine shrimp *Artemia* (Crustacea: Anostraca) from Urmia Lake (Iran) in the first half of the 10th century AD. *International Journal of Aquatic Science*, 7, 3–5.
- Asem, A. & Rogers, D. C. (2012). Clarification of the publication date for *Artemia urmiana* Günther (Crustacea: Anostraca): 1890, 1899 or 1900? *International Journal of Artemia Biology*, 2, 3–6.
- Asem, A. (2008). Historical record on brine shrimp *Artemia* more than one thousand years ago from Urmia Lake, Iran. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 9, 113–114.
- Asem, A., Atashbar, B., Rastegar-Pouyani, N. & Agh, N. (2009). Biometric comparison of two parthenogenetic populations of *Artemia* Leach, 1819 from the Urmia Lake basin, Iran (Anostraca: Artemiidae). *Zoology in the Middle East*, 47, 117–120. <http://doi.org/10.1080/09397140.2009.10638358>
- Asem, A., Atashbar, B., Rastegar-Pouyani, N. & Agh, N. (2010 b). Morphological and biometric characterization of rare male and sexual dimorphism in parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca). *Zoology in the Middle East*, 49, 115–117. <http://doi.org/10.1080/09397140.2010.10638402>
- Asem, A., Eimanifar, A. & Sun, S. C. (2016 b). Genetic variation and evolutionary origins of parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca) with different ploidies. *Zoologica Scripta*, 45, 421–436. <http://doi.org/10.1111/zsc.12162>
- Asem, A., Eimanifar, A. & Wink, M. (2016 a). Update of “Biodiversity of the Hypersaline Urmia Lake National Park (NW Iran)”. *Diversity*, 8, 6. <http://doi.org/10.3390/d8010006>

- Asem, A., Eimanifar, A., Djamali, M., De los Rios, P. & Wink, M. (2014). Biodiversity of the Hypersaline Urmia Lake National Park (NW Iran). *Diversity*, 6, 102–132. <http://doi.org/10.3390/d6010102>
- Asem, A., Eimanifar, A., Li, W., Wang, P., Brooks, S. A. & Wink, M. (2018). Phylogeography and population genetic structure of an exotic invasive brine shrimp *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Australia. *Australian Journal of Zoology*, 66, 307–316. <http://doi.org/http://doi.org/10.1071/ZO18077>
- Asem, A., Eimanifar, A., Van Stappen, G. & 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, e7190. <http://doi.org/10.7717/peerj.7190>
- Asem, A., Fu, C., Yang, N., Eimanifar, A., Cao, Y., Wang, P. & Shen, C. (2022). Validation of two novel primers for the promising amplification of the mitogenomic Cytochrome c Oxidase subunit I (COI) barcoding region in *Artemia* aff. *sinica* (Branchiopoda, Anostraca). *Crustaceana*, 95, 585–592. <http://doi.org/10.1163/15685403-bja10207>
- Asem, A., Gajardo, G., Hontoria, F., Yang, C., Shen, C., Rastegar-Pouyani, N., Padhye, S. M. & Sorgeloos, P. (2024 b). The species problem in *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca), a genus with sexual species and obligate parthenogenetic lineages. *Zoological Journal of the Linnean Society*, zlad192. <http://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlad192>
- Asem, A., Mohebbi, F. & Ahmadi, R. (2012). Drought in Urmia Lake, the largest natural habitat of brine shrimp *Artemia*. *World Aquaculture*, 43, 36–38.
- Asem, A., Rastegar-Pouyani, N. & De los Rios, P. (2010 a). The genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Branchiopoda): true and false taxonomical descriptions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38, 501–506. <http://doi.org/10.3856/vol38-issue3-fulltext-14>
- Asem, A., Schuster, R., Eimanifar, A., Lu, H., Liu, C., Wu, X., Yao, L., Meng, X., Li, W. & Wang, P. (2021 a). Impact of colonization of an invasive species on genetic differentiation in new environments: A study on American *Artemia franciscana* (Crustacea: Anostraca) in the United Arab Emirates. *Journal of Ocean University of China*, 20, 911–920. <http://doi.org/10.1007/s11802-021-4675-6>
- Asem, A., Yang, C., De Vos, S. et al. (2025a). Mitogenomic phylogeny and divergence time estimation of *Artemia* Leach, 1819 (Branchiopoda: Anostraca) with emphasis on parthenogenetic lineages. *BMC Genomics* 26, 228 <http://doi.org/10.1186/s12864-025-11391-6>
- Asem, A., Yang, C., Eimanifar, A., Hontoria, F., Varó, I., Mahmoudi, F., Fu, C., Shen, C., Rastegar-Pouyani, N., Wang, P., Li, W., Yao, L., Meng, X., Dan, Y., Rogers, C. & Gajardo, G. (2023). Phylogenetic analysis of problematic Asian species of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea, Anostraca), with the descriptions of two new species. *Journal of Crustacean Biology*, 43, 1–25. <http://doi.org/10.1093/jcobiol/ruad002>
- Asem, A., Yang, C., Mahmoudi, F., Chen, S., Long, B., Wang, B., Fu, C., Hontoria, F., Rogers, D. C. & Gajardo, G. (2024 a). Tibetan *Artemia* (Crustacea: Anostraca) mitogenomic biodiversity and population demographics. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 201 (1), 32–56. <http://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlad114>
- Asem, A.; Eimanifar, A.; Wink, M. (2024 c). Species diversity and distribution of *Artemia* (Crustacea, Anostraca) in Iran: Historical contexts and updated review. *Zoodiversity*, 58, 269–298.
- Asem, A.; Li, Y.; Yan, X.; Zhang, Y.; Zhu, Y.; Kangarloei, B.A.; Yang, C. (2025b). Effects of Salinity on the Reproductive and Lifespan Traits of *Artemia* Parthenogenetic Lineages with Different Ploidy Levels. *Biology* 14, 1055. <https://doi.org/10.3390/biology14081055>
- Azari Takami, G. (1989). Two strains of *Artemia* in Urmia Lake (Iran). *Artemia Newsletter*, 13, 5.
- Barigozzi, C. & Baratelli, L. (1989). The problem of *Artemia urmiana*. *Artemia Newsletter*, 14, 14.
- Barigozzi, C. (1974). *Artemia*: A Survey of Its Significance in Genetic Problems. In: Dobzhansky, T., Hecht, M. K., Steere, W. C., eds. *Evolutionary Biology*. Springer, Boston, 221–252.
- Barigozzi, C., Varotto, V., Baratelli, L. & Giarrizzo, R. (1987). The *Artemia* of Urmia Lake (Iran): Mode of reproduction and chromosome numbers. *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei*, 81, 87–90.
- Browne, R. A. & Bowen, S. T. (1991). Taxonomy and population genetics of *Artemia*. In: Brown, R. A., Sorgeloos, P., Troten, C. N. A., eds. *Artemia Biology*. CRC Press, Florida, 221–235.
- Browne, R. A. & MacDonald, G. H. (1982). Biogeography of the brine shrimp, *Artemia*: distribution of parthenogenetic and sexual populations. *Journal of Biogeography*, 9, 331–338. <http://doi.org/10.2307/2844719>
- Clark, L. S. & Bowen, S. T. (1976). The genetics of *Artemia salina*: VII. Reproductive isolation. *Journal of Heredity*, 67, 385–388. <http://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a108758>
- Collins, N. C. (1977). Ecological studies of terminal lakes-their relevance to problems in limnology and population biology. In: Greer, D. C., ed. *Desertic Terminal Lakes*. Utah Water Resources Laboratory, Utah, 411–420.
- Curzon, G. N. (1892). *Persia and the Persian Question (Vol. 1)*. Longmans, Green & Company, London.
- Eimanifar, A. & Mohebbi, F. 2007. Urmia Lake (Northwest Iran): a brief review. *Saline Systems*, 3, 5. <http://doi.org/10.1186/1746-1448-3-5>

- Eimanifar, A., Asem, A., Wang, P., Li, W. & Wink, M. (2020). Using ISSR genomic fingerprinting to study the genetic differentiation of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) from Iran and neighbor regions with the focus on the invasive American *Artemia franciscana*. *Diversity*, 12, 132. <http://doi.org/10.3390/d12040132>
- Eimanifar, A., Van Stappen, G., Marden, B. & Wink M. (2014). *Artemia* biodiversity in Asia with the focus on the phylogeography of the introduced American species *Artemia franciscana* Kellogg, 1906. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 79, 392–403. <http://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.06.027>
- Frankham, R., Briscoe, D. A. & Ballou, J. D. (2002). Introduction to conservation genetics. Cambridge University Press Cambridge, UK, 1–617.
- Gajardo, G., Abatzopoulos, T. J., Kappas, I. & Beardmore, J. A. (2002). Evolution and speciation. In: Abatzopoulos, T. J., Beardmore, J. A., Clegg, J. S., Sorgeloos, P., eds. *Artemia Basic and Applied Biology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 225–250.
- Golabian, H. (2011). Urumia Lake: Hydro-Ecological Stabilization and Permanence. In: Badescu, V., Cathcart, R. B., eds. *Macro-engineering Seawater in Unique Environments*. Springer-Verlag, Berlin, 365–397.
- Günther, A. (1898 a). The medusa of Lake Urumiah. *Nature*, 58, 319. <http://doi.org/10.1038/058319d0>
- Günther, R. T. & Manley J. J. (1899). On the Waters of the Salt Lake of Urmi. *Proceedings of the Royal Society of London*, 65, 312–318. <http://doi.org/10.1098/rspl.1899.0040>
- Günther, R. T. (1898 b). The jelly-fish of Lake Urumiah. *Nature*, 58, 345. <http://doi.org/http://doi.org/10.1038/048294c0>
- Günther, R. T. (1899 a). Contributions to the geography of Lake Urmi and its neighbourhood. *Geographical Journal*, 14, 504–523. <http://doi.org/10.2307/1774539>
- Günther, R. T. (1899 b). Contributions to the Natural History of Lake Urmi, N.W-Persia, and its Neighbourhood. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 27, 414–416. <http://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1899.tb00414.x>
- Hontoria, F., Redón, S., Maccari, M., Varó, I., Navarro, J. C., Ballell, L. & Amat, F. (2012). A revision of *Artemia* biodiversity in Macaronesia. *Aquatic Biosystems*, 8, 25. <http://doi.org/10.1186/2046-9063-8-25>
- Horváth, Z., Lejeusne, C., Amat, F., Sánchez-Fontenla, J., Vad, C. F. & Green, A. J. (2018). Eastern spread of the invasive *Artemia franciscana* in the Mediterranean Basin, with the first record from the Balkan Peninsula. *Hydrobiologia*, 822, 229–235. <http://doi.org/10.1007/s10750-018-3683-z>
- Karimi, N., Bagheri, M. H., Hooshyari, F., Farokhnia, A. & Sheshangosht, S. (2016). Deriving and Evaluating Bathymetry Maps and Stage Curves for Shallow Lakes Using Remote Sensing Data. *Water Resources Management*, 30, 5003–5020. <http://doi.org/10.1007/s11269-016-1465-9>
- Löffler, H. (1956). Limnologische beobachtungen an Iranischen binnengewässern. *Hydrobiologia*, 8, 239–278.
- Löffler, H. (1959). Beiträge zur Kenntnis Der Iranischen Binnengewässer I Der Niriz-See und Sein Einzugsgebiet. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 44, 227–276.
- Löffler, H. (1961). Beiträge zur Kenntnis der Iranischen Binnengewässer II Regional-limnologische Studie mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceenfauna. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 46, 309–406.
- Maccari, M., Amat, F. & Gómez, A. (2013). Origin and genetic diversity of diploid parthenogenetic *Artemia* in Eurasia. *PLoS One*, 8, e83348. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0083348>
- Mace, G. M., Possingham, H. P. & Leader-Williams, N. (2006). Prioritizing choices in conservation. In: Macdonald, D., Service, K., eds. *Key Topics in Conservation Biology*. Blackwell Publishers, Oxford, 17–34.
- Manaffar, R.; Zare, S.; Agh, N.; Abdolazadeh, N.; Soltanian, S.; Sorgeloos, P.; Bossier, P.; Van Stappen, G. (2011). SNP detection in Na/K ATP-ase gene $\alpha 1$ subunit of bisexual and parthenogenetic *Artemia* strains by RFLP screening. *Mol. Ecol. Resour.* 11, 211–214.
- Maniatsi, S., Baxevanis, A.D., Kappas, I., Deligiannidis, P., Triantafyllidis, A., Papakostas, S., Bougiouklis, D. & Abatzopoulos, T. J. (2011). Is polyploidy a persevering accident or an adaptive evolutionary pattern? The case of the brine shrimp *Artemia*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 58, 353–364. <http://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.11.029>
- McCarraher, D. B. (1972). *A Preliminary Bibliography and Lake Index of the Inland Mineral Waters of the World*. Roma: FAO Fisheries Circular.
- Nekoueifard, A., Hafezieh, M., Manaffar, R. & Khezri, M. (2023). New geographic site records for *Artemia* in Iran. *International Journal of Aquatic Research and Environmental Studies*, 3, 117–127.
- Nougué, O., Flaven, E., Jabbour-Zahab, R., Rode, N. O., Dubois, M. & Lenormand, T. (2015). Characterization of nine new polymorphic microsatellite markers in *Artemia parthenogenetica*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 58, 59–63. <http://doi.org/10.1016/j.bse.2014.10.014>
- Persoone, G. & Sorgeloos, P. (1980). General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. In: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O., Jaspers, E., eds. *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3. Universa Press, Wetteren, 3–24.
- Plattner, F. 1955. Der osmotische Druck von *Artemia salina*. *Pflügers Archiv*, 261, 172–182. <http://doi.org/10.1007/BF00369788>

- Rode, N.O., Jabbour-Zahab, R., Boyer, L., Flaven, É., Hontoria, F., Van Stappen, G. & Lenormand, T. (2022). The origin of asexual brine shrimps. *The American Naturalist*, 200, E52–E76. <http://doi.org/10.1086/720268>
- Rogers, D. C. (2015). A conceptual model for anostracan biogeography. *Journal of Crustacean Biology*, 35, 686–99. <http://doi.org/10.1163/1937240X-00002369>
- Saji, A., Eimanifar, A., Soorae, P. S., Al Dhaheri, S., Li, W., Wang, P. & Asem, A. (2019). Phylogenetic analysis of exotic invasive species of Brine Shrimp *Artemia* Leach, 1819 (Branchiopoda, Anostraca) in Al Wathba Wetland Reserve (UAE; Abu Dhabi). *Crustaceana*, 92, 495–503. <http://dx.doi.org/10.1163/15685403-00003884>
- Saleem, C.M., Asem, A. & Sun, S. C. (2019). Morphological abnormality in *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca): a specimen with three compound eyes. *Acta Zoologica Bulgarica*, 71, 143–144.
- Sánchez, M. I., Paredes, I., Lebouvier, M. & Green, A. J. (2016). Functional role of native and invasive filter feeders, and the effect of parasites: learning from hypersaline ecosystems. *PloS One*, 11, e0161478. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0161478>
- Scalone, R. & Rabet, N. (2013). Presence of *Artemia franciscana* (Branchiopoda, Anostraca) in France: morphological, genetic, and biometric evidence. *Aquatic Invasions*, 8, 67–76. <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2013.8.1.08>
- Schulz, S., Darehshouri, S., Hassanzadeh, E., Tajrishy, M. & Schüth, C. (2020). Climate change or irrigated agriculture—what drives the water level decline of Lake Urmia. *Scientific Report*, 10, 236. <http://doi.org/10.1038/s41598-019-57150-y>
- Sclater, P. L. (1893). The jelly-fish of Lake Urmiah. *Nature*, 48, 294. <http://doi.org/10.1038/048294c0>
- Shen, C., Liu, C., Wu, X., Yao, L., Meng, X., Xia, L., Wang, P., Li, W., Eimanifar, A. & Asem, A. (2021). First record of the invasive American *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 (Branchiopoda, Anostraca) at the South China Sea coast of China. *Crustaceana*, 94, 647–650. <http://dx.doi.org/10.1163/15685403-bja10113>
- Sima, S., Rosenberg, D. E., Wurtsbaugh, W. A., Null, S. E. & Kettenring, K. M. (2021). Managing Lake Urmia, Iran for diverse restoration objectives: Moving beyond a uniform target lake level. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 35, 100812. <http://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100812>
- Sorgeloos, P. (1997). *Lake Urmia cooperation project – contract item A, Report on the ‘Resource assessment of Urmiah Lake Artemia cysts and biomass*. Ghent University, Ghent.
- Stella, E. (1933). Phenotypical characteristics and geographical distribution of several biotypes of *Artemia salina* L. *Zeitschrift für Induktive Abstammungs und Vererbungslehre*, 65, 412–446.
- Triantaphyllidis, G. V., Abatzopoulos, T. J. & Sorgeloos, P., (1998). Review of the biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Anostraca). *Journal of Biogeography*, 25, 213–226. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.252190.x>
- Van Stappen, G. (2002). Zoogeography. In: Abatzopoulos, T. J., Beardmore, J. A., Clegg, J. S., Sorgeloos, P., eds. *Artemia Basic and Applied Biology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 171–224.
- Vanhaecke, P., Tackaert, W. & Sorgeloos, P. (1987). The biogeography of *Artemia*: an updated review. In: Sorgeloos, P., Bengtson, D. A., Declair, W., Jaspers, E., eds. *Artemia Research and its Applications*, Vol. 1. Universa Press, Wetteren, 129–155.
- Wu, X., Shen, C., Fu, C., Yang, N., Wang, P., Eimanifar, A. & Asem, A. (2022). Cyst size variability in invasive American *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 (Branchiopoda: Anostraca) in Asia: a commercial approach. *Crustaceana*, 94, 573–584. <http://dx.doi.org/10.1101/2022.05.07.491002>
- Wurtsbaugh, W. A., Miller, C., Null, S. E., DeRose, R. J., Wilcock, P., Hahnenberger, M., Howe, F. & Moore, J. (2017). Decline of the world's saline lakes. *Nature Geoscience*, 10, 816–821. <http://doi.org/10.1038/ngeo3052>
- Zheng, B., Sun, C. S. & Ma, L. (2004). The occurrence of an exotic bisexual *Artemia* species, *Artemia franciscana*, in two coastal salterns of Shandong Province, China. *Journal of Ocean University of China*, 3, 171–174. <http://doi.org/10.1007/s11802-004-0030-y>