بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان آبزی در پایین‌دست رودخانه قره‌سو– استان گلستان

یونس حامد مشهدزاده، ضیاء کردجزی*، محمد قلیزاده، رحمان پاتیمار

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

*نویسنده مسئول ziya.kordjazi@gonbad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۵

چکیده

هدف از این تحقیق که در پایین‌دست رودخانه قره‌سو در خلیج گرگان انجام شد، بررسی تغییرات ماکروبنتوزها و مواد آلی بستر رودخانه در سال ۱۳۹۷ بود. برای مطالعه تغییرات موادآلی بستر و شاخص‌های تنوع‌زیستی بی‌مهرگان کفزی، از چهار ایستگاه که در بخش انتهایی رودخانه تعیین شدند طی پنج نوبت (اردیبهشت، خرداد، آبان، آذر و اسفند) نمونه‌برداری از بستر انجام شد. نمونه‌برداری در تابستان به سبب خشک شدن رودخانه انجام نشد. نتایج آزمون کرت‌های خردشده نشان داد که ماده‌آلی بستر به‌طور معنی‌داری در پاییز و زمستان کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). درحالی که فراوانی گونه‌ها، غنای گونه‌ای و یکنواختی گونه‌ها در زمانهای مختلف نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<۰/۰۵$)، شاخص‌های شانون-ونیر، سیمپسون، و برگر-پارکر اختلاف معنی‌داری را در نمونه‌برداری‌ها نشان ندادند ($P>۰/۰۵$). فراوانی گونه‌ها در پاییز به کمترین مقدار (یعنی، حدود ۰/۸۷-) رسید و غنای گونه‌ای نیز در پاییز به ۳ گونه کاهش یافت، که از سه خانواده توبیفیسیده، شیرونومیده و اسپیونیده (جنس استربلوسپیو) بودند. به‌علاوه، فراوانی گونه‌ها تنها شاخص تنوع‌زیستی بود که تفاوت معنی‌داری را در ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داده بود ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری‌که فراوانی گونه‌ها در ایستگاه ۴ به بالاترین مقدار (یعنی، ۰/۷-) رسید. بنابراین، خشک شدن رودخانه در فصل تابستان سبب کاهش غنای گونه‌ای و فراوانی گونه‌ای در پاییز شد. اما با جاری شدن دوباره آب در رودخانه در پاییز ابتدا دو گونه از خانواده توبیفیسیده و شیرونومیده ظاهر شدند که ممکن است به مقاومت بالای این دو گونه به شرایط سخت محیطی مانند خشک شدن کامل رودخانه مرتبط باشد.

واژگان کلیدی: بزرگ بی‌مهرگان کفزی، تنوع زیستی، رودخانه قره‌سو، خلیج گرگان.

مقدمه

امروزه گرمایش کره زمین سبب تغییراتی در زیستگاه‌های آبی از جمله آب‌های جاری شده است. به عنوان مثال با کاهش جریان آب در رودخانه‌ها ارتباط بین بالادست رودخانه و پایین‌دست رودخانه گسسته می‌شود، به‌طوری‌که در مسیر مهاجرت آبزیان رودکوچ برای تخمریزی به بالادست رودخانه اختلال ایجاد می‌گردد. همچنین، با تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به رودخانه و افزایش میزان آلودگی رودخانه در پایین‌دست، محل تخم‌ریزی ماهیانی که در پایین‌دست رودخانه بر روی گیاهان آبزی تخم‌ریزی می‌کنند از بین می‌رود (Dittmann *et al*,. 2015; Neto *et al.*, 2010). این چالش‌ها سبب شده بقاء نسل ماهیان تجاری در دهه‌های اخیر به رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی در زیستگاه‌های آبی وابسته گردد.

بزرگ بی‌مهرگان آبزی یک شاخص مهم سلامت اکوسیستم‌های آبی هستند که در زنجیره غذایی و تغذیه آبزیان در سطوح بالاتر غذایی نقش دارند (Zharikov and Skilleter, 2003)، و به دلیل این‌که نسبت به تغییرات و تنش‌های محیطی حساس هستند، می‌توانند به عنوان شاخص آلودگی اکوسیستم آبی عمل کنند (Gaston *et al.*, 1998; Wildsmith *et al.*, 2011). همچنین، بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی روی خصوصیات بستر و فرایند تبادل مواد معدنی و گازها در بستر اثر مهمی دارند (Neto *et al.*, 2013; Savage *et al.*, 2012). به دلیل تغییر دبی آب رودخانه‌ها، جانوران کف‌زی رودخانه توانایی تحمل نوسانات محیطی قابل توجهی را دارند. برای نمونه، مناطق مصبی (دهانه رودخانه) تحت تاثیر نوسانات شدید شوری آب هستند،

به‌طوری‌که تنوع و فراوانی بی‌مهرگان کف‌زی تحت تاثیر تنش شوری آب در ناحیه مصبی است.

رودخانه قره‌سو که در محل روستای قره‌سو به خلیج گرگان (جنوب‌شرقی دریای خزر) می‌ریزد (۵۴ درجه، ۲ دقیقه و ۲۳ ثانیه شرقی و ۳۶ درجه، ۵۰ دقیقه و ۵۲ ثانیه شمالی)، در گذشته محل تخم‌ریزی طبیعی ماهی کلمه (تلاجی) *Rutilus caspius* بود. در فصل بهار ماهیان کلمه در رودخانه پیشروی می‌کردند تا به ناحیه‌ایی که در آن رودخانه به صورت تالابی درآمده (تالاب سیجوال) و دارای پوشش گیاهان آبزی بوده برسند و در آن تخم‌ریزی کنند، به طوری که با هجوم انبوه ماهی کلمه به رودخانه رنگ آب تیره می‌شد. رودخانه قره‌سو در گذشته دارای پیچ‌وخم‌هایی بود که سرعت جریان آب در این نقاط کاهش می‌یافت و امکان رشد گیاهان در آن فراهم می‌شد. اما مسیر رودخانه در پایین‌دست با دخالت انسانی تغییر داده شد که سبب از بین رفتن تالاب سیجوال گردید. امروزه قره‌سو یک کانال مستقیم است که محل تخلیه فاضلاب خانگی، کشاورزی و صنعتی می‌شده است (Kiyabi *et al.*, 1999). از طرف دیگر، به علت برداشت آب از شاخه‌های اصلی رودخانه، آب ورودی به قره‌سو در فصل بهار و تابستان شدیداً کاهش می‌یابد و حتی رودخانه خشک می‌شود. مصب رودخانه قره‌سو (خلیج گرگان) نیز یک ناحیه پر تنش از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب می‌باشد. از یک طرف ورود فاضلاب‌های کشاورزی و خانگی به رودخانه، و از طرف دیگر ورود آب خلیج گرگان به درون رودخانه در اثر وزش باد نوسانات شدیدی در فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب ایجاد می‌کند. همچنین، با کاهش جریان آب مواد آلی در بستر افزایش می‌یابد و بستر رودخانه لجنی می‌گردد. افزایش مواد آلی بستر رودخانه روی تنوع زیستی جامعه کفزی بستر رودخانه اثر می‌گذارد.

تحقیقات متعددی در ایران و همچنین در جهان بر روی تنوع زیستی جوامع کفزی بستر رودخانه‌ها، تالاب‌ها، و مصب‌ها انجام شده است. Daei Nejad و همکاران (۲۰۱۷) و Radaei و همکاران (۲۰۱۸) به ترتیب بر روی تالاب شادگان و رودخانه چالوس، و همچنین تحقیق Dittmann و همکاران (۲۰۱۵) که بر روی مناطق مصبی صورت گرفته است. اما کمتر تحقیقی در ایران با تاکید بر ناحیه پایین‌دست رودخانه، که در سال‌های اخیر در معرض خشک شدن فصلی شدید بود، انجام شده است.

از این رو هدف از اجرای این تحقیق تعیین تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان آبزی بستر در پایین‌دست رودخانه قره‌سو - خلیج گرگان در سال ۱۳۹۷ می‌باشد. در این مطالعه از داده‌هایی که طی نمونه‌برداری‌های فصلی در سال ۱۳۹۷ از بستر رودخانه قره‌سو انجام گرفت استفاده می‌شود، تا اثر خشک شدن رودخانه در فصل تابستان و جاری شدن آب در رودخانه در فصل بارش (بهار و پاییز- زمستان) روی تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

چهار ایستگاه نمونه‌برداری شامل (۱) مصب، (۲) منطقه رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی، (۳) منطقه مسکونی روستای قره‌سو و (۴) منطقه کشاورزی بالادست پل نیازآباد برای این تحقیق تعریف گردید. ایستگاه‌های ۱ و ۲ به علت لایروبی بستر فاقد پوشش گیاهی بن در آب مانند نی بوده، ایستگاه ۳ دارای گیاهان بن‌درآب، و ایستگاه ۴ دارای گیاهان گلدار حاشیه‌ای رودخانه بود (جدول ۱).

در هر ایستگاه دو نمونه (تکرار) با اکمن گرب با سطح ۱۰*۱۰ سانتی‌متر مربع از بستر گرفته شد. نمونه در الک ریز چشمه میکرونی شسته و فیلتر شد تا ماکروبنتوزهای آن جدا گردد. ماکروبنتوزها در فرمالین ۴ درصد تثبیت شده و برای شناسایی و شمارش به آزمایشگاه اکولوژی دانشگاه گنبد منتقل شد. نمونه‌برداری اول بعد از بارش بهاری در دهه سوم

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه قره‌سو – استان گلستان.

ایستگاه	ویژگی ایستگاه	مختصات جغرافیای
ایستگاه ۱	مصب	36°49'40.9"N 54°02'18.7"E
ایستگاه ۲	منطقه رهاسازی بچه ماهیان پرورشی	36°49'39.3"N 54°02'33.4"E
ایستگاه ۳	منطقه روستایی قره‌سو	36°49'31.7"N 54°02'57.8"E
ایستگاه ۴	منطقه کشاورزی بالادست پل نیاز آباد	36°51'25.8"N 54°06'44.1"E

جدول ۲- تاریخ نمونه‌برداری‌ها از بستر و آب رودخانه قره‌سو برای مطالعه تنوع زیستی، بارآلی و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب.

تاریخ نمونه‌برداری	۹۷/۰۲/۲۹	۹۷/۰۳/۳۱	۹۷/۰۸/۰۳	۹۷/۰۹/۲۲	۹۷/۱۲/۱۶
نمونه‌برداری بستر	*	*	*	*	*
نمونه‌برداری آب*	*	*	-	*	*

*نمونه‌برداری از آب برای تعیین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در نمونه‌برداری سوم انجام نشد.

اردیبهشت ۱۳۹۷ انجام شد. به علت بارش فصلی، آب رودخانه قره‌سو بالا آمده بود، به طوری که کل دیواره رودخانه تا تاج آن (در ایستگاه ۴)، به ارتفاع تقریبی یک متر، مرطوب و گلی بود. اما در نمونه‌برداری دوم (آخر خرداد) به علت برداشت بی رویه آب برای مصارف کشاورزی در ایستگاه ۴ آب رودخانه شدیداً کاهش یافته بود، به طوری‌که تنها یک برکه در محل ایستگاه ۴ بر جای مانده بود. در فصل تابستان رودخانه کاملاً خشک بود. با جاری شدن آب در رودخانه در پاییز نمونه برداری سوم و چهارم به ترتیب در آبان و آذرماه، و نمونه‌برداری پنجم در اسفندماه انجام شد (جدول ۲).

شاخص‌های تنوع زیستی: شاخص‌های تنوع زیستی مانند غنای گونه‌ای سیمپسون، تنوع گونه‌ای سیمپسون و تنوع گونه‌ای شانون محاسبه شدند (Gardener, 2014). شاخص غالبیت سیمپسون (S) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد. 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) نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$D = 1 - S$$

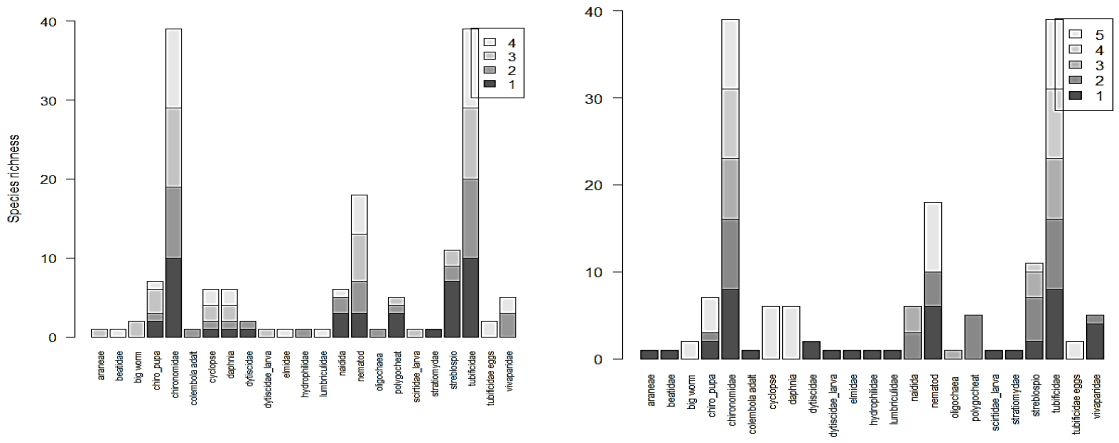
که در آن شاخص D بین صفر و یک است. هر چه این شاخص به یک نزدیکتر باشد بیانگر یک جامعه با تنوع بالاتر است (Gardener, 2014; Thukral *et al.*, 2019). شاخص تنوع گونه‌ای شانون نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

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

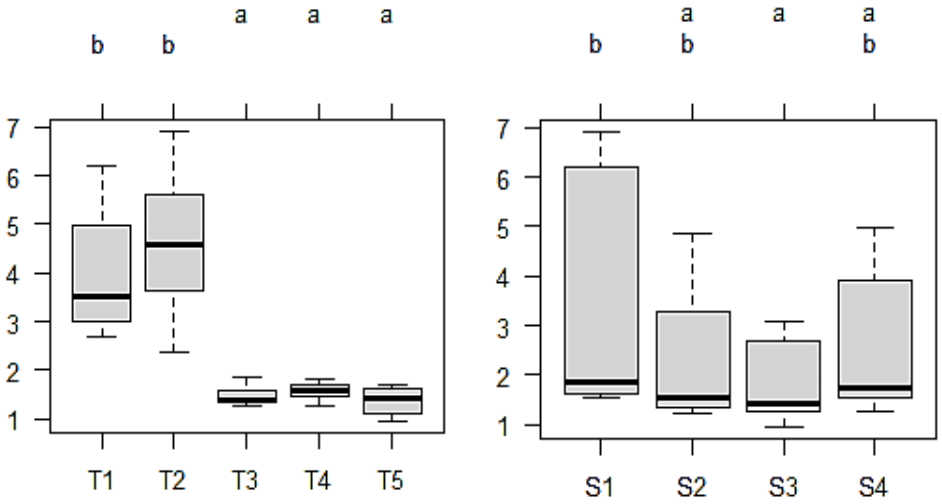
که در آن n فراوانی افراد در نمونه و N فراوانی کل افراد در نمونه است (Gardener, 2014; Thukral *et al.*, 2019). شاخص غالبیت برگر-پارکر (Berger-Parker) یک معیار غالبیت است که به روش زیر محاسبه می‌شود:

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

که در آن d نسبت هر گونه به تعداد کل گونه‌ها است. n تعداد افراد یک گونه و N تعداد افراد تمام گونه‌ها می‌باشد (Gardener, 2014). تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از آزمون کرت‌های خردشده انجام شد (Zare Chahouki and Bihamta, 2013). در این مطالعه از نرم‌افزار آر (R) برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی و آزمون‌های آماری کرت‌های خردشده با استفاده از بسته اگریکولی (Agricolae) استفاده شد. برای تعیین شاخص‌های تنوع‌زیستی از بسته وگان (vegan) و بیودایورسیتی‌آر (BiodiversityR) استفاده شد. به طوری که غنای گونه‌ای سیمپسون با دستور specnumber در بسته وگان و شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون توسط دستور diversity در بسته بیودایورسیتی‌آر محاسبه شد (Gardener,



شکل ۱- نمودار غنای‌گونه‌ای تجمعی در پنج نوبت (زمان) نمونه‌برداری، که اعداد ۱ تا ۵ نوبت (زمان) نمونه‌برداری‌ها را نشان می‌دهد (راست). و نمودار غنای‌گونه‌ای تجمعی در چهار ایستگاه نمونه‌برداری، که اعداد ۱ تا ۴ ایستگاه‌های نمونه‌برداری‌ها را نشان می‌دهد (چپ).

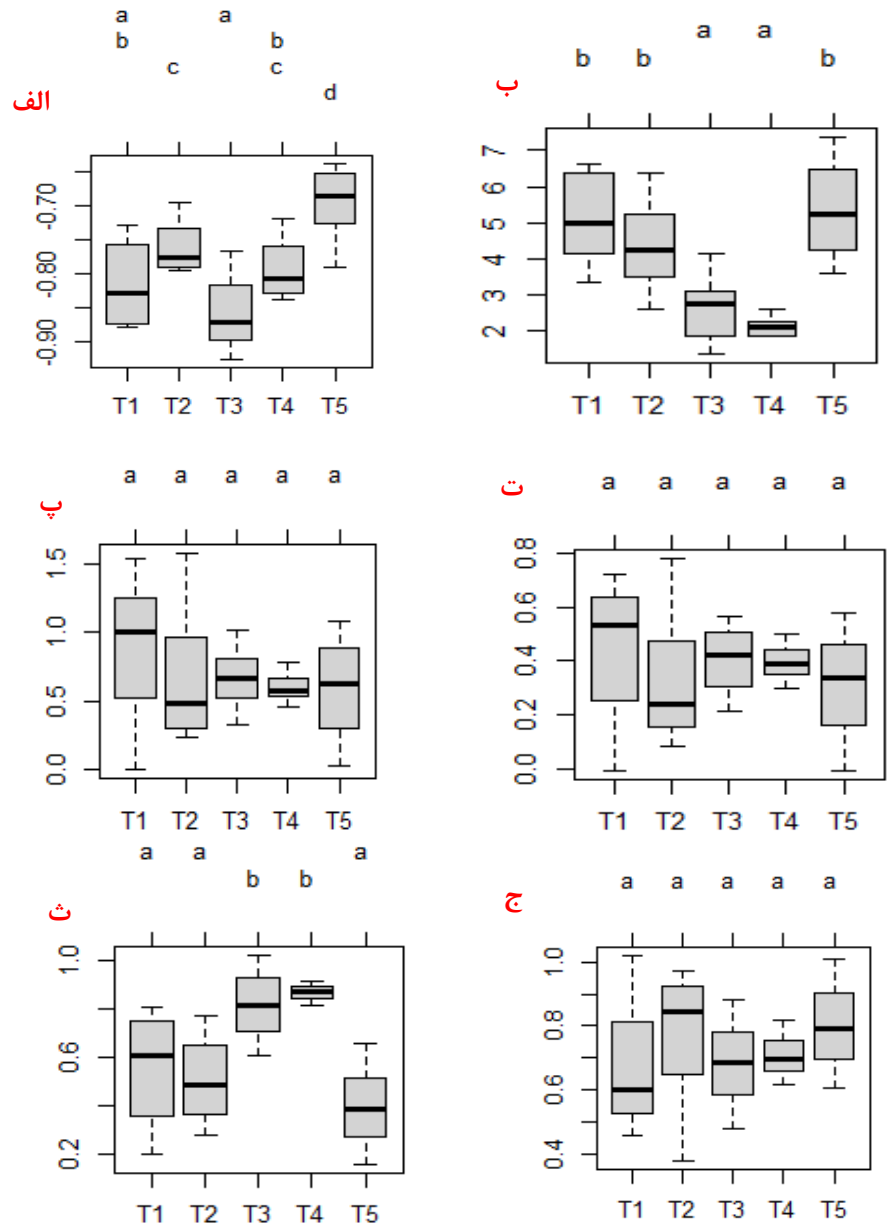


شکل ۲- میانگین و انحراف استاندارد ماده آلی موجود در بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری (راست) و در زمان‌های نمونه‌برداری (چپ). (حروف انگلیسی اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ نشان می‌دهد. S۱ ، S۲، S۳، و S۴ به ترتیب ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، و ۴، و همچنین T۱، T۲، T۳، T۴ و T۵ به ترتیب زمان نمونه‌برداری‌های ۱، ۲، ۳، ۴، و ۵ را نشان می‌دهند.

2014; Oksanen, 2013). آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس به ترتیب با استفاده از آزمون شاپیرو (Shapiro-Wilk normality test) و آزمون لِوِن (Levene's Test for Homogeneity of Variance) انجام شد. در مواردی که داده‌ها نرمال نبود، و یا واریانس یکنواخت نبود، از تبدیل داده با روش لگاریتم و یا transformTukey استفاده شد (Mangiafico, 2016). برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های تنوع‌زیستی از آزمون کرت‌های خردشده (Split Plot) استفاده شد (Jayaraman, 1999). در مواردی که اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها و زمان‌های نمونه‌برداری وجود داشت از آزمون توکی برای مقایسه استفاده شد (Mangiafico, 2016).

نتایج

در این تحقیق، برای بررسی تنوع گونه‌ای و غنای گونه‌ای پنج دور نمونه‌برداری، از چهار ایستگاه و دو تکرار به ازاء هر ایستگاه انجام شد و در مجموع ۴۰



شکل ۳- شاخص‌های تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در زمان‌های نمونه‌برداری. حروف انگلیسی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ را نشان می‌دهد. T۱، T۲، T۳، T۴ و T۵ به ترتیب زمان نمونه‌برداری‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ را نشان می‌دهند (الف: فراوانی گونه، ب: غنای گونه‌ای، ت: شاخص سیمپسون، پ: تنوع شانون-وینر، ج: شاخص برگر-پارکر، و ث: یکنواختی).

نمونه از بستر رودخانه برداشت شد. در مورد حضور و عدم حضور بزرگ بی‌مهرگان کفزی در نوبت‌های پنج‌گانه نمونه‌برداری سه گونه متعلق به خانواده توبیفیسیده (Tubificidae)، شیرونومیده (Chironomidae) و شاخه نماتد (Nematoda) به ترتیب در ۳۹، ۳۹ و ۱۸ نمونه مشاهده شدند (شکل ۱). همچنین، میزان فراوانی تجمعی گونه‌ها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری تفاوت قابل توجهی داشت، به طوری که فراوانی گونه‌هایی از خانواده توبیفیسیده (Tubificidae)، به ویژه در نمونه‌برداری پنجم، خانواده شیرونومیده (Chironomidae)، خانواده اسپیونیده (Spionidae; *Streblospio* sp) و شاخه نماتد (Nematoda) بیشتر از سایر گونه‌ها بود (جدول ۳). در این میان خانواده اسپیونیده (گونه *Streblospio* sp.) در غالب نمونه‌هایی که از ایستگاه ۱ برداشت شد وجود داشت، درحالی‌که دو گونه مربوط

جدول ۳- فراوانی گونه‌ها در نمونه‌برداری‌های پنج‌گانه (گونه‌هایی که در نمونه‌برداری‌های پنجگانه دارای بالاترین فراوانی را داشته‌اند لحاظ شده‌اند).

نمونه‌برداری	chironomidae	cyclopse	daphnia	nematod	streblospio	vivaparidae	tubificidae	tubificidae egg
نمونه‌برداری ۱	۳۱۹	۰	۰	۶۱	۵	۲۵	۱۱۵۵	۰
نمونه‌برداری ۲	۶۲۳	۰	۰	۱۱	۴۳۱	۱	۲۵۳۶	۰
نمونه‌برداری ۳	۱۳۹	۰	۰	۰	۶۳	۰	۱۵۱	۰
نمونه‌برداری ۴	۵۸۸	۰	۰	۰	۲	۰	۱۱۴۰	۰
نمونه‌برداری ۵	۲۷۷	۴۲	۳۶۱	۲۰۱۵	۰	۰	۱۸۷۲۴	۸۳۲

جدول ۴- فاکتورهای فیزیکو شیمیایی آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری. حروف انگلیسی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ را نشان می‌دهد.

ایستگاه	پی‌اچ	اکسیژن محلول	هدایت الکتریکی	مواد جامد محلول	شوری
ایستگاه ۱	۷/۰±۷۰/۰۴^{a}	۹/۰±۲۰/۵۵^{a}	۸/۰±۹۹/۲^{c}	۴/۰±۲۰/۱۳^{c}	۴/۰±۳۴/۱۶^{c}
ایستگاه ۲	۷/۰±۸۲/۰۴^{a}	۱۱/۰±۳/۵۵^{ab}	۶/۰±۲۶/۲^{b}	۲/۰±۷۰/۱۳^{b}	۲/۰±۷۹/۱۶^{b}
ایستگاه ۳	۷/۰±۷۷/۰۴^{a}	۱۱/۰±۸/۵۵^{ab}	۱/۰±۹۲/۲^{a}	۰/۰±۹۱/۱۳^{a}	۰/۰±۹۲/۱۶^{a}
ایستگاه ۴	۷/۰±۷۳/۰۴^{a}	۱۱/۰±۲/۵۵^{b}	۱/۰±۳۳/۲^{a}	۰/۰±۶۱/۱۳^{a}	۰/۰±۶۲/۱۶^{a}

به دو خانواده خانواده توبیفیسیده (Tubificidae) و خانواده شیرونومیده (Chironomidae) و همچنین گونه شاخه نماتد (Nematoda) در هر چهار ایستگاه دیده شدند. اما گونه شاخه نماتد (Nematoda) در تعدادنمونه کمتری مشاهده شد (شکل ۱).

مقدار بار آلی موجود در بستر در فصل بهار (نمونه‌برداری‌های ۱ و ۲) اختلاف معنی‌داری را با مقدار بارآلی بستر در فصل‌های پاییز (نمونه‌برداری‌های ۳ و ۴) و زمستان (نمونه‌برداری ۵) نشان داد ($P<۰/۰۵$؛ شکل۲). درحالی‌که فراوانی گونه‌ها، غنای گونه‌ای، و یکنواختی گونه‌ها در پنج نوبت نمونه‌برداری در سال ۹۷ اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($P<۰/۰۵$)، شاخص‌های شانون-ونیر، سیمپسون و برگر-پارکر اختلاف معنی‌داری را در نمونه‌برداری‌ها نشان ندادند ($P<۰/۰۵$؛ شکل ۳).

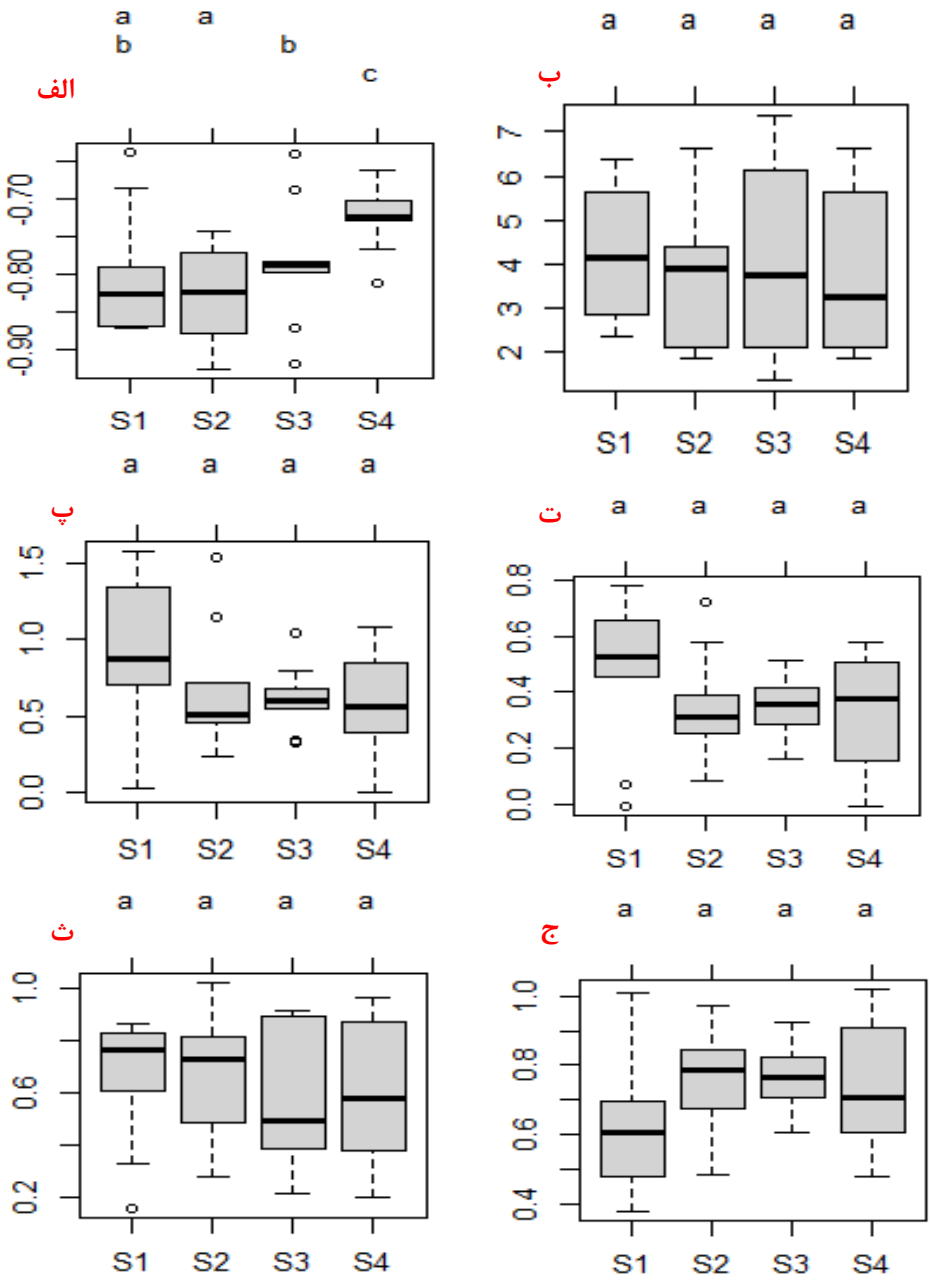
از آن جایی‌که داده‌های فراوانی بی‌مهرگان کفزی نرمال نبودند، این داده‌ها با روش تبدیل لگاریتمی نرمال‌سازی شدند. فراوانی گونه‌ها در فصل بهار یک روند افزایش داشت، اما در نیمه پاییز فراوانی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). اما فراوانی در انتهای پاییز و زمستان یک روند افزایشی یافت (شکل ۳-الف). به‌طوری‌که فراوانی گونه‌ها در زمستان (نمونه‌برداری ۵) اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌برداری‌ها داشت ($P<۰/۰۵$).

درحالی‌که غنای گونه‌ای در بهار و زمستان اختلاف معنی‌داری نداشت ($P<۰/۰۵$)، غنای گونه‌ای در پاییز به طور معنی‌داری کمتر از بهار و زمستان بود ($P<۰/۰۵$؛ شکل۳-ب). یکنواختی گونه‌ها در فصل پاییز (نمونه‌برداری‌های ۳ و ۴) به‌طور معنی‌داری بیشتر از یکنواختی گونه‌ها در دو فصل بهار و زمستان بود ($P<۰/۰۵$؛ شکل ۳-ث). شاخص‌های تنوع‌زیستی مطالعه شده، به‌جز فراوانی گونه‌ها، تفاوت معنی‌داری را در ایستگاه‌های چهارگانه نمونه‌برداری نشان ندادند ($P<۰/۰۵$؛ شکل ۴). فراوانی گونه‌ها با دور شدن از مصب یک روند افزایشی را نشان داد، به‌طوری‌که ایستگاه ۴ دارای بیشترین فراوانی بود (شکل ۴-الف). برخی شاخص‌های تنوع زیستی اختلاف معنی‌داری را در زمانهای مختلف نمونه‌برداری نشان دادند (شکل ۳). فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب مانند شوری، مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی در ایستگاه ۱ (مصب) اختلاف معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها نشان داد ($P<۰/۰۵$)، به طوری‌که با دور شدن از مصب کیفیت آب بهبود یافت (جدول ۴). فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در فصل‌های مختلف نمونه‌برداری اختلاف

جدول ۵- فاکتورهای فیزیکو شیمیایی آب در نوبت‌های نمونه‌برداری. حروف انگلیسی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ را نشان می‌دهد.

نوبت نمونه‌برداری*	پی‌اچ	اکسیژن محلول	هدایت الکتریکی	مواد جامد محلول	شوری
نمونه‌برداری ۱	۷/۰±۷۹/۰۴^{b}	۱۰/۰±۴۷/۵۵^{a}	۲/۰±۴۲/۲۵^{b}	۱/۰±۲۷/۱۶^{b}	۱/۰±۳۱/۱۵^{b}
نمونه‌برداری ۲	۸/۰±۲۴/۰۴^{c}	۱۶/۰±۴۸/۵۵^{b}	۹/۰±۶۹/۲۵^{c}	۵/۰±۴۷/۱۶^{c}	۵/۰±۶۵/۱۵^{c}
نمونه‌برداری ۴	۷/۰±۶۲/۰۴^{ab}	۹/۰±۰/۵۵^{a}	۱/۰±۱۵/۲۵^{a}	۰/۰±۵۷/۱۶^{a}	۰/۰±۵۷/۱۵^{a}
نمونه‌برداری ۵	۷/۰±۵۸/۰۴^{a}	۸/۰±۱۸/۵۵^{a}	۲/۰±۱۸/۲۵^{ab}	۱/۰±۱۱/۱۶^{ab}	۱/۰±۱۳/۱۵^{ab}

*نمونه‌برداری از آب در نمونه‌برداری ۳ برای تعیین فاکتورهای فیزیکو شیمیایی آب انجام نشد.



شکل ۴- شاخص‌های تنوع‌زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری. حروف انگلیسی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ را نشان می‌دهد. S۱، S۲، S۳ و S۴ به ترتیب زمان نمونه‌برداری‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ را نشان می‌دهند (الف: فراوانی گونه، ب: غنای گونه‌ای، ت: شاخص سیمپسون، پ: تنوع شانون-وینر، ج: شاخص برگر-پارکر، و ث: یکنواختی).

معنی‌داری داشتند ($P<۰/۰۵$). به‌طوری‌که مقدار هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول و شوری نمونه‌برداری دوم، که در آخرین روز خرداد (بهار) ۹۷ انجام شد، به‌طور معنی‌داری بالاتر و در نمونه‌برداری چهارم، که در اواخر پاییز انجام شد، به طور معنی‌داری کمتر از سایر نمونه‌برداری‌ها بود ($P<۰/۰۵$؛ جدول ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه تنوع و غنای‌گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی، بار آلی بستر و خصوصیات فیزیکو شیمیایی آب در پایین‌دست رودخانه قره‌سو-خلیج گرگان بررسی شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های تنوع زیستی شامل فراوانی گونه‌ها، غنای گونه‌ای و یکنواختی گونه‌ها تحت تاثیر جریان آب در رودخانه طی زمان‌های مختلف نمونه‌برداری بود. درحالی‌که تنها فراوانی گونه‌ها در بین ایستگاه‌های چهارگانه نمونه‌برداری تفاوت داشت. همچنین، با آغاز بارش‌های پاییزی و برقراری جریان دوباره آب در رودخانه، کیفیت آب رودخانه که در اواخر در بهار (خرداد) کاهش پیدا کرد و در تابستان کاملاً خشک شده بود، در پاییز (ماه آذر) به‌طور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت که همراه با کاهش بار آلی بستر رودخانه در پاییز و زمستان بود.

فراوانی گونه‌ها در نمونه‌برداری دوم که در آخر بهار انجام شد به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از فراوانی گونه‌ها در نمونه‌برداری سوم بود (که در پاییز انجام شد). اما در زمستان فراوانی گونه‌ها به بالاترین میزان در طول دوره یکساله این مطالعه رسید.

در نیمه اول سال دو پدیده‌ی جاری شدن آب در رودخانه در اثر بارش‌های بهاری در نیمه اردیبهشت ۱۳۹۷ رخ داد و همچنین کم آب شدن رودخانه در اواخر بهار و در نهایت خشک شدن کامل رودخانه (ایستگاه ۴) در تابستان سبب نوسان شدید در فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در رودخانه در طی سال شد. درحالی‌که قبل از بارش بهاری سطح آب پوشیده از گیاه شناور، احتمالاً آزولا بود (مشاهده میدانی)، بارش باران و سیل موقت باعث شسته‌شدن مواد سطحی و کفی رودخانه به سمت خلیج گرگان شد. به‌طوری‌که روند افزایشی فراوانی گونه‌ها می‌تواند با بهبود کیفیت آب و بستر رودخانه در پیوند باشد.

فراوانی گونه‌ها در پاییز به کمترین مقدار (یعنی، حدود ۰/۸۷-) رسید، که علت آن احتمالاً خشک شدن رودخانه در فصل تابستان بود. در ماه سوم بهار (فاصله بین نمونه‌برداری اول و دوم) با برداشت بی‌رویه آب توسط کشاورزان حاشیه رودخانه برای آبیاری مزارع، سطح آب رودخانه شدیدا کاهش یافت که سبب قطع جریان اندک آب رودخانه بین ایستگاه‌های ۳ و ۴ شد، به‌طوری‌که در تابستان این رطوبت اندک موجود در بستر رودخانه کاملاً خشک شد. احتمالاً خشک شدن رودخانه سبب از بین رفتن بی‌مهرگان کفزی شد. زیرا فراوانی بی‌مهرگان کفزی در پاییز، که با آغاز بارش‌های پاییزی و جاری شدن دوباره آب در رودخانه، برآورد شد کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با فراوانی بی‌مهرگان کفزی در بهار داشت.

غنای گونه‌ای تجمعی نشان داد که چهار گونه از خانواده توبیفیسیده، خانواده شیرونومیده، رده نماتدها و خانواده اسپیونیده (جنس استربلوسپیو) به ترتیب در ۳۹، ۳۹، ۱۸، و ۱۱ نمونه از ۴۰ نمونه برداشته شده در طی این مطالعه حضور داشتند. فراوانی گونه‌ای تجمعی نشان داد که گونه‌ی خانواده اسپیونیده (جنس استربلوسپیو) در ایستگاه‌های ۱ و ۲ وجود داشت، که با نتایج مطالعه جمنی و همکاران (۲۰۲۱) هماهنگی داشت.

از آن‌جایی که استروبلوسپیو گونه‌ی آب‌های شور است، حضور آن در ایستگاه‌های ۱ و ۲ بیانگر ورود (بالا آمدن) آب لب‌شور خلیج گرگان به درون رودخانه بود. در اواخر بهار با برداشت بی‌رویه آب توسط کشاورزان حاشیه رودخانه جریان آب رودخانه قطع شد، همچنین به علت وزش باد و ورود آب خلیج گرگان به داخل

رودخانه تا ایستگاه ۲ (که محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی بود) شوری آب در بخش انتهایی رودخانه بالاتر بود که سبب بالا رفتن فروانی این گونه آب‌های شور در ایستگاه مصب شد.

غنای گونه‌ای نیز در پاییز به ۳ گونه کاهش یافت، که شامل سه خانواده توبیفیسیده، شیرونومیده و اسپیونیده (جنس استربلوسپیو) بود. کاهش غنای گونه‌ای احتمالاً به علت وجود شرایط استرس‌زا یعنی، کم‌آبی و خشکی رودخانه در اواخر بهار و تابستان است. حضور دو گونه‌ی خانواده توبیفیسیده و شیرونومیده در رودخانه در اواخر بهار که رودخانه دارای تنش کم‌آبی (در ایستگاه ۴) بود. همچنین، حضور این دو گونه در اولین نمونه‌برداری فصل پاییز (یعنی، نمونه‌برداری ۳) احتمالاً بیان می‌کند این دو گونه توانایی داشتند تنش محیطی مانند خشکی رودخانه را تحمل کنند به‌طوری‌که با جاری‌شدن آب رودخانه در زیستگاه دیده شدند و رشد کردند. فراوانی گونه‌ها در ایستگاه چهارم، که در فاصله دورتری از مصب قرار داشت، بیشتر از فراوانی گونه‌ها در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ بود، که احتمالاً علت آن پایین‌تر بودن تنش محیطی در ایستگاه ۴ بود. هرچند ایستگاه ۴ تنش خشکی کامل رودخانه را در فصل تابستان تجربه کرد اما با بارش‌های پاییزی اثر تنش کم‌آبی و خشکسالی از بین رفت، که نشانه آن افزایش فراوانی دو گونه از خانواده توبیفیسیده و شیرونومیده در اواخر زمستان بود. همچنین، ایستگاه‌های ۱ و ۲ که نزدیک مصب قرار داشتند تحت تاثیر تنش شوری آب خلیج گرگان بودند، و ایستگاه ۳ که در داخل روستا قرار داشت، تحت تاثیر تنش آلودگی آب، ناشی از ورود فاضلاب شهری و روستایی بود. خشک شدن رودخانه در تابستان سبب کاهش شدید بار آلی بستر در نیمه دوم سال شد. در تابستان با خشک شدن بستر رودخانه و ایجاد ترک‌هایی در بستر احتمالاً امکان تجزیه هوازی مواد آلی فراهم شد که سبب کاهش معنی‌داری در میزان موادآلی بستر در نیمه دوم سال شد. در حالی‌که کیفیت فیزیکوشیمیایی آب در بهار (خرداد) شدیداً کاهش یافت، یک روند افزایشی در کیفیت آب در نیمه دوم سال مشاهده شد. علت این پدیده احتمالاً قطع جریان آب رودخانه در خرداد، جاری شدن دوباره آب در رودخانه در فصل پاییز، و حفظ تداوم جریان در نیمه دوم سال بود که سبب کاهش شوری آب و همچنین کاهش مواد جامد محلول شد. کیفیت آب ایستگاه ۱ (مصب) و ایستگاه ۲ (محل رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی کلمه) به طور معنی‌داری کمتر از ایستگاه ۴ (دورترین ایستگاه از مصب) بود، که احتمالاً نتیجه ورود آب لب‌شور خلیج گرگان به داخل رودخانه و همچنین تلاطم آب رودخانه در نتیجه حرکت قایق‌های موتوری صیادان محلی بود. از آن جایی‌که ایستگاه ۲ محل رهاسازی بچه ماهیان کلمه پرورشی در رودخانه قره‌سو است، به دلیل پایین بودن نسبی کیفیت آب در این ایستگاه، پیشنهاد می‌شود شیلات در انتخاب منطقه نزدیک مصب جهت رهاسازی بچه‌ماهیان پرورشی تجدید نظر نماید و بچه‌ماهیان را در منطقه دورتری از مصب رهاسازی کند.

بنابراین، کاهش جریان آب رودخانه و خشک شدن آن در فصل تابستان سبب کاهش غنای گونه‌ای و فراوانی گونه‌ای در می‌شود. هرچند با جاری شدن دوباره آب در رودخانه در فصل بارش بهاری و پاییزی، گونه‌های مقاوم به تنش کم‌آبی مانند گونه‌های خانواده توبیفیسیده و شیرونومیده در اکوسیستم ظاهر می‌شوند. اما جریان پیوسته آب در رودخانه از نوسان شاخص‌های تنوع زیستی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب جلوگیری می‌کند که برای دستیابی به این هدف لازم است آب در رودخانه همواره جریان داشته باشد. برای دستیابی به این هدف باید سیاست برداشت آب از طبیعت، از سیاست انسان محور به سیاست اکوسیستم محور تجدید نظر گردد (Everard, 1996). 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

Daei Nejad P., Khodadadi M., Rajab Zadeh E. 2017. Study of Biodiversity of Macrobenthos in Shadegan Wetland in Spring and Summer 2015 with Emphasis on Dominant Species. *Journal of Oceanography* 8(29), 75-85 .

Dittmann S., Baring R., Baggalley S., Cantin A., Earl J., Gannon R., Keuning J., Mayo A., Navong N., 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 .

Everard M. 1996. The importance of periodic droughts for maintaining diversity in the freshwater environment. In 'Freshwater Forum. pp. 33-50

Gardener M. 2014. Community ecology: analytical methods using R and Excel.' (Pelagic Publishing Ltd) 452p.

Gaston G.R., Rakocinski C.F., Brown S.S., Cleveland C.M. 1998. Trophic function in estuaries: response of macrobenthos to natural and contaminant gradients. *Marine and Freshwater Research* 49(8), 833-846 .

Jamani,S., Gholizadeh M., Patimar R., Fathabadi A. 2021. Identification and Abundance of Macrobenthic in Estuary of the Gharehsou River. *Fisheries* 71(1), 31-43 .

Jayaraman K. 1999. A Statistical Manual for Forestry Researh.' (Food And Agriculture Organization (FAO)) 231p.

Kiyabi B., Ghaemi R., Abdoli A. 1999. Wetland and riverian ecosystems of Golestan Province. (General Department of Protection and Environment of Golestan Province) 183p.

Kristensen E., Neto J.M., Lundkvist M., Frederiksen L., Pardal M.Â., Valdemarsen T., 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 .

Mangiafico S. 2016. Summary and analysis of extension program evaluation in R, version 1.15. 0. *URL https://rcompanion.org/handbook*.

Neto J.M., Teixeira H., Patrício J., Baeta A., Veríssimo H., Pinto R., 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 .

Oksanen J. 2013. Vegan: ecological diversity. *R Project* 368 .

Radaei F., Rahmani H., Haghparast S., Rekabi S.M. 2018. The effect of spring floods on biodiversity indices of benthic invertebrates in Chalous river of Mazandaran province. *Journal of Aquatic Ecology* 7(2), 125-136.

Savage C., Thrush S.F., Lohrer A.M., Hewitt J.E. 2012. Ecosystem services transcend boundaries: estuaries provide resource subsidies and influence functional diversity in coastal benthic communities. *PloS one* 7(8), e42708 .

Thukral A.K., Bhardwaj R., Kumar V., Sharma, A. 2019. New indices regarding the dominance and diversity of communities , derived from sample variance and standard deviation. *Heliyon* 5(10), e02606 .

Wildsmith M., Rose T., Potter I., Warwick R., Clarke, K. 2011. Benthic macroinvertebrates as indicators of environmental deterioration in a large microtidal estuary. *Marine Pollution Bulletin* 62(3), 525-538 .

Zare Chahouki M.R., Bihamta M.R. 2013. Experimental Designes in Natural Resources Sience. (Tehran University: Tehran) .

Zharikov Y., 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.

A study on macrobenthic communities in the lower zone of Ghaersou River, Golestan Province

Younes Hamed Mashhadzade, Ziya Kordjazi*, Mohammad Gholizade, Rahman Patimar

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad kavous University, Gonbad kavos, Iran.
*Corresponding author: ziya.kordjazi@gonbad.ac.ir
Received: 2021/4/4 Accepted: 2021/12/16

Abstract
The aim of this research conducted in the lower zone (or estuary) of Gharesou River was to study biodiversity of the macrobenthos and changes in sedimentary organic matter in river litter. No sample collected in summer 2018 due to drying river. Sampling was undertaken over five surveys, (May, June, November, and December 2018 and March 2019), in four sites (with two replications). The results of split plot analysis showed that sedimentary organic matter in river litter reduced significantly in autumn 2018 and winter 2019 (P<0.05). Whilst, biodiversity indices like species abundance, species richness, and evenness showed significant differences among surveys, Shannon, Simpson, and Berger-Parker indices had no significant differences (P>0.05). Species abundance reduced to -0.87 in autumn, and also species richness reduced to 3 species in autumn, including Tubificidae, Chironomidae, and Spionidae (*Streblospio* sp.). In addition, Species abundance was the only biodiversity index which had significant difference among sampling sites (P<0.05), as species abundance reached to the highest level (i.e., -0.7) in the fourth site. Thus, river drying in summer reduced species abundance and richness in autumn. But, when water reflowed in river in autumn, two species belonging to Tuificidae and Shironomidae were emerged first in river, which might be associated to the higher resistance of these two families to the rigid environmental conditions, like river drying.

Keywords: Macrobenthos, biodiversity, Gharesou River, Gorgan gulf.