University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Biological communities monitoring of Phytoplankton and Zooplankton, a case study: Garan Dam Lake, Marivan (Kurdistan Province)

Habibollah Mohammadi[1, 2]✉ | Erfan Karimian[3] | Barzan Bahrami Kamangar[4] | Edris Ghaderi[5] | Ronak Zarei[6] | Laila Pirozi[7] | Farshad Maolodi[8] | Arman Mansori[9]

1. Corresponding Author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ha.mohammadi@uok.ac.ir
2. Department of Environmental Study of Zrebar Lake, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
3. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: erfankarimian88@gmail.com
4. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: bbkamangar@yahoo.com
5. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ed.ghaderi@gmail.com
6. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ronak.zareii1367@gmail.com
7. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: laiapiroozi75@gmail.com
8. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: fa.molodi@gmail.com
9. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: armanmansori024@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 24 October 2023

Received in revised form 19 December 2023

Accepted 07 March 2024

Published online 22 July 2024

Keywords:

Algal bloom,

Daphnia magna,

Garan dam,

Planktonic communities.

ABSTRACT

The Lakes and surface water reservoirs are considered as the most important sources of freshwater. These ecosystems are used for different purposes and create an important habitat for aquatic organisms, especially plankton and fish. In this regard, this study was carried out to investigate biological communities of phytoplankton and zooplankton from the Garan Dam Lake, Marivan. Sampling was done seasonally during 2016-2017 at 4 stations in different situations. According to the depth of the station, only the surface layer was sampled in the entrance stations including stations 1 and 4, and three layers (surface and middle layers and 1 meter above the bed) were sampled in stations 2 and 3 located in the body of the dam lake. Then, the water samples were fixed in 4% formalin and transferred to the laboratory for further studies. Mass density calculation and identification of phytoplankton and zooplanktons was done based on valid identification keys. A total of 31 genera, 28 families and 6 branches were identified. The results showed that the highest frequency of phytoplankton was observed in spring and their lowest in autumn. Totally, 2 branches, 9 families and 16 genera and species were identified from zooplankton communities, 9 species and genera belonging to Rotifera and 7 species and genera belonging to Arthropods. Also, the highest and lowest density of station 1 was observed with 59.5±4.5 and station 2 with 16.36±1.44 (cells/ml). The results of the presence of large zooplankton i.e. *Ascomorpha saltan*, *Daphnia magna* and *Cyclops* sp. (high filter feeding power) showed, they can be a serious competitor for planktivorous fishes and the primary production of the lake, and it is necessary to balance their population with zooplanktivorous fishes.

Cite this article: Mohammadi, H., Karimian, E., Bahrami Kamangar, B., Ghaderi, E., Zarei, R., Pirozi, L., Maolodi, F., & Mansori, A. (2024). Biological communities monitoring of Phytoplankton and Zooplankton, a case study: Garan Dam Lake, Marivan (Kurdistan Province). *Journal of Natural Environment*, 77 (Special Issue), 93-103. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.367184.2613

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.367184.2613

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

پایش جوامع زیستی فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون، مطالعهٔ دریاچهٔ سد گاران، مریوان (استان کردستان)

حبیبا.. محمدی[۱،۲✉] | عرفان کریمیان[۳] | برزان بهرامی کمانگر[۴] | ادریس قادری[۵] | روناک زارعی[۶] | لیلا پیروزی[۷] | فرشاد مولودی[۸] | آرمان منصوری[۹]

۱. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ha.mohammadi@uok.ac.ir
۲. گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچهٔ زریبار، پژوهشکدهٔ کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
۳. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: erfankarimian88@gmail.com
۴. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: bbkamangar@yahoo.com
۵. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ed.ghaderi@gmail.com
۶. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ronak.zareii1367@gmail.com
۷. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: laiapiroozi75@gmail.com
۸. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: fa.molodi@gmail.com
۹. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: armanmansori024@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

کلیدواژه‌ها:
سد گاران،
شکوفایی جلبکی،
جوامع پلانکتونی،
Daphnia magna.

چکیده

دریاچه‌ها و مخازن آب‌های سطحی، به‌عنوان مهم‌ترین منابع آب‌شیرین به‌شمار می‌آیند. این اکوسیستم‌ها، با اهداف مختلفی مورد استفاده قرار گرفته و زیستگاه مهمی را برای ارگانسیم‌های آبزی؛ خصوصاً پلانکتون‌ها و ماهیان ایجاد می‌کنند. در این راستا، مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی جوامع زیستی فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی دریاچهٔ سد گاران مریوان، به‌اجرا درآمد. نمونه‌برداری به‌صورت فصلی و در طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۶، در ۴ ایستگاه در موقعیت‌های مختلف دریاچه انجام شد. با توجه به عمق ایستگاه، در ایستگاه‌های ورودی شامل ایستگاه‌های ۱ و ۴ فقط از لایهٔ سطحی و در ایستگاه‌های ۲ و ۳ واقع در بدنهٔ دریاچهٔ سد از سه لایه (لایهٔ سطحی، لایهٔ میانی و ۱ متر بالای بستر) نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس نمونه‌های آبی در فرمالین ۴ درصد تثبیت و به‌منظور بررسی‌های بیشتر به آزمایشگاه منتقل شدند. محاسبهٔ تراکم جمعیتی و شناسایی فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها براساس کلیدهای شناسایی معتبر صورت گرفت. در مجموع ۳۱ جنس، ۲۸ خانواده و ۶ شاخه شناسایی شدند. نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی در فصل بهار و کمترین آن نیز در فصل پاییز مشاهده شد. همچنین ۲ شاخه، ۹ خانواده و ۱۶ جنس و گونه از جوامع زئوپلانکتونی شناسایی شدند که ۹ گونه و جنس متعلق به شاخهٔ Rotifera و ۷ گونه و جنس متعلق به شاخهٔ Arthropoda بود. همچنین بیشترین و کمترین تراکم مربوط به ایستگاه یک با ۵۹/۵±۴/۵ و ایستگاه ۲ با مقدار ۱۶/۳۶±۱/۴۴ عدد در لیتر مشاهده شد. نتایج، حضور زئوپلانکتون‌های بزرگ جثه‌ای از جمله *Ascomorpha saltan*، *Daphnia magna* و *Cyclops* sp. (قدرت فیلترخواری بالا) را نشان داد که می‌توانند رقیبی جدی برای ماهیان فیتوپلانکتون‌خوار و تولیدات اولیه دریاچه باشند و نیاز است با ماهیان زئوپلانکتون‌خوار جمعیت آن‌ها متعادل شود.

استناد: محمدی، حبیبا..؛ کریمیان، عرفان؛ بهرامی کمانگر، برزان؛ قادری،ادریس؛ زارعی، روناک؛ پیروزی، لیلا؛ مولودی، فرشاد؛ و منصوری، آرمان (۱۴۰۳). پایش جوامع زیستی فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون، مطالعهٔ دریاچهٔ سد گاران، مریوان (استان کردستان). *محیط زیست طبیعی*، ۷۷ (ویژه نامه)، ۱۰۳-۹۳.
DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.367184.2613

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

مقدمه

شاخص‌های زیستی به ارگانیسم‌هایی اطلاق می‌گردد که شناسایی و تعیین موقعیت اکولوژیک اکوسیستم‌های آبی را مقدور می‌سازند (Government of Canada, 2008). استفاده از ارگانیسم‌ها از جمله جمعیت فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها، به‌عنوان شاخص‌های زیستی، برای منطقهٔ پلاژیک (نورگیر) آب‌ها و همچنین موجودات کفزی جهت تعیین سلامت رسوبات و سایر ویژگی‌های اکولوژیک موفقیت‌آمیز بوده است (Canfield and Jones, 1996; Conti, 2008). به‌عنوان مثال، یکی از عوامل مهمی که ترکیب فیتوپلانکتونی را تحت تأثیر قرار می‌دهد میزان دسترسی به مواد مغذی مانند نیتروژن، فسفر و سیلیکات است (Bohle, 1995). نسبت بین محتوای کلروفیل *a* و فسفر کل (Chl *a*:TP) نیز به‌عنوان ابزاری برای بیان تغییرات فصلی فیتوپلانکتون‌ها و اینکه به چه میزان تحت تأثیر میزان فسفر قرار دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Maleri, 2011). همچنین در بعضی موارد، ذرات معلق و یا نرخ تعویض بالای آب روی فراوانی فیتوپلانکتون‌ها مؤثرند (Kamenir, 2007).

جوامع زئوپلانکتونی به‌عنوان شاخصی مناسب و شناخته‌شده جهت شرایط سلامت اکوسیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Longhurst, 2007). مطالعهٔ زئوپلانکتون‌ها، به‌عنوان شاخص زیستی با توجه به موقعیت آن‌ها در زنجیرهٔ غذایی که به‌طور مستقیم با مکانیسم‌های کنترل حرکت‌های بالا–پایین و پایین–بالا مرتبط است (Rejas *et al*., 2005) و همچنین به‌دلیل مسیر جایگزینی در حلقهٔ میکروبی (Moustaka-Gouni *et al*., 2006) ارزش بیشتری پیدا کرده است. علاوه بر آن، به این دلیل که بعضی از گونه‌های زئوپلانکتونی صافی‌خوار (Filter feeder) بوده و به‌عنوان پالاینده‌های ستون آب از مواد معلق تغذیه می‌کنند، در بهبود کیفیت آب نیز نقش دارند (Kovalev *et al*., 1999). همچنین نشان داده شده است که زئوپلانکتون‌ها یک شاخص معتبر برای موقعیت تروفی (توان تولیدی) هستند (Canfield and Jones, 1996; Wang *et al*., 2007). به‌طور کلی مزیت جمعیت‌های زئوپلانکتونی نسبت به فیتوپلانکتون‌ها تأخیر در واکنش به تغییرات محیطی و توانایی آن‌ها برای توضیح ترکیب فیتوپلانکتونی با جزئیات بیشتر است (Hunt and Matveev, 2005). از گذشته پژوهشگران متعددی پویایی جمعیت زئوپلانکتون‌ها را در اکوسیستم‌های مختلف آبی بررسی و گزارش کرده‌اند که زئوپلانکتون‌ها در ساختار شبکهٔ غذایی، مصرف فیتوپلانکتون، باکتری و دیگر موجودات ریز و همچنین به‌عنوان منبع غذایی برای ماهی و سایر بی‌مهرگان جایگاه اساسی دارد به‌طوری‌که، حتی به نقش آن‌ها در بعضی مناطق در کنترل شکوفایی فیتوپلانکتونی اشاره شده است (Dhib *et al*., 2015).

مدیریت کیفیت آب در مخازن سدها نیازمند مطالعه و ارزیابی تغییرات کیفیت آب و شناخت پدیده‌هایی است که در آن رخ می‌دهند می‌باشد، بخشی از این ارزیابی و شناخت می‌تواند با پایش کیفیت آب مخزن سد به‌دست آید (Banihashemi *et al*., 2009). با وجود فشارهای فزآینده‌ای که در اثر رشد جمعیت بر منابع محدود کنونی وارد می‌شود، نیاز به شناخت هرچه‌بیشتر منابع آبی و آبزیان به‌منظور اعمال مدیریت صحیح شیلاتی بیشتر احساس می‌شود (Abbasi *et al*., 1998). دریاچه‌های پشت سدها از مهم‌ترین سازه‌های کنترل و تأمین آب برای کاربری‌های مختلف هستند که می‌توانند اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی گسترده‌ای را به‌همراه داشته باشند. بنابراین لازم است ابتدا این منابع شناسایی و براساس عوامل اکولوژیک تأثیرگذار بر روی تولید، مدیریت بهره‌برداری مناسب تدوین گردد و قبل از توسعه و طراحی هر گونه فعالیتی در مناطق مختلف، انجام مطالعات پایه‌ای و اساسی اکولوژیک بایستی صورت گیرد (Abdolmaleki *et al*., 2014). بنابراین این مطالعه به‌منظور پایش زیستی جوامع پلانکتونی (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) در دیارچهٔ سد گاران مریوان، استان کردستان جهت مدیریت تولید و کنترل کیفیت آب دریاچه به‌اجرا درآمد.

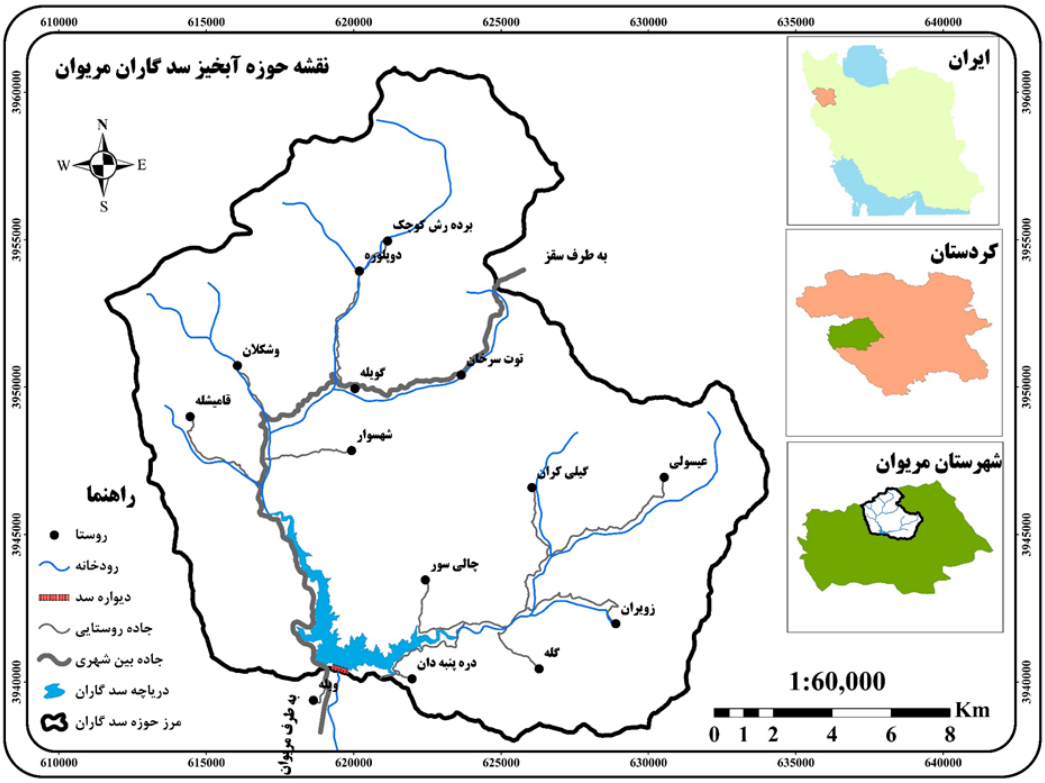
روش‌شناسی پژوهش

منطقهٔ مورد مطالعه: دریاچهٔ سد گاران، در شهرستان مریوان (غرب استان کردستان) واقع شده است (شکل ۱) که بر روی شاخهٔ اصلی رودخانهٔ گاران و در مجاورت جادهٔ مریوان–سقز احداث شده است. با توجه بررسی‌های اولیه، تعداد ۴ ایستگاه در موقعیت‌های مختلف در طول دریاچه انتخاب شد. با توجه به عمق ایستگاه، ایستگاه‌های ورودی شامل ایستگاه‌های ۱ و ۴ نمونه‌برداری فقط از لایهٔ سطحی و ایستگاه‌های ۲ و ۳ واقع در بدنهٔ دریاچه سد از سه لایه (لایهٔ سطحی، لایهٔ میانی و ۱ متر بالای بستر) به‌مدت یکسال (۱۳۹۷–۱۳۹۶) نمونه‌برداری صورت گرفت.

به‌منظور بررسی ساختار جمعیتی فیتوپلانکتون دریاچه با توجه به نوع اکوسیستم آبی، نمونه‌برداری انجام و نمونه‌های تهیه شده

در ظروف پلاستیکی با فرمالین ۴ درصد تثبیت و جهت مطالعه به آزمایشگاه بیولوژی گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه کردستان منتقل شد. روش نمونه‌برداری و محاسبهٔ تراکم جمعیتی فیتوپلانکتون‌ها با استفاده از منابع (Boney, 1989; APHA, 2005; Farhadian *et al*., 2014) و شناسایی نمونه‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی (Maosen, 1983; Needham and Needham, 1996) انجام شد. در آزمایشگاه، نمونه‌های فیتوپلانکتونی بعد از همگن کردن توسط سمپلر به لام ۱ میلی‌لیتری سدویک رافتر[1] جهت شناسایی و شمارش منتقل و با میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند.

همچنین به‌منظور نمونه‌برداری از جوامع زئوپلانکتونی دریاچه با استفاده از تور پلانکتون‌گیر با اندازهٔ چشمهٔ ۵۰ میکرومتر نمونه‌برداری از ستون آب صورت گرفت. عصارهٔ فیلترشده در ظرف نمونه‌برداری ریخته و در نهایت نمونه‌ها با فرمالین ۴ درصد تثبیت و جهت مطالعه به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های زئوپلانکتونی بعد از تعیین حجم (عصارهٔ آب فیلترشده) مطابق روش بیان شده مورد شناسایی و شمارش قرار گرفتند. در نهایت تراکم پلانکتونی در لیتر در هر ایستگاه تعیین و تراکم شاخه‌ها و سرانجام تراکم کل محاسبه گردید. نمونه‌برداری و بررسی تراکم جمعیتی زئوپلانکتون‌ها براساس منابع و کلیدهای معتبر (Maosen, 1983; APHA. 2005; Sabkara *et al*., 2006) و شناسایی پلانکتون‌ها براساس کلیدهای شناسایی (Maosen, 1983; Needham and Needham, 1996) انجام شد.



شکل ۱- حوضهٔ سد گاران و موقعیت روستاهای حوضه

یافته‌های پژوهش

نتایج مطالعهٔ ساختار زیستی و جمعیتی فیتوپلانکتون دریاچهٔ سد گاران مریوان طی دورهٔ یکساله در جدول ۱ ارائه شده است. در مجموع ۳۱ جنس، ۲۸ خانواده و ۶ شاخه شناسایی شدند که ۱۲ جنس متعلق به شاخهٔ Bacillariophyta، ۴ جنس متعلق به شاخهٔ Charophyta، ۶ جنس متعلق به شاخهٔ Chlorophyta، ۶ جنس متعلق به شاخهٔ Cyanophyta، ۱ جنس متعلق به شاخهٔ Dinoflagellata و ۱ جنس متعلق به شاخهٔ Chrysophyta می‌باشد (جدول ۱). شاخهٔ Bacillariophyta با ۱۲ جنس دارای بیشترین فراوانی و تنوع بین سایر شاخه‌های شناسایی شده بود. این گروه از فیتوپلانکتون‌ها به‌دلیل مناسب بودن برای تغذیهٔ

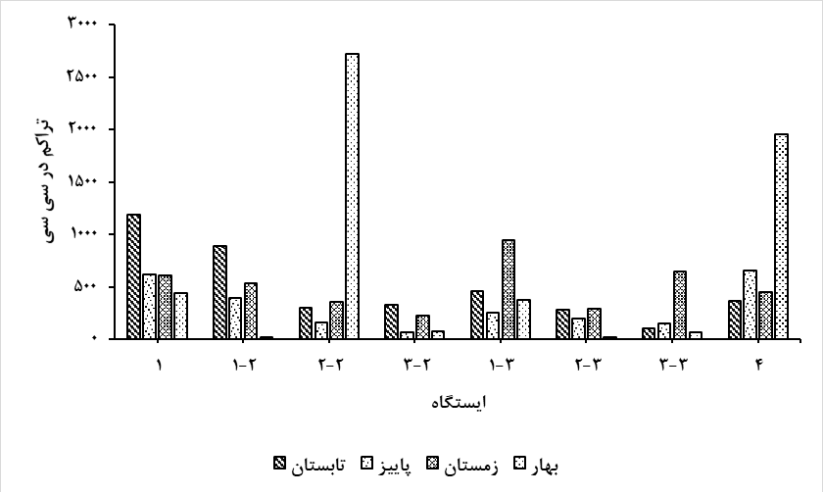
[1]Sedgewick rafter

زئوپلانکتون‌ها و ماهیان فیتوپلانکتون‌خوار دارای اهمیت زیادی در تولیدات منابع آبی هستند. بیشترین فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی در فصل بهار (۵/۵±۱۶۷۶/۱۱۲ سلول در میلی‌لیتر) و کمترین آن نیز در فصل پاییز (۲۳۱/۵±۳۰۹/۵ سلول در میلی‌لیتر) مشاهده شد. لازم به ذکر است که میانگین تراکم سالانهٔ فیتوپلانکتون دریاچهٔ سد گاران ۱۸۴/۴۶±۶۳۴/۱۱ عدد در میلی لیتر به‌دست آمد.

جدول ۱- لیست شاخه‌ها، خانواده‌ها و جنس‌هایی شناسایی شده فیتوپلانکتون دریاچهٔ گاران در طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۶

	شاخه (Phyllum)	خانواده (Family)	جنس (Genus)	تابستان	پاییز	زمستان	بهار
۱	Bacillariophyta	Cocconeidae	Cocconeis	*	*	*	*
۲		Cymbellaceae	Cymbella	*	*		*
۳		Tabellariaceae	Diatoma	*	*	*	*
۴		Melosiraceae	Melosira	*	*	*	*
۵		Naviculaceae	Navicula	*	*	*	*
۶		Bacillariaceae	Nitzschia	*	*		*
۷		Surirellaceae	Surirella				*
۸		Stephanodiscaceae	Stephanodiscus				*
۹		Fragilariaceae	Synedra	*	*		*
۱۰		Pleurosigmataceae	Gyrosigma	*			
۱۱		Fragilariaceae	Fragilaria				*
۱۲		Stephanodiscaceae	Cyclotella	*	*	*	*
۱۳	Charophyta	Chlorellaceae	Chlorella	*	*	*	*
۱۴		Desmidiaceae	Staurastrum				*
۱۵		Scenedesmaceae	Senedesmus			*	*
۱۶		Mesotaeniaceae	Spirotaenia	*	*	*	*
۱۷	Chlorophyta	Selenastraceae	*Ankistrodesmus*		*		*
۱۸		Ctenocladaceae	Protococcus				*
۱۹		Selenastraceae	Selenastrum				*
۲۰		Oocystaceae	Oocystis				*
۲۱		Scenedesmaceae	Tetradesmus				*
۲۲		Hydrodictyaceae	Tetraedron	*			
۲۳		Dinobryaceae	Dinoberion	*	*		
۲۴	Cyanophyta	Nostocaceae	Anabaena		*		
۲۵		Microcystaceae	Gloeocapsa	*			*
۲۶		Oscillatoriaceae	*Oscillatoria*	*			*
۲۷		Merismopediaceae	Merismopedia	*		*	
۲۸		Synechococcaceae	Rhabdoderma		*	*	*
۲۹		Microcystaceae	Microcystis	*	*		
۳۰	Dinoflagellata	Ceratiaceae	*Ceratium*	*			*
۳۱		Peridiniaceae	*Peridinium*	*			*

نتایج تراکم فیتوپلانکتون دریاچه بین ایستگاه‌ها در فصول مختلف نمونه‌برداری با هم مقایسه شدند (شکل ۲). میانگین تراکم فیتوپلانکتون دریاچه در لایهٔ نورگیر در فصل تابستان، پاییز، زمستان و بهار به‌ترتیب ۷۲۴/۶±۳۸۳/۰۵، ۴۸۰/۳±۱۹۰/۵، ۶۳۵/۳±۲۱/۵ و ۲۷۷۱/۲±۵۶۴/۲ (cell/ml) است که بیشترین مقدار مربوط به بهار می‌باشد.



شکل ۲- مقایسهٔ تراکم سالانه فیتوپلانکتون در سی‌سی بین ایستگاه‌ها و فصول نمونه‌برداری دریاچه گاران در طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۶

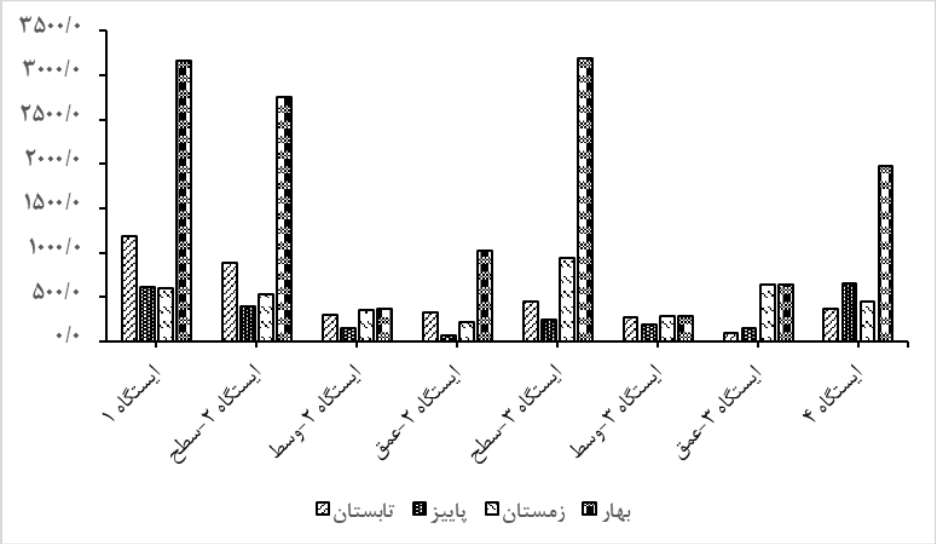
بیشترین تراکم فیتوپلانکتون دریاچه در فصل تابستان مربوط به ایستگاه ۱ با تراکم ۱۱۸۳/۷±۲۲۲/۵ (cell/ml) و کمترین تراکم در ایستگاه ۳ در بستر با تراکم ۹۹±۲۵/۲ (cell/ml) در بستر دریاچه بود (جدول ۲). میانگین تراکم فیتوپلانکتون دریاچه در لایهٔ نورگیر ۷۲۴/۶±۳۸۳/۰۵ (cell/ml) به‌دست آمد (جدول ۲). در فصل پاییز بیشترین تراکم فیتوپلانکتون دریاچه مربوط به ایستگاه ۴ با ۶۵۹/۳±۸۱ (cell/ml) و کمترین تراکم با ۶۷/۳±۹/۷ (cell/ml) مربوط به ایستگاه ۲ در بستر دریاچه بود (جدول ۳). میانگین تراکم فیتوپلانکتون دریاچه در لایهٔ نورگیر در طی نمونه‌برداری فصل پاییز ۴۸۰/۳±۱۹۰/۵ (cell/ml) به‌دست آمد. باتوجه به دوام لایه‌بندی دمایی آب و فقر مواد غذایی در لایه اپی‌لیمنیون در زمان نمونه‌برداری و افزایش قابل ملاحظهٔ جمعیت زئوپلانکتونی، این نتیجه منطقی می‌باشد. میانگین تراکم فیتوپلانکتون در لایهٔ نورگیر دریاچه در زمستان ۶۳۵/۳±۲۱/۵ سلول در میلی‌لیتر به‌دست آمد. در فصل زمستان بیشترین تراکم فیتوپلانکتون دریاچه مربوط به ایستگاه ۳ سطحی با ۹۴۸±۸۵/۴ (cell/ml) و کمترین تراکم با ۲۲۴/۷±۱۵ (cell/ml) مربوط به ایستگاه ۲ بستر دریاچه بود. این تراکم بالا به‌دلیل حضور زیاد فیتوپلانکتون *Cyclotella* sp. بود. در این فصل بیشترین تراکم فیتوپلانکتون دریاچه مربوط به ایستگاه ۳ با ۳۱۸۸±۱۵۷/۶ و کمترین تراکم با ۲۹۰±۲۸/۶ (cell/ml) مربوط به ایستگاه ۳ میانی دریاچه بود.

جدول ۲- تراکم فیتوپلانکتون شناسایی شده دریاچه گاران در فصل تابستان ۹۶ (میانگین±انحراف معیار)

تراکم کل (cell/ml)	فصول سال	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲ (سطح آب)	ایستگاه ۲ (لایه میانی)	ایستگاه ۲ (بستر آب)	ایستگاه ۳ (سطح آب)	ایستگاه ۳ (لایه میانی)	ایستگاه ۳ (بستر آب)	ایستگاه ۴
میانگین±انحراف معیار	پاییز	۱۱۸۳/۷±۵/۲۲۲	۸۹۳/۳±۴/۸۲	۲۹۷/۳±۳/۴۷	۳۲۷/۳±۲/۳۵	۴۵۴/۷±۱/۳	۲۷۸±۴/۴۵	۹۹±۲/۲۵	۳۶۶/۷±۳/۳۴
	تابستان	۶۱۳/۳±۵۵/۵	۳۹۶/۷±۴۷/۸	۱۵۴/۷±۲۴/۱	۶۷/۳±۹/۷	۲۵۲±۱۹	۱۹۲/۷±۲۸/۸	۱۴۸/۷±۲۳/۷	۶۵۹/۳±۸۱
	زمستان	۶۰۴±۳۷/۷	۵۳۷/۳±۵۹/۶	۳۵۸/۷±۳۷/۱	۲۲۴/۷±۱۵	۹۴۸±۸۵/۴	۲۸۶/۷±۲۴/۶	۶۴۷/۳±۴۰/۴	۴۵۲±۴۱/۵
	بهار	۳۱۶۶±۳۱۰/۳	۲۷۵۰±۱۸۹/۹	۳۷۰/۷±۴۹/۸	۱۰۲۶/۷±۳۳	۳۱۸۸±۱۵۷/۶	۲۹۰±۲۸/۶	۶۴۰± ۳۷	۱۹۸۰/۷±۹۰/۵

نتایج تراکم فیتوپلانکتون دریاچه بین ایستگاه‌ها در فصول مختلف نمونه‌برداری با هم مقایسه شدند و در شکل ۳ نشان داده شده است. بیشترین تراکم مربوط به ایستگاه ۱ در فصل بهار (۱۳۹۱/۸±۱۵۶/۵) است. همچنین میانگین تراکم فیتوپلانکتون دریاچه در

فصول تابستان، پاییز، زمستان و بهار به‌ترتیب ۴۸۷/۵±۶۱/۹، ۳۱۰/۹±۳۶/۱، ۵۰۷/۳±۴۲/۷ و ۱۶۷۶/۵±۱۱۲/۱ (cell/ml) می‌باشد که بیشترین مقدار مربوط به بهار بود.



شکل ۳- مقایسه تراکم سالانه فیتوپلانکتون در میلی‌لیتر بین ایستگاه‌ها و فصول نمونه‌برداری دریاچه گاران

نتایج مطالعه ترکیب جمعیتی زئوپلانکتون دریاچه سد گاران مریوان طی دورهٔ یکسالهٔ مطالعهٔ لیمنولوژی در جدول ۳ نشان داده شده است. در مجموع ۲ شاخه، ۹ خانواده و ۱۶ جنس و گونه شناسایی شدند که ۹ گونه و جنس متعلق به شاخهٔ Rotifera و ۷ گونه و جنس متعلق به شاخهٔ Arthropoda می‌باشند.

جدول ۳- لیست شاخه‌ها، خانواده‌ها و جنس‌های شناسایی شده زئوپلانکتون در طی مطالعهٔ دریاچهٔ گاران مریوان

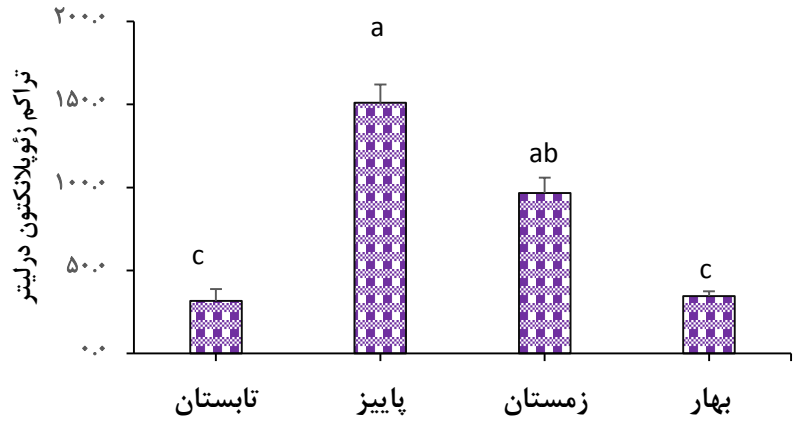
بهار	زمستان	پاییز	تابستان	Genus	Family	Phylum
❋		❋	❋	*Asplanchna priodonta*	Asplanchnidae	Rotifera
❋	❋	❋		*Ascomorpha saltan*	Gastropidae	
❋	❋	❋	❋	*Brachionus plicatilis*	Brachionidae	
❋	❋	❋	❋	*Keratella cochlaris*	Brachionidae	
❋				*Notholca* sp.	Brachionidae	
❋	❋	❋	❋	*Filinia maior*	Synchaetidae	
❋				*Lepadell* sp.	Lepadellidae	
❋		❋		*Polyarthra* sp.	Synchaetidae	
❋				*Synchaeta* sp.	Synchaetidae	
			❋	*Diaptomus* sp.	Diaptomidae	Arthropoda
❋	❋	❋	❋	*Daphnia magna*	Daphniidae	
❋		❋		*Ceriodaphnia* sp.	Daphniidae	
❋	❋	❋	❋	*Diaphanosoma* sp.	Sididae	
❋	❋	❋	❋	*Cyclops* sp.	Cyclopidae	
❋	❋	❋	❋	Nauplius Cyclops	Cyclopidae	
❋	❋	❋	❋	*Bosmina coregoni*	Bosminidae	

همچنین بررسی نتایج تراکم زئوپلانکتون دریاچه انجام شد که به تفکیک فصل و به‌ترتیب زمان نمونه‌برداری ارائه شده است. یافته‌های بررسی ساختار جمعیتی زئوپلانکتون نشان داد که میانگین تراکم کل زئوپلانکتون دریاچه حدود ۳۱/۶۹±۷/۱۷ عدد در لیتر می‌باشد. به‌ترتیب بیشترین و کمترین تراکم مربوط به ایستگاه یک با ۸۳±۱۸/۸ و ایستگاه ۳ با ۱۱±۲/۵ عدد در لیتر مشاهده

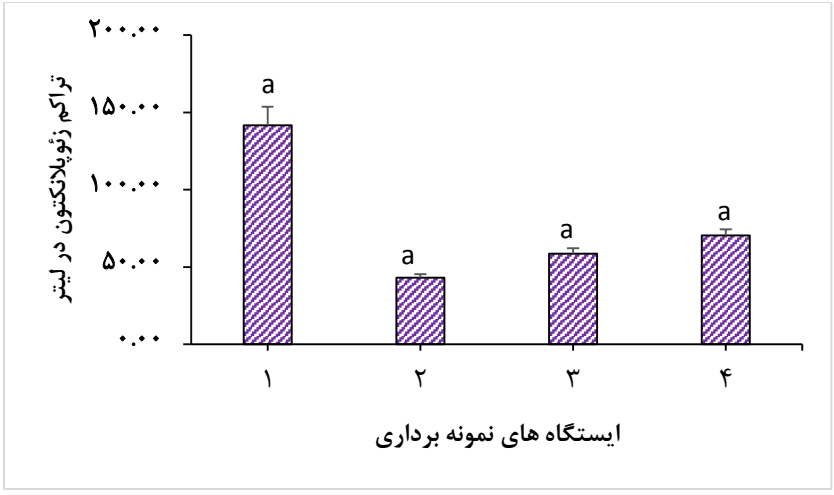
شد. میانگین تراکم کل زئوپلانکتون دریاچه در فصل پاییز ۱۵۰/۹۸±۱۱/۳۵ عدد در لیتر اندازه‌گیری شد. به‌ترتیب بیشترین و کمترین تراکم مربوط به ایستگاه ۱ با ۲۴۸/۸±۲۴/۵ و ایستگاه ۲ با ۷۳/۳±۵/۵ عدد در لیتر بود. براساس نتایج، در فصل زمستان میانگین کل تراکم زئوپلانکتون دریاچه ۹۶/۶۸±۹/۳۲ عدد در لیتر اندازه‌گیری شد. به‌ترتیب بیشترین و کمترین تراکم مربوط به ایستگاه یک با ۱۷۵/۳±۲۰/۲ و ایستگاه ۴ با ۴۶/۴±۳/۸ عدد در لیتر مشاهده شد. در فصل بهار، میانگین کل ۳۴/۵۴±۲/۹۱ عدد در لیتر اندازه‌گیری شد. که بیشترین و کمترین تراکم به‌ترتیب مربوط به ایستگاه یک با ۵۹/۵±۴/۵ و ایستگاه ۲ با ۱۶/۳۶±۱/۴۴ عدد در لیتر بود (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین تراکم زئوپلانکتون بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داد که بیشترین تراکم مربوط به ایستگاه ۱ (عدد در لیتر ۱۴۱/۶۶±۱۲/۰۲) و کمترین تراکم مربوط به ایستگاه ۲ (عدد در لیتر ۴۳/۰۹±۲/۲۳) می‌باشد اما این اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۵).

جدول ٤- تراکم جنس‌های زئوپلانکتون شناسایی شده در ایستگاه‌های مختلف دریاچه گاران مریوان در فصول مختلف سال

تراکم کل (cell/ml)	فصول سال	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴
میانگین±انحراف معیار	تابستان	۸۳±۱۸/۸	۱۳±۳/۸	۱۱±۲/۵	۱۹/۸±۳/۶
	پاییز	۲۴۸/۸±۲۵/۵	۷۳/۳±۵/۵	۱۰۱/۷±۵/۶	۱۸۰±۸/۹
	زمستان	۱۷۵/۳±۲۰/۲	۶۹/۷±۵/۳	۹۵/۳±۸	۴۶/۴±۳/۸
	بهار	۵۹/۵±۴/۵۳	۱۶/۳۶±۱/۴۴	۲۶/۳۷±۲/۱۹	۳۵/۸۹±۳/۴۹



شکل ٤- تراکم زئوپلانکتون (عدد در لیتر) دریاچه سد گاران در طی فصول نمونه‌برداری



شکل ٥- تراکم زئوپلانکتون (عدد در لیتر) در ایستگاه‌های نمونه‌برداری دریاچه سد گاران

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه به‌منظور بررسی جوامع زیستی فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی دریاچهٔ سد گاران، مریوان به‌اجرا درآمد. نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که تغییرات جوامع زیستی مورد بررسی در طول فصول مختلف سال و در ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. براساس یافته‌های مطالعهٔ حاضر، در مجموع ۳۱ جنس، ۲۸ خانواده و ۶ شاخه شناسایی شدند. بیشترین تنوع مربوط به شاخهٔ Bacillariophyta بود که از گروه فیتوپلانکتون‌های مهم و مؤثر در تغذیهٔ ماهیان و زئوپلانکتون‌ها می‌باشند. همچنین نتایج نشان داد که میانگین تراکم سالانه فیتوپلانکتون در دریاچهٔ سد گاران ۵۰۳/۵ سلول در میلی‌لیتر می‌باشد. نتیجهٔ حاصل در مقایسه با تراکم سالانه دریاچهٔ گلبلاغ بیجار (Mohammadi *et al*., 2017) با تراکم ۱۶۶۲ عدد در میلی‌لیتر و نتایج مطالعات Sabkara و Makaremi (۲۰۰۳) در مورد دریاچهٔ سد ماکو با تراکم ۱۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر تا حدودی نزدیک است. اما در مقایسه با نتایج مطالعات Gharibkhani (۲۰۱۰) در تالاب استیل آستارا با تراکم ۱۲۳۸۷ سلول در میلی‌لیتر و مطالعات دریاچهٔ سد خندق‌لو (Abdolmaleki *et al*., 2014) با متوسط تراکم سالیانهٔ ۸۴۰۰ سلول در میلی‌لیتر و شهید کاظمی سقز (Fazli *et al*., 2009) با تراکم ۵۸۰۰ عدد در ملی‌لیتر کمتر می‌باشد. می‌توان گفت علت تراکم نسبتاً بالای فیتوپلانکتونی در تالاب استیل آستارا میانگین عمق (۱/۵ متر)، دمای آب، وسعت، غلظت مواد مغذی ورودی از رودخانه‌های مختلف و همچنین دریاچهٔ سد خندق‌لو و شهید کاظمی به‌دلیل یوتروف بودن، مواد مغذی فراوان و حضور ماهیان زئوپلانکتون‌خوار در دریاچه می‌باشد. چون در دریاچه‌هایی که ماهی زئوپلانکتون‌خوار حضور نداشته باشد یا تراکم پایینی داشته باشند، جمعیت زئوپلانکتون‌های بزرگ جثه زیاد شده و با فشار تغذیه‌ای شدید بر روی جمعیت فیتوپلانکتون‌ها، تراکم آن‌ها را کاهش می‌دهند.

نکتهٔ قابل توجه دیگر حضور فیتوپلانکتون‌هایی جنس‌های *Ceratium*، *Pridinium* و *Microcystis* می‌باشد که در فصل تابستان قدرت ایجاد شکوفایی جلبکی را دارند و می‌توانند باعث اختلال در دریاچه شوند. در نمونه‌برداری اردیبهشت ماه بهار ۹۷ در ایستگاه ۱ رنگ آب دریاچه به‌طور واضحی به قهوه‌ای تیره تغییر رنگ داده بود که این علایم می‌تواند نشان از شکوفایی جلبکی باشد. با مطالعه و بررسی نمونه‌های فیتوپلانکتون دریاچه مشخص شد که در ایستگاه ۱ بلوم جلبکی یا شکوفایی جلبکی رخ داده است. فیتوپلانکتونی که باعث ایجاد بلوم شده بود، *Pridinium* از شاخهٔ داینوفلاژله‌ها بود. تراکم فیتوپلانکتون در این ایستگاه ۲۳۴۷/۷±۲۰۵/۳ (سلول بر میلی‌لیتر) بود که بیشترین تراکم را در دریاچه به‌خود اختصاص داده بود. ایستگاه ۱ با توجه ورودی‌های غنی از مواد مغذی و وجود فاضلاب‌های بالا دست در حوضهٔ آبریز نیاز است با حساسیت و دقت بیشتری در آینده مورد پایش و بررسی قرار گیرد.

از نکات قابل ذکر رهاسازی ماهی زئوپلانکتون‌خوار این است که می‌توان جمعیت زئوپلانکتون‌ها را تعدیل کرد و در نتیجه فیتوپلانکتون‌ها می‌توانند جمعیت خود را افزایش دهند و تولیدات دریاچه را بهبود ببخشند. فیتوپلانکتون‌ها مهم‌ترین بخش هر اکوسیستم آبی برای تولیدات شیلاتی می‌باشد و به با تأمین غذا و انرژی شبکهٔ غذایی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. پس نیاز است در ترکیب رهاسازی سالانهٔ ماهیان سعی شود به تعادل فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون دریاچه توجه شود.

در رابطه با جوامع زئوپلانکتونی می‌توان بیان کرد که عواملی نظیر اکسیژن، نور، دما، جریانات آبی، غذا، بیماری، رقابت و تأثیر شکارچی بر جوامع و غالبیت زئوپلانکتون اثرگذار می‌باشد. به‌طور کلی، مهم‌ترین عامل در تولیدات پلانکتونی در دریاچه‌ها کیفیت آب، طول سواحل، حوضهٔ دریاچه و ترکیب آبزیان نیز بسیار مهم هستند. دریاچه‌های با عمق کم تولیدات بیشتری نسبت به دریاچه‌های عمیق دارند، زیرا بیشتر منطقهٔ تولیدات، تحت تأثیر نور آفتاب است. در دریاچه‌های کم‌عمق این لایه‌ها به‌دلیل کم‌عمق بودن دریاچه در تماس با لایه‌های عمقی هستند و تولیدات پلانکتونی در تمامی لایه‌های آب صورت می‌گیرد (Suthers *et al*., 2019).

میانگین سالانهٔ تراکم زئوپلانکتون دریاچهٔ گاران حدود ۷۶ عدد در لیتر بود که در مقایسه با دریاچه گلبلاغ ۲۸۲۴ عدد در لیتر (Mohammadi *et al*., 2017)، سد خندق‌لو، ارس و مهاباد به‌ترتیب با ۱۱۳۴، ۱۵۰۰ و ۱۴۰۰ عدد در لیتر (Safaii, 1995; Abdolmaleki *et al*., 2001, 2014)، کمتر از نتایج آن‌ها می‌باشد. اگرچه در مقایسه با دریاچه‌هایی اشاره شده تراکم زئوپلانکتون دریاچهٔ گاران نسبتاً پایین می‌باشد؛ اما می‌توان به دو دلیل اصلی آن اشاره کرد، ۱) جوان بودن دریاچه و ۲) حضور گونه‌های بزرگ جثه که افزایش جمعیت زئوپلانکتون‌های کوچکتر را کنترل می‌کنند. تنوع جنس‌های شاخهٔ روتیفرا به نسبت شاخه دیگر بیشتر

است و به‌لحاظ ارزش غذایی دارای اهمیت خاصی می‌باشند. حضور جنس‌های متنوع این شاخه با توجه به کوچک بودن اندازهٔ بدن و خوش‌خوراکی برای لارو ماهی و ماهیان زئوپلانکتون‌خوار ریز می‌تواند نکتهٔ مثبتی در توان تولید ماهیان زئوپلانکتون‌خوار باشد. تراکم و زی‌تودهٔ تقریباً بالای زئوپلانکتون‌ها با توجه به تروفی پایین و تراکم کم فیتوپلانکتون دریاچه، می‌تواند متأثر از نبود و یا تراکم پایین ماهیان زئوپلانکتون‌خوار در دریاچه باشد. نکتهٔ مهم در خصوص حضور زئوپلانکتون‌های بزرگ جثه‌ای از جمله *Ascomorpha saltan*، *Daphnia magna* و *Cyclops* sp. با قدرت فیلترخواری بالا در دریاچه می‌باشد که می‌توانند رقیبی جدی برای ماهیان فیتوپلانکتون‌خوار و تولیدات اولیه دریاچه باشند و نیاز است در آینده با ماهیان زئوپلانکتون‌خوار جمعیت آن‌ها متعادل شود.

References

Abbasi, H., 1998. Aquatic plants. Padideh Gorgan Cultural and Publishing Institute of Natural Sciences. First Edition. 228 p.

APHA (American Public Health Association)., 2005. Standard Methods for The Examination of water and wastewater, 21th ed. American Public Health Association, Washington, DC. 1550 p.

Banihashemi, M.A., Karami, V., Mesbahi, J., Masfari Bohle, H.W., 2009. The effect of failure parameters on the characteristics of flood flow caused by the failure of Bostan and Golestan earthen dams presented in the 8th International Seminar on River Engineering. Limnische Systeme. Berlin: Springer-Verlag.

Abdolmaleki, Sh., Mirzajani, A., Khodaparast, S.H., Saberi, H., Babaii, H., Sabkara, F.J., Makaremi, M., Khatibhaghighi, S., Ghaninejhad, D., Yosefzad, A., Naorozi, H., Nahrevar, M.R., Khedmati, K., Nikpor, M., Rastin, R., Mohsenpor, H., 2014. Limnological study of Khandaghlo Reservoir of Zanjan Province. Iranian Fisheries Research Organization. 207 p. (In Persian)

Abdolmaleki, Sh., Sabkara, J., Shomali, M., Abbasi, K., Ghane, A., Mirhasheminasab, F., 2001. Limnological study of Mahabad Reservoir. Iranian Fisheries. 157 p. (in Persian)

Canfield, T.J., Jones, J.R., 1996. Zooplankton Abundance, Biomass, and Size-Distribution in Selected Midwestern Waterbodies and Relation with Trophic State. Journal of Freshwater Ecology 11(2), 171-191.

Conti, M.E., 2008. Biological Monitoring: Theory and Applications-Bioindicators and Biomarkers for Environmental Quality and Human Exposure Assessment. WIT Press, Boston, 228 p.

Dhib, A., Fertouna-Bellakhal, M., Turki, S., Aleya, L., 2015. Harmful planktonic and epiphytic microalgae in a Mediterranean Lagoon: the contribution of the macrophyte *Ruppia cirrhosa* to microalgae dissemination. Harmful Algae 45, 1-13.

Gharibkhani, M., Tatina, M., Ramezanpour, Z., Choubian, F., 2010. Studying the diversity, density and abundance of phytoplanktons of Esteel lagoon in Astara. Iranian Scientific Fisheries Journal 4, 1-15. (In Persian)

Government of Canada., 2008. Biobasics: Bioindicators. http://www.biobasics.gc.ca/english/View.asp?x=740. Last modified 2008-07-08.

Hunt, R.J., Matveev, V.F., 2005. The effects of nutrients and zooplankton community structure on phytoplankton growth in a subtropical Australian reservoir: An enclosure study. Limnologica 35, 90-101.

Kamenir, Y., 2007. Stability of Lake Kinneret phytoplankton structure asevidenced by several types of size spectra. Fundamental and Applied LimnologyArchiv für Hydrobiologie. 168 (4): 345-354.

Kovalev, V.A., Petrou, M., Bondar, Y.S., 1999. Texture anisotrop in 3D images. IEEE Transactions on Image Processing 8, 346-360.

Longhurst, A.R., 2007. Ecological Geography of the Sea. Elsevier, Amsterdam, 542 p.

Maleri, M., 2011. Effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on Western Cape irrigation reservoirs. Doctor of Philosophy in the Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University. 296 p.

Maosen, H., 1983. Freshwater plankton illustration. Agriculture publishing house. 85 p.

Mohammadi, H., Paighambari, S.Y., Abdolmaleki, S., Fallahi, M., GHorbani, R., Hossaini, A., 2017. Trophic status and fish production potential of Golbolagh Lake (West of Kurdistan Province). Journal of Aquatic Ecology 7(1), 126-139. (In Persian)

Moustaka-Gouni, M., Vardaka, E., Michaloudi, E., Kormas, K.A., Tryfon, E., Mihalatou, H., Gkelis, S., Lanaras, T., 2006. Plankton food web structure in a eutrophic polymictic lake with a history in toxic cyanobacterial blooms. Limnol Oceanogr 51, 715-727.

Needham, J.G., Needham, P.R., 1996. Guide to the study of freshwater biology. Holden day, INK. San Francisco Constable & Co., LTD., Landon. Fifth edition. 106 p.

Sabkara, J., Makaremi, M., 2003. The density and distribution of the planktons, in Maco reservoir dam. Iranian Scientific Fisheries Journal 12(2), 29-46. (In Persian)

Sabkara, J., Makaremi, M., Mohammadjani, T., 2006. The density and distribution of the plankton in Karganrood River. Pajouhsh & Sazandegi 73, 65-73. (in Persian)

Suthers, I.M., Rissik, D. and Richardson, A.J., 2019. Plankton : a guide to their ecology and monitoring for water quality. Clayton South, VIC: CSIRO Publishing. 236 P.

Wang, S., Xie, P., Wu, S., Wu, A., 2007. Crustacean zooplankton distribution patterns and their biomass as related to trophic indicators of 29 shallow subtropical lakes. Limnologica 37(3), 242-247.