14(3) 317-322, Autumn 2022

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

Original Research Paper

Determining appropriate site for releasing hatchery-reared juvenile fish using macrobenthos diversity indices - a case study in Gorganroud river

Gorbanali Kabousi, Ziya Kordjazi *, Mohammad Farhangi, Hadi Raeisi

Department of Fisheries, Faculty Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

Key Words

Macrobenthos biodiversity
Hatchery-reared juvenile
Gorganroud River

Abstract

Introduction: The aim of this research conducted in the lowermost (lowest) zone of Gorganroud river - southeastern Caspian Sea, in where hatchery-reared juvenile fish were released for stock enhancement, was Determining appropriate site for releasing hatchery-reared juvenile fish using macrobenthos diversity indices.

Materials & Methods: Sampling was undertaken over five surveys, (spring 2018, spring, summer, and autumn 2019 and winter 2020), in three sites (with three replications) including (1) boarder guard station (BGS), (2) Khaje Nafas bridge (KNB), and (3) Khaje Nafas dam (KND).

Result: The results of split plot analysis showed that no significant difference was observed in sedimentary organic matter among sampling sites. Biodiversity indices and water physico-chemical factors also showed significant differences among sampling sites, as indices like abundance, species richness and Shannon index in KNB site were significantly higher than those in BGS site (in where reared juvenile fish were released for stock enhancement). In addition, water quality was significantly better in KNB site ($p<0.05$), as water in BGS site had significantly higher dissolved oxygen (Do) and lower salinity and total dissloved solid (TDS) than that in BGS site.

Conclusion: Thus, it is recommended reared juvenile fish be released in more suitable places (ie., site 2) to increase the survival probability of released juvenile fish.

* Corresponding Author's email: z.kordjazi@gmail.com, ziya.kordjazi@gonbad.ac.ir
Received: 16 July 2021; Reviewed: 20 August 2021; Revised: 22 October 2021; Accepted: 22 November 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.312339.2673

مقاله پژوهشی

تعیین محل مناسب رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی ماکروبنتوزها - مطالعه موردی در رودخانه گرگانرود -استان گلستان

قربان‌علی کابوسی، ضیاء کردجزی**، محمد فرهنگی، هادی رییسی

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

کلمات کلیدی

تنوع زیستی
بچه‌ماهیان پرورشی
رهاسازی
گرگانرود

چکیده

مقدمه: هدف از این تحقیق تعیین محل مناسب رهاسازی بچه ماهیان پرورشی با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در پایین‌دست رودخانه گرگانرود بود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از آب سطحی و رسوبات بستر رودخانه از سه ایستگاه در بخش انتهایی رودخانه شامل (۱) پاسگاه، (۲) پل خواجه‌نفس و (۳) سد لاستیکی خواجه نفس، طی پنج نوبت (در خرداد ۱۳۹۷ و در اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن ماه سال ۱۳۹۸) انجام شد.

نتایج: نتایج آزمون کرت‌های خرد شده نشان داد در میزان بار آلی بستر ایستگاه‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. شاخص‌ها تنوع زیستی بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار داشتند، به‌طوری‌که فراوانی‌گونه‌ها، غنای‌گونه‌ای، شاخص تنوع شانون در ایستگاه پل خواجه‌نفس بالاتر از ایستگاه پاسگاه (محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی) بود. به‌علاوه، کیفیت آب در ایستگاه پل خواجه‌نفس بهتر بود، به‌طوری‌که میزان اکسیژن محلول در آب در ایستگاه پل خواجه‌نفس بالاتر و هم‌چنین شوری آب و مواد جامد محلول در آب در این ایستگاه کم‌تر از ایستگاه پاسگاه (محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی) بود.

بحث و نتیجه‌گیری: بنابراین، پیشنهاد می‌شود شیلات در انتخاب محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی انعطاف‌پذیری داشته باشد و در صورت بهبود جریان آب رودخانه گرگانرود بچه‌ماهیان پرورشی در فاصله دورتری از مصب در محل پل خواجه‌نفس رهاسازی کند تا شانس بقاء بچه‌ماهیان رهاسازی شده افزایش یابد. لازمه این کار هم برقرار بودن جریان آب در رودخانه در طی سال است، که برای دستیابی به این هدف باید سیاست برداشت آب از طبیعت، از سیاست انسان محور به سیاست اکوسیستم محور تجدید نظر گردد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: z.kordjazi@gmail.com, ziya.kordjazi@gonbad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۵ تیر ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۲۹ مرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۳۰ مهر ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱ آذر ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.312339.2673

مقدمه

رودخانه‌ها اکوسیستم‌های پویایی هستند که جریان آب نقش کلیدی در عملکرد اکولوژیکی و تنوع زیستی آن‌ها دارد (۱). اما به‌دلیل کنترل شدید جریان آب رودخانه‌ها و هم‌چنین تخریب زیستگاه‌های رودخانه‌ای تنوع زیستی آبزیان رودخانه‌ای مانند ماکروبنتوزها دستخوش تغییر است. به‌علاوه، نوسان و کاهش جریان آب رودخانه‌ها سبب گسسته‌شدن مسیر مهاجرت آبزیان رودکوچ برای تخم‌ریزی به بالادست رودخانه شده است. هم‌چنین، تخم‌ریزی آن دسته از ماهیانی که در پایین‌دست رودخانه بر روی گیاهان آبزی تخم‌ریزی می‌کنند با تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به رودخانه‌ها و آلودگی آن‌ها در پایین‌دست چالش برانگیز شده است (۲، ۳). این چالش‌ها سبب شده بقاء نسل ماهیان تجاری در دهه‌های اخیر به رهاسازی بچه ماهیان پرورشی در زیستگاه‌های آبی وابسته گردد (۴). بزرگ بی‌مهره‌گان آبزی نقش مهمی در زنجیره غذایی و تغذیه آبزیان در سطوح بالاتر غذایی دارند (۵)، که می‌توانند به‌عنوان شاخص آلودگی اکوسیستم آبی نیز عمل کنند، چون نسبت به تغییرات و تنش‌های محیطی حساس هستند (۶، ۷). هم‌چنین، بزرگ بی‌مهره‌گان آبزی روی خصوصیات بستر و فرایند تبادل مواد معدنی و گازها در بستر نقش دارند (۸، ۹). جانوران کفزی رودخانه نوسانات محیطی قابل توجهی را در نتیجه تغییر دبی آب رودخانه تحمل می‌کنند. برای نمونه، جانوران مناطق مصبی (دهانه رودخانه) نوسانات شوری شدیدی را تحمل می‌کنند به‌طوری‌که تنوع و فراوانی بی‌مهره‌گان کفزی تحت تاثیر تنش شوری آب در ناحیه مصبی است. رودخانه گرگانرود در مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و ۳۶ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی در استان گلستان واقع شده است. محل سرچشمه گرگانرود پارک ملی گلستان است که با جهت جریان شرقی-غربی به دریای خزر می‌ریزد. در دهه اخیر دبی آب رودخانه‌های گرگانرود به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. سدهای رودخانه گرگانرود جریان آب به پایین دست را به شدت کاهش داده‌اند، به‌طوری‌که اندک آب باقی‌مانده به‌صورت راکد و بدون جریان در بستر رودخانه دیده می‌شود. با راکد شدن آب رودخانه، رشد گیاهان بن در آب مانند نی و جگن (نزدیک مصب) در بستر رودخانه افزایش یافته است، که نتیجه آن ایجاد نیزارهایی به‌طور متناوب در بستر رودخانه است، که منظره‌ای شبیه به یک تالاب را در پایین‌دست گرگانرود ایجاد کرده است (مشاهده میدانی نگارنده در طول دوره نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۷ و ۹۸). یکی از مهم‌ترین مراحل در فرایند بازسازی ذخایر، رهاسازی بچه ماهیان پرورشی در مکانی مناسب که غنی از مواد غذایی و اکسیژن است که احتمال حضور دشمنان بچه‌ماهیان کم است. مکان رهاسازی بهتر است براساس اکولوژی بچه‌ماهیان وحشی در رودخانه تعیین شود. اما از آن‌جایی‌که رودهایی مانند گرگان‌رود و تجن که برای رهاسازی استفاده می‌شوند بسیار کم‌آب شده‌اند، رهاسازی بچه‌ماهیان به نزدیک‌ترین محل به مصب محدود شده است. معمولاً مناطق مصبی و نزدیک مصب ممکن است تحت تاثیر تنش‌های مختلف مانند تنش شوری ناشی از ورود آب لب‌شور یا شور دریا به درون رودخانه قرار گیرند (۳)، که این تنش‌ها ممکن است بقاء بچه‌ماهیان را تحت تاثیر قرار دهد. تحقیقات زیادی در ایران بر روی تنوع زیستی جوامع کفزی بستر اکوسیستم‌های آبی انجام شده است، مانند مطالعه Adeli و همکاران، بر روی جوامع کفزی پایین‌دست رودخانه گرگانرود (۱۰)؛ Radai و همکاران، بر روی رودخانه چالوس (۱۱)؛ Poursoufi و همکاران (۱۲) و Jamani و همکاران (۱۳) بر روی بزرگ بی‌مهرگان کفزی مصب قره‌سو مطالعه انجام شد. اما به‌جز مطالعه Kordjazi و همکاران، که بر روی تنوع زیستی ماکروبنتوزها در محل رهاسازی بچه ماهیان پرورشی کلمه در رودخانه قره‌سو انجام شد (۱۴)، تاکنون کم‌تر تحقیقی در ایران با تاکید بر بررسی تنوع زیستی ماکروبنتوزها در محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی در گرگانرود انجام شده است. هدف از اجراء این تحقیق که در پایین‌دست رودخانه گرگانرود انجام شد، تعیین محل مناسب رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی با استفاده از (۱) شاخص‌های تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی، (۲) تغییرات بار ماده آلی بستر و (۳) تغییرات خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آب در محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پایین‌دست و انتهایی رودخانه گرگانرود (از مصب تا سد لاستیکی خواجه‌نفس به فاصله تقریبی ۱۵ کیلومتر) انجام گرفت، که در سه ایستگاه نمونه‌برداری انجام شد که شامل ۱) منطقه رهاسازی بچه‌ماهیان خاویاری جهت بازسازی ذخایر (36°58'41.2"N 54°01'28.0"E)، که از گیاه بن در آب نی پوشیده شده بود؛ ۲) منطقه مسکونی روستای خواجه‌نفس (36°59'44.9"N 54°05'47.4"E) و ۳) منطقه سد لاستیکی خواجه‌نفس (36°59'53.3"N 54°06'39.6"E) بود. برای بررسی تنوع گونه‌ای و غنای گونه‌ای پنج نوبت نمونه‌برداری از سه ایستگاه انجام شد، که از هر ایستگاه با اکمن‌گرب ۳ نمونه (تکرار) از بستر گرفته شد. از هر نمونه، زیرنمونه‌ایی (۵۰ گرمی) گرفته شد، که برای تعیین بار آلی بستر به آزمایشگاه دانشگاه گنبد منتقل گردید. بقیه نمونه در الک چشمه ریز شسته و فیلتر شد تا بزرگ بی‌مهرگان آبزی آن جدا گردد. بزرگ بی‌مهرگان آبزی در فرمالین ۴

درصد فیکس شده و برای شناسایی و شمارش به آزمایشگاه اکولوژی دانشگاه گنبد منتقل شد. نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان آبزی در خرداد ۱۳۹۷ و به‌صورت فصلی در اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن ۱۳۹۸ انجام شد. خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آب مانند پی‌اچ، کدورت، دما، شوری آب و اکسیژن محلول با واترچکر برای هر ایستگاه تعیین شد. هم‌چنین، بار آلی بستر برای هر تکرار در آزمایشگاه تعیین شد.

تنوع گونه‌ای: شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون (S): هرچه این شاخص بیش‌تر باشد تنوع آن جامعه کم‌تر است: $S = \sum(\frac{n}{N})^2$ که در آن n فراوانی افراد در نمونه و N فراوانی کل افراد در نمونه است.

شاخص کلاسیک تنوع سیمپسون (D): $D = 1 - S$

شاخص D بین صفر و یک است. هر چه این شاخص به یک نزدیک‌تر باشد بیانگر یک جامعه با تنوع بالاتر است (۱۵).

شاخص سیمپسون معکوس یا گونه موثر (Effective species= 1/S=1/(1-D)): هرچه این شاخص کم‌تر باشد فراوانی گونه‌ها غیریکنواخت‌تر می‌گردد.

شاخص تنوع گونه‌ای شانون:

$$H = -\sum\left(\frac{n}{N}\right) Ln\left(\frac{n}{N}\right)$$

که در آن n فراوانی افراد در نمونه و N فراوانی کل افراد در نمونه است.

شاخص غالبیت برگر-پارکر (Berger-Parker) یک معیار غالبیت است که به‌روش زیر محاسبه می‌شود:

$$d = \max\left(\frac{n}{N}\right)$$

که در آن d نسبت هر گونه به تعداد کل گونه‌ها است. n تعداد افراد یک گونه، و N تعداد افراد تمام گونه‌ها می‌باشد (۱۵).

در این مطالعه از نرم‌افزار آر (R) برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی و آزمون‌های آماری کرت‌های خردشده با استفاده‌از بسته agricolae استفاده شد. برای تعیین شاخص‌های تنوع‌زیستی از بسته وگان (vegan) و بیودایورسیتی‌آر (BiodiversityR) استفاده شد. به طوری‌که غنای گونه‌ای سیمپسون با دستور specnumber در بسته وگان و شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون توسط تابع diversity در بسته بیودایورسیتی‌آر محاسبه شد (۱۵). آزمون نرمال‌بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس به‌ترتیب با استفاده از آزمون شاپیرو و آزمون لون انجام‌شد. در مواردی که داده‌ها نرمال نبود و یا واریانس یکنواخت نبود، از تبدیل داده با روش لگاریتم و یا transformTukey استفاده شد (۱۶). برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های تنوع‌زیستی از آزمون کرت‌های خردشده (Split Plot) استفاده شد (۱۷). در مواردی که اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها و زمان‌های نمونه‌برداری وجود داشت از آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

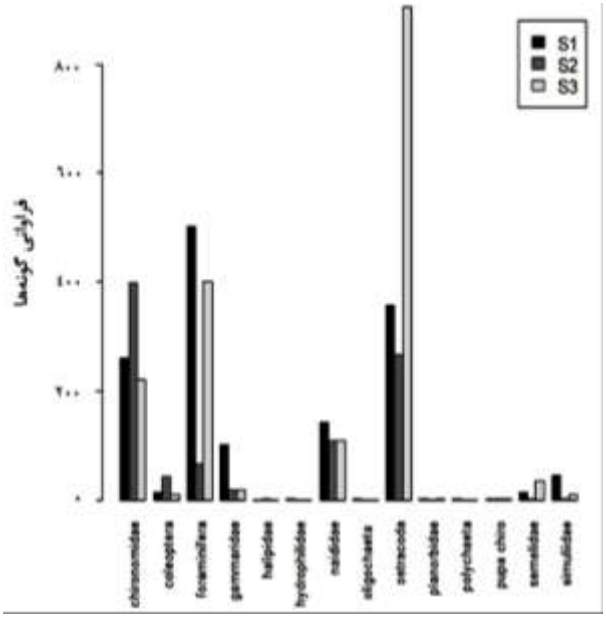
نتایج

در این تحقیق، برای بررسی شاخص‌های تنوع‌زیستی ۵ نوبت نمونه‌برداری از سه ایستگاه (و با سه تکرار) انجام شد، که در مجموع ۴۵ نمونه از بستر رودخانه برداشت شد. در میان گونه‌های شناسایی شده، ۵ گونه فراوانی بیش‌تری داشتند که متعلق به رده فورامینیفورا، راسته استراکودا، و ۳ خانواده شیرونومیده، گاماریده، نااییده بودند. فراوانی گونه‌ها به ایستگاه‌های نمونه‌برداری نیز بستگی داشت، به‌طوری که شیرونومیده در ایستگاه پل خواجه‌نفس، فورامینیفورا در ایستگاه پاسگاه و استراکودا در ایستگاه سد خواجه‌نفس دارای بیش‌ترین فراوانی بودند.

ماده‌آلی بستر: هرچند میزان ماده آلی بستر با دور شدن از مصب (ایستگاه ۱) یک روند کاهشی را نشان می‌دهد، اما ماده‌آلی بستر بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲).

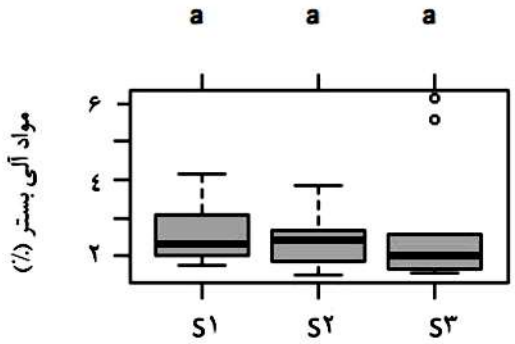
مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری: فراوانی گونه‌ها و غنای گونه‌ها در ایستگاه ۲ (پل خواجه نفس) بالا و اختلاف معنی‌داری با ایستگاه‌های ۱ و ۳ داشت. شاخص شانون و سیمپسون معکوس در ایستگاه ۱ (نزدیک‌ترین ایستگاه به مصب که محل رهاسازی بچه ماهیان پرورشی است) کم و اختلاف معنی‌داری با ایستگاه ۲ و ۳ داشت. اما شاخص غالبیت برگر-پارکر اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری داشت، به‌طوری‌که این شاخص که در ایستگاه ۱ در بالاترین میزان بود یک روند کاهشی را در ایستگاه‌های ۲ و ۳ داشت (شکل ۳).

تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) و تحلیل تناظر کانونی (CCA): آنالیز مولفه‌های اصلی نشان داد که ترکیب گونه‌ای ایستگاه‌ها متفاوت است، به‌طوری‌که در ایستگاه ۱ (پاسگاه) شیرونومیده و در ایستگاه ۲ (پل خواجه‌نفس) فورامینیفورا و استراکودا افزایش داشتند. همبستگی مثبت بین استراکودا و فورامینیفورا وجود داشت در حالی که این دو بزرگ بی‌مهره کفزی همبستگی منفی با شیرونومیده داشتند (شکل‌های ۴ و ۵). آنالیز تناظر کانونی نشان می‌دهد فراوانی ۳ بی‌مهره کفزی شامل فورامینیفورا، شیرونومیده و اوستراکودا تحت تاثیر شرایط محیطی قرار دارد. برای نمونه، فراوانی فورامینیفورا با اکسیژن همبستگی مثبت داشت درحالی‌که فراوانی شیرونومیده با شوری، مواد جامد محلول (تی‌تی‌اس)، درجه حرارت همبستگی مثبت داشت. به‌طوری‌که درجه حرارت دارای بیش‌ترین اثر در فراوانی شیرونومیده است. فراوانی استراکودا در غلظت اکسیژن و درجه حرارات متوسط و شوری کم بالاتر است.



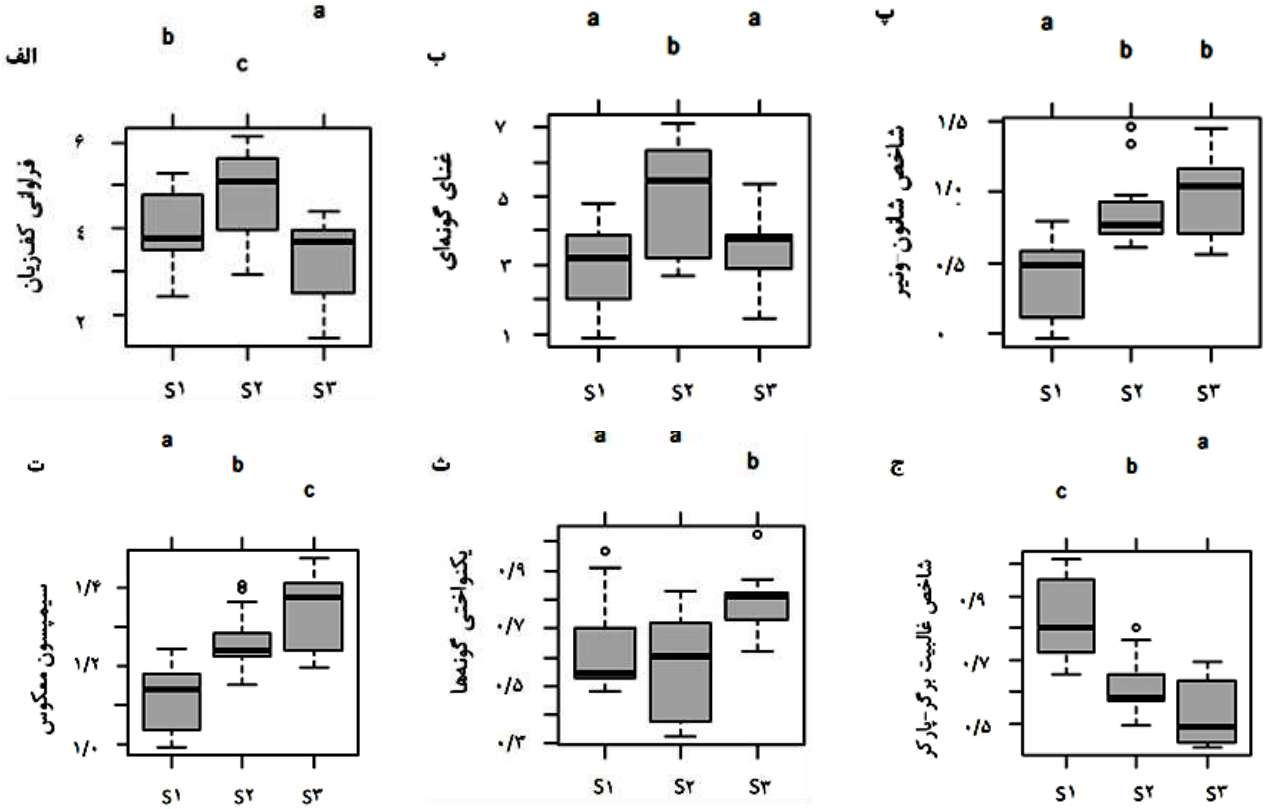
شکل ۱: فراوانی گونه‌ها به‌ازاء هر ایستگاه نمونه‌برداری

اعداد ۱ تا ۳ ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



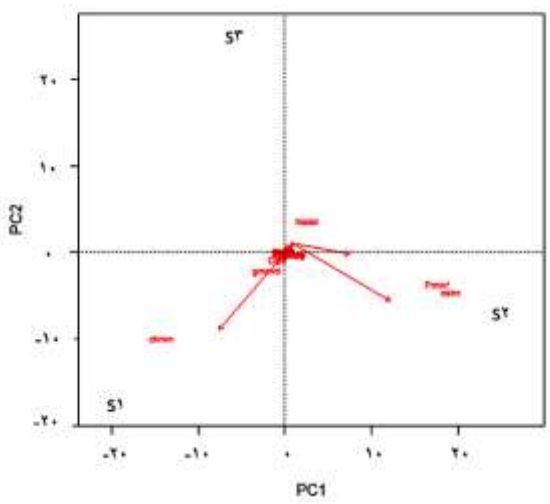
شکل ۲: میانگین و انحراف استاندارد ماده آلی بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری

حروف انگلیسی اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ را نشان می‌دهد. S۱، S۲، S۳ به‌ترتیب ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۱، ۲ و ۳ را نشان می‌دهند.

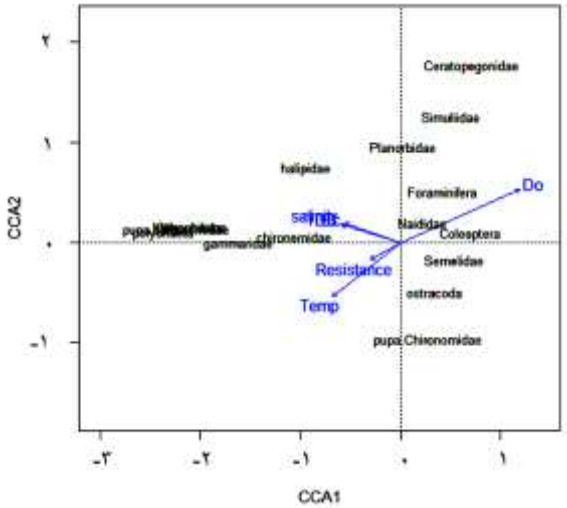


شکل ۳: شاخص‌های تنوع‌زیستی کفزیان در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

حروف انگلیسی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ را نشان می‌دهد. S۱، S۲، و S۳ به ترتیب زمان نمونه‌برداری‌های ۱، ۲ و ۳ را نشان می‌دهند.



شکل ۴: نمودار تجزیه مولفه‌های اصلی (پی سی اِی) برای فراوانی گونه‌ها در ایستگاه‌ها (chrnm= شیرونومیده، Frmnf= فورامینیفرا، ostrc= استراکودا، gmmrd = گاماریده و Naidd= نااییده)



شکل ۵: نمودار تجزیه‌وتحلیل تناظر کانونی فاکتورهای محیطی متناظر با فراوانی گونه‌ها در بزرگ بی‌مهرگان آبزی

مقایسه فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در ایستگاه‌ها: خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۱). درحالی‌که میزان اکسیژن محلول در ایستگاه ۲ به‌طور معنی‌داری بالاتر بود، میزان مواد جامد محلول و شوری آب در ایستگاه ۲ بطور معنی‌داری کم‌تر بود. اما پی‌اچ و درجه حرارت آب در ایستگاه ۱ به‌طور معنی‌داری کم‌تر بود.

جدول ۱: فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه نمونه‌برداری	پی‌اچ	اکسیژن محلول	مواد جامد محلول	درجه حرارت	شوری
ایستگاه ۱ (پاسگاه*)	۷/۰±۴۶/۰۴^{a}	۷/۰±۲۰/۱۵^{a}	۷/۰±۰۳/۱۵^{b}	۲۱/۰±۴/۱۷^{a}	۷/۰±۲۶/۱۵^{b}
ایستگاه ۲ (پل خواجه‌نفس)	۷/۰±۸۲/۰۴^{b}	۱۱/۰±۵/۱۵^{c}	۵/۰±۹۷/۱۵^{a}	۲۳/۰±۲/۱۷^{b}	۶/۰±۱۸/۱۵^{a}
ایستگاه ۳ (سد خواجه نفس)	۷/۰±۷۷/۰۴ ^{b}	۱۰/۰±۸/۱۵^{b}	۷/۰±۸۰/۱۵^{c}	۲۲/۰±۶/۱۷^{b}	۸/۰±۰۹/۱۵^{c}

*ایستگاه ۱ محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی است. حروف انگلیسی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ را نشان می‌دهد.

بحث

در این مطالعه که در پایین‌دست رودخانه گرگانرود انجام شد شاخص‌های تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی مورد مطالعه قرار گرفت. این مطالعه نشان داد درحالی‌که میزان بار آلی بستر در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری اختلافی نشان نداد کیفیت آب و شاخص‌های تنوع‌زیستی در بین ایستگاه‌های مختلف متفاوت بود. گونه‌های غالب مشاهده شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری متفاوت بود. در ایستگاه پاسگاه که نزدیک‌ترین ایستگاه به مصب بود فورامینیفرا دارای بیش‌ترین فراوانی بود، که احتمالاً علت آن رخداد سیل در گرگانرود در اسفند سال ۹۷ بود که به‌دنبال آن لایروبی بستر رودخانه در ایستگاه پاسگاه انجام شد تا جریان آب در رودخانه را بستر آن پیش از سیل پوشیده از گیاهان بن در آب بود را تسهیل سازد. سیلاب از یک‌طرف سبب افزایش عمق آب رودخانه شد و از طرف دیگر لایروبی نیز سبب تغییر بستر از گلی-لجنی به شنی شد. احتمالاً این دو عامل سبب افزایش فورامینیفرا در این ایستگاه شد، زیرا فورامینیفورا در عمق ۶-۲ متری مناطق شرقی خزر جنوبی دیده شدند (۱۸). هم‌چنین، فراوانی فورامینیفورا در بسترهای شنی خاکستری رنگ بیش‌تر از بسترهای لجنی خاکستری و لجنی-شنی است (۱۸). هم‌چنین، فراوانی استراکودا در ایستگاه سد خواجه‌نفس به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیش‌تر بود. افزایش فراوانی استراکودا می‌تواند با سیلابی شدن رودخانه گرگانرود و افزایش عمق آب رودخانه در پیوند باشد، زیرا با افزایش عمق رودخانه (۱۹) و کاهش درجه حرارت آب (۲۰) سبب افزایش فراوانی استراکودا می‌شود. شاخص‌های تنوع‌زیستی در ایستگاه‌ها نیز متفاوت بود. در ایستگاه پل خواجه‌نفس تنوع گونه‌ای و فراوانی/غنای گونه‌ای بالاتر بود، که احتمالاً به بالاتر بودن کیفیت آب در این ایستگاه در پیوند باشد. میزان اکسیژن بالاتر و شوری و مواد جامد محلول پایین‌تر احتمالاً شرایط محیطی مناسب‌تری را برای بزرگ بی‌مهرگان کفزی در این ایستگاه فراهم کرده بود به‌طوری‌که شاخص غالبیت در آن کم‌تر بود. محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی در رودخانه‌های جنوبی دریای خزر به ناحیه مصبی یا نزدیک مصب محدود شده

است که علت آن کاهش جریان آب رودخانه‌ها و ورود آب شور دریا به رودخانه است. Kordjazi و همکاران، با مطالعه برروی تنوع‌زیستی و کیفیت آب در فصل بهار ۱۳۹۷ در محل رهاسازی بچه‌ماهیان در رودخانه قره‌سو-استان گلستان، نشان دادند که وزش بادهای سطحی می‌تواند آب خلیج گرگان به رودخانه وارد کند که نتیجه آن بالاتر بودن شوری و مواد جامد محلول در آب در محل رهاسازی بچه ماهیان بود (۱۴). در مطالعه حاضر نیز شوری آب و مواد جامد محلول در محل رهاسازی بچه‌ماهیان در گرگانرود بالاتر بود. هم‌چنین، مطالعه شاخص‌های تنوع‌زیستی در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه قره‌سو که با فاصله زمانی ۲ هفته یک‌بار انجام شد، در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری اختلافی نشان ندادند (۱۴). درحالی‌که در مطالعه حاضر که نمونه‌برداری در آن به‌طور فصلی طی یک‌سال انجام شد شاخص‌های تنوع زیستی با دورشدن از مصب روند افزایشی داشتند. به‌علاوه، در مطالعه دیگری که طی یک‌سال با نمونه‌برداری فصلی بر روی رودخانه قره‌سو انجام شد نشان داد که فراوانی گونه‌ها با دورشدن از ناحیه مصبی (محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی) افزایش یافت (۲۱)، که به‌نظر می‌رسد مطالعه سالانه بهتر بتواند تغییرات تنوع زیستی را در بین ایستگاه‌ها نشان دهد. این مطالعه نشان داد با دورشدن از مصب شاخص‌های تنوع زیستی بهبود می‌یابند، به‌طوری‌که ایستگاه پل خواجه‌نفس دارای فراوانی و غنای گونه‌ای و تنوع گونه‌ای بالاتری نسبت به ایستگاه پاسگاه، که محل معمول رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی است، می‌باشد. هم‌چنین، کیفیت آب از نظر میزان اکسیژن محلول در آب، میزان شوری و مواد جامد محلول در ایستگاه پل خواجه‌نفس بهتر است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود شیلات در انتخاب محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی انعطاف‌پیری عمل کند و تا حد امکان بچه‌ماهیان را در منطقه دورتری از مصب رهاسازی کند. لازمه این کار هم برقرار بودن جریان آب رودخانه در طول سال است. برای دستیابی به این هدف باید سیاست برداشت آب از طبیعت، از سیاست انسان محور به سیاست اکوسیستم محور تجدید نظر گردد (۲۲). به عبارت دیگر، در فرایند برداشت آب از طبیعت یا محصور کردن آب پشت سدها برای مصارف انسانی باید ابتدا نیاز آبی آن اکوسیستم تامین گردد، تا از خشک شدن آن اکوسیستم جلوگیری شود.

منابع

1. **Bunn, S.E. and Arthington, A.H., 2002.** Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. Environmental management. 30(4): 492-507.
2. **Neto, J.M., Teixeira, H., Patrício, J., Baeta, A., Veríssimo, H., Pinto, R. and Marques, J.C., 2010.** The response of estuarine macrobenthic communities to natural and human-induced changes: dynamics and ecological quality. Estuaries and Coasts. 33(6): 1327-1339.
3. **Dittmann, S., Baring, R., Baggalley, S., Cantin, A., Earl, J., Gannon, R., Keuning, J., Mayo, A., Navong, N. and Nelson, M., 2015.** Drought and flood effects on macrobenthic communities in the estuary of Australia's largest river system. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 165: 36-51.
4. **Hasanzadeh Kiabi, B., Ghaemi, R. and Abdali, A., 1999.** Wetland and river ecosystems of Golestan province. Golestan Province Environmental Protection Organization. 183 p. (In Persian)
5. **Zharikov, Y. and Skilleter, G.A., 2003.** Depletion of benthic invertebrates by bar-tailed godwits Limosa lapponica in a subtropical estuary. Marine Ecology Progress Series. 254: 151-162.
6. **Gaston, G.R., Rakocinski, C.F., Brown, S.S. and Cleveland, C.M., 1998.** Trophic function in estuaries: response of macrobenthos to natural and contaminant gradients. Marine and Freshwater Research. 49(8): 833-846.
7. **Wildsmith, M., Rose, T., Potter, I., Warwick, R. and Clarke, K., 2011.** Benthic macroinvertebrates as indicators of environmental deterioration in a large microtidal estuary. Marine Pollution Bulletin. 62(3): 525-538.
8. **Savage, C., Thrush, S.F., Lohrer, A.M. and Hewitt, J.E., 2012.** Ecosystem services transcend boundaries: estuaries provide resource subsidies & influence functional diversity in coastal benthic communities. PloS one. 7(8): e42708.
9. **Kristensen, E., Neto, J.M., Lundkvist, M., Frederiksen, L., Pardal, M.Â., Valdemarsen, T. and Flindt, M.R., 2013.** Influence of benthic macroinvertebrates on the erodability of estuarine cohesive sediments: Density-and biomass-specific responses. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 134: 80-87.
10. **Adeli, M., Hedayati, S.A., Pouladi, M. and Adeli, Z., 2019.** Seasonal composition, abundance, and biodiversity of benthos assemblages in Gorganroud River, Golestan Province. Journal of Animal Environment. 11(3): 303-310. (In Persian)
11. **Radai, F., Rahmani, H., Haghparast, S. and Rekabi, S.M., 2017.** The impact of spring floods on macroinvertebrates biodiversity in the Chalus River, Mazandaran Province. Journal of Aquatic Ecology. 7(2): 125-136. (In Persian)
12. **Poursoufi, T., Ghojoghi, A. and Patimar, R., 2018.** Identification and biodiversity of macrobenthos Gharehsou River - Southeast Caspian Sea. Journal of Animal Environment. 10(2): 283-290. (In Persian)
13. **Jamani, S., Gholizadeh, M., Patimar, R. and Fathabadi, A., 2021.** Identification and Abundance of Macrobenthic in Estuary of the Gharehsou River. Journal of Fisheries. 74(1): 31-43. (In Persian)
14. **Kordjazi, Z., Foumani, A. and Gholizade, M., 2021.** Macrobenthos diversity in the release area of hatchery reared juvenile: A case study in the Gharesou river- Gorgan gulf. Journal of Fisheries. 74(2): 209-222. (In Persian)
15. **Gardener, M., 2014.** Community ecology: analytical methods using R and Excel. Pelagic Publishing Ltd. 452 p.
16. **Mangiafico, S., 2016.** Summary and analysis of extension program evaluation in R, version 1.15. 0. URL https://rcompanion.org/handbook.
17. **Jayaraman, K., 1999.** A Statistical Manual for Forestry Researh. Food And Agriculture Organization (FAO). 231 p.
18. **Ghasemov, A.G., 1994.** Ecology of The Caspian Sea, Transleted by Shariati, A., Iranian Fisheries Research Organization. 272 p.
19. **Mirzajani, A., Yosefzad, E., Sayad Rahim, M. and Abdolmalaki, Sh., 2009.** Investigation on Meiofauna and Substrate characteristic in the southern Caspian Sea (Guilan Province). Iranian Scientific Fisheries Journal.11(4): 119- 132. (In Persian)
20. **Hatami Lankarani, H., Moghaddasi, B., Sohrabi Molla Yousefi, M., Bagher Nabavi, S.M. and Vousoghi, Gh.H., 2015.** Biodiversity and distribution pattern of benthic Ostracoda in the sediments of southern Caspian sea in winter and spring period (from Noor to Noshahr). Journal of Animal Environment. 7(2): 99-110. (In Persian)
21. **Hamed Mashhadzade, Y., Kordjazi, Z., Gholizade, M. and Patimar, R., 2021.** A study on macrobenthic communities in the lower zone of Ghaersou River, Golestan Province. Journal of Aquaculture Sciences. 6(16): 57-67.
22. **Everard, M., 1996.** The importance of periodic droughts for maintaining diversity in the freshwater environment. In: (Eds.), Proceeding of Freshwater Forum. 33-50.