

ارزیابی شاخص‌های بوم‌شناختی و زیستی جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی در رودخانه ساری‌سو (قرناوه)

مریم علی‌زاده^{۱*}، سید عباس حسینی^۱، حجت‌ا... جعفریان^۲، رسول قربانی^۱، محمد قلی‌زاده^۲

^۱گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

^۲گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

*نویسنده مسئول: alizadeh.shill89@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۸

چکیده

جوامع ماکروبنتوزها معمولاً در واکنش به تغییرات شرایط غیر زیستی و دخالت انسانی تغییر می‌یابد. هدف از این مطالعه بررسی دینامیک ساختار جامعه ماکروبنتوز و ارزیابی بیولوژیکی کیفیت آب در رودخانه ساری‌سو بود. بدین منظور بین سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ نمونه‌ها به‌صورت فصلی از ۴ ایستگاه (محدوده چشمه، کشاورزی، روستایی و شهری) با استفاده نمونه‌بردار سوربر جمع‌آوری شد. در مجموع ۱۰۶۱ گونه از ۸ راسته و ۱۸ خانواده از جمله یکروزه‌ها (۴۶٪)، دوبالان (۴۰٪)، کرم کم‌تار (۷٪)، سنجاک‌ها (۴٪) و بال‌موداران (۳٪) شناسایی شدند. تفاوت مکانی و زمانی در فراوانی و تنوع زیستی ماکروبنتوزها وجود داشت. ایستگاه‌های ۲ (۴۲٪) و ۱ (۳۶٪) بیشترین میزان تراکم ماکروبنتوزها را داشت، ایستگاه ۴ در محدوده شهری (۶٪) کمترین بود. مقیاس MDS و نمودار خوشه بندی درشت بی‌مهرگان کفزی بدلیل فراوانی راسته یکروزه‌ها و دوبالان در ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ از تمام فصول سال، ۴ گروه مجزا از یکدیگر را نشان دادند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان شاخص تنوع گونه‌ای شانون ۱/۶۶، غنای گونه‌ای مارگالف ۱/۶۴ در ایستگاه ۲ و ۳ در همه فصول سال اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل یک طرفه واریانس نشان داد که دمای آب، پی‌اچ و آمونیاک بین فصول تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین مقدار شاخص هیلسنهوف به‌ترتیب در فصل بهار (۶/۷۵) و پاییز (۶/۲۵) به‌دست آمد. همبستگی معنی‌داری بین شاخص‌های زیستی و برخی از پارامترهای آب وجود داشت. تخلیه زیاله، زهاب‌های کشاورزی، فضولات حیوانی از علل اصلی کاهش کیفیت آب رودخانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه بود، بنابراین بر اساس شاخص‌های زیستی کیفیت آب رودخانه ساری‌سو در مناطق بالادست در ناحیه بدون آلودگی (الیگو ساپروبی) و در مناطق پایین‌دست در ناحیه با آلودگی زیاد (پلی ساپروبی) قرار داشت.

واژگان کلیدی: درشت بی‌مهرگان کفزی، کیفیت آب، ارزیابی زیستی، رودخانه ساری‌سو.

مقدمه

در میان منابع آب، رودخانه‌ها از مهمترین منابع تامین آب می‌باشند که جهت مصارف مختلف از قبیل شرب، کشاورزی، آبیاری، صنعت و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند (Bordalo et al., 2001). آلودگی رودخانه‌ها یکی از مهمترین مشکلات دنیای امروز و بویژه در کشورهای در حال توسعه مانند ایران است (Asadollahfardi, 2009; Ruibin et al., 2012). کاهش کیفیت آب در رودخانه‌ها می‌تواند بدلیل فعالیت‌های انسانی (شستشو، فعالیت‌های تفریحی)، رواناب‌های سطحی حاصل از بارندگی، تخلیه فاضلاب‌ها و رشد و نمو گیاهان آبی باشد که در این میان عامل انسانی مهمترین عامل آلودگی رودخانه‌ها است (Puri et al., 2011). بنابراین با توجه به

خشکسالی‌های اخیر و توسعه مناطق شهری و روستایی پایش کیفیت آب برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب بسیار حائز اهمیت است (Jahnig and Qinhu, 2010). در گذشته کنترل کیفیت محیط‌های آبی بیشتر بر روی متغیرهای اکوتاکسیکولوژی و فیزیکوشیمیایی متمرکز بوده و کمتر به متغیرهای زیستی پرداخته می‌شد (Borja et al., 2000)، در صورتی‌که امروزه معیارهای زیستی به‌عنوان اجزای مهم کیفیت آب در نظر گرفته می‌شوند، چرا که جوامع زیستی منعکس‌کننده کیفیت اکولوژیکی بوده و تأثیرات تنش‌زاهای مختلف را نشان می‌دهد (Jiang, 2006). یکی از بهترین و کارآمدترین روش‌ها برای ارزیابی زیستی استفاده موجودات ماکروبنتوز می‌باشد.

ماکروبتوزها موجوداتی ساکن و غیرمهاجر هستند که به دلیل وجودشان در اکثر بوم سازگان‌های آبی، جابجایی و تحرک کم، تجمع مواد سمی در آن‌ها، نمونه‌برداری آسان و دیده شدن با چشم غیر مسلح، بهترین نشانگر برای تشخیص سلامت محیط آبی می‌باشند (کمالی و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین یکی از بهترین روش‌های عملی و به صرفه اقتصادی جهت تعیین سلامت اکولوژیکی آب‌ها و تعیین این‌که آیا فعالیت‌های انسانی موجب کاهش کیفیت آب‌ها می‌شود، ارزیابی و پایش بیولوژیکی می‌باشد (Lental, 1993). از این رو با مطالعه تغییرات ساختار جمعیتی و تنوع ماکروبتوزها به عنوان شاخص‌های زیستی می‌توان اثرات آلودگی و بحران‌های زیست محیطی اکوسیستم‌های آبی را پایش نمود.

بزرگ بی‌مهرگان کفزی از نظر حساسیت در برابر استرس‌های زیست محیطی و تغییرات شرایط زیست محیطی دچار تغییرات در فراوانی و تنوع می‌شوند بنابراین از آن‌ها به عنوان شاخص کیفیت آب استفاده می‌نمایند (Lerberg et al., 2000). بنتوزها در رژیم غذایی ماهیان رودخانه‌ای و ماهیان رودکوچ دریایی نقش به‌سزایی دارند، آن‌ها به لحاظ تولید مواد آلی جزء ذخایر مهم و با ارزش بوده و به عنوان نمایه‌ای از میزان کل تولیدات به علت قرار گرفتن در نزدیکی قاعده هرم انرژی و زنجیره‌های غذایی، نقش مهمی در فرایند انتقال انرژی و تامین غذای سایر آبزیان دارند بنابراین شناخت آنها در هر منبع آبی دارای اهمیت زیست محیطی می‌باشد (Elliott et al., 1988).

گزارشات حاکی از این است که در ابتدای پیدایش طبیعت، تنوع و غنای گونه‌ای بالا بوده (Azrina et al., 2006)، اما فعالیت‌های انسانی (مانند تغییر در زیستگاه‌ها، آلاینده‌ها و بهره‌برداری‌های زیاد از منابع حیاتی) باعث تغییرات بسیاری در اجتماع و تنوع زیستی فون جانوران رودخانه‌ها شده است (Diaz et al., 2004). محققین برای ثبت تغییرات ویژگی‌هایی همچون فراوانی، زی‌توده، تنوع و

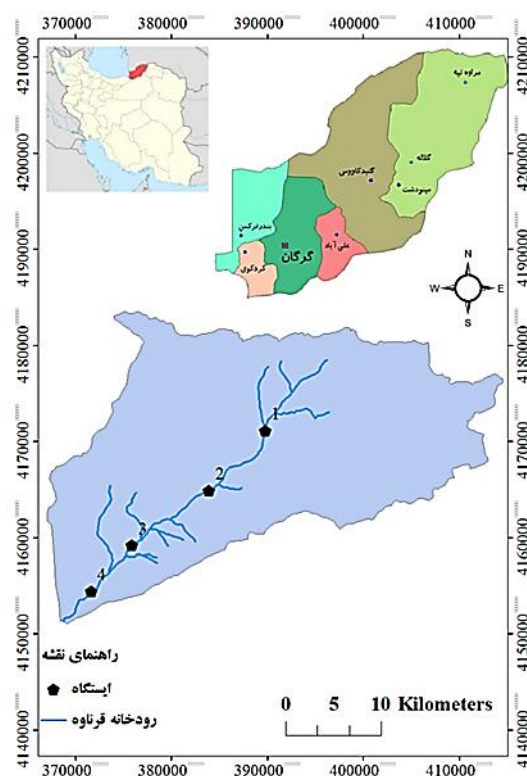
ترکیب گونه‌ای موجودات کفزی در مقابل میزان تغییرات آلاینده، شاخص‌های عددی و مدل‌هایی را ارائه و توسعه داده‌اند (Bortone, 2005). استفاده از این بی‌مهرگان کفزی بر این فرض استوار است که رودخانه‌هایی که تحت تأثیر عوامل آلاینده نیستند، تاکسون‌های کفزی بیشتری داشته و گونه‌های حساس به آلودگی و غیر مقاوم در آنجا غالب هستند و برعکس رودخانه‌هایی که تحت فشار آلودگی هستند، تنوع کمتری داشته و گونه‌های مقاوم غالب هستند (قانع‌سازان سرایی و همکاران، ۱۳۸۵). مطالعات متعددی در ارزیابی رودخانه‌ها توسط محققین در داخل کشور انجام شده است که می‌توان به بررسی جوامع ماکروبتوز در رودخانه مادرسو گلستان (جرجانی و همکاران، ۱۳۸۹)، بررسی زیستی رودخانه زرین‌گل (استان گلستان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبتوزها (میررسولی و قربانی، ۱۳۹۰)، بررسی جوامع ماکروبتوز در رودخانه محمد آباد گلستان (فرهنگی و تیموری یانسری، ۱۳۹۱)، بررسی تنوع زیستی ماکروبتوزهای رودخانه‌های کاکارضا، کشکان، دواب‌الشر و گهررود در استان لرستان (پیروزی و توکلی، ۱۳۹۱)، ارزیابی کیفیت آب بر اساس شاخص‌های زیستی هیلسنهوف، تنوع شانون-وینر و شاخص‌های محیطی در رودخانه تجن (شکری و همکاران، ۱۳۹۳)، ارزیابی زیستی فون کفزیان رودخانه نور رود در منطقه بلده نور (نوروزی و هاشمی، ۱۳۹۵) اشاره کرد. همچنین می‌توان به برخی از مطالعات خارج همچون تغییرات فصلی بزرگ بی‌مهرگان کفزی و شاخص‌های زیستی رودخانه Pyrenean در کشور اسپانیا (Leunda et al., 2009)، الگوی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و تنوع آن‌ها در ارتباط با کیفیت آب رودخانه آسه در دلتای نیجر (Arimoro et al., 2007)، اثر فعالیت‌های انسانی روی زیستگاه‌های رودخانه‌ای با استفاده از شاخص‌های بیولوژیکی و فاکتورهای زمانی و محیطی (Wang and Paul, 2006) و تجزیه و تحلیل کیفیت آب رودخانه Guayas کشور اکوادور

(سازمان تامین منابع آب ایران، ۱۳۸۵). از نظر زمین-شناسی بخشی از پهنه ساختاری کپه داغ و فلات لسی ایران می‌باشد. به همین دلیل در برخی از مناطق در مسیر رودخانه دیواره‌های قائم و فروچاله ایجاد شده است. این حوضه دارای شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک و به صورت دشت گسترش یافته است (شکل ۱).

عملیات نمونه‌برداری (بازدید و شناسایی محل و

انجام نمونه‌برداری): جهت مشخص نمودن ایستگاه‌های نمونه‌برداری ابتدا وضعیت جغرافیایی منطقه به لحاظ گستره، قابلیت دسترسی، شناسایی کاربری اراضی، عمق رودخانه‌های نمونه‌برداری مشخص گردید و با کمک GPS به ثبت رسید (جدول ۱). نمونه‌برداری به صورت فصلی در طول یک سال با نمونه‌بردار سوربر 30×30 سانتی متر برای تعیین فراوانی و شناسایی موجودات کفزی در ایستگاه‌های تعیین شده انجام گرفت. محل نمونه-برداری در عرض رودخانه (در کرانه راست، کرانه چپ و میانه رودخانه) انتخاب شد. سنگ‌های بزرگ درون قاب توری برداشته شده و به آرامی موجودات روی آن تمیز شده به طوری که این موجودات به طرف داخل تور جاری شدند. همه‌ی سنگ‌ها، برگ درختان، پلاستیک، چوب و غیره درون قاب مربع جمع‌آوری گردید. این عمل به صورت تصادفی در ۴ ایستگاه و هریک با ۳ بار تکرار انجام شد. پس از نمونه‌برداری با سوربر محتویات تور درون تشت‌های پلاستیکی خالی شده و موجودات چسبیده به دیواره‌های آن جدا شد (Bauer, 1980). با استفاده از الک آزمایشگاهی با اندازه چشمه ۵۰۰ میکرون همه موجودات جمع‌آوری و سپس با فرمالین ۴ درصد فیکس شدند. نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی ریخته شد و سپس تاریخ، مشخصات ایستگاه و تعداد تکرار نمونه‌برداری ثبت گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده از هر ایستگاه به آزمایشگاه شیلات دانشگاه گنبد کاووس برای جداسازی و شناسایی انتقال یافت.

سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب:



شکل ۱ - نقشه منطقه مطالعاتی از رودخانه ساری‌سو (قراوه)، استان گلستان، ایران.

بر اساس شاخص‌های ماکروبنتوز (Damanik-Ambarita et al., 2016) اشاره نمود. با توجه به اهمیت زیستی رودخانه‌ها، هدف از این مطالعه فراوانی، تنوع زیستی جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی و ارتباط آنها با فاکتورهای کیفی آب در رودخانه ساری‌سو (استان گلستان) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: رودخانه ساری‌سو (قراوه) با عرض جغرافیایی ($37^{\circ}40'45''$) $37/67912$ و طول جغرافیایی ($55^{\circ}52'32''$) $55/87559$ از ارتفاعات لسی بابا شملک، گلیداغ و پالچقلی در شمال شرق شهرستان کلالة منطقه مراوه‌تپه سرچشمه و یکی از سرشاخه‌های اصلی گرگانرود در شمال شرق استان گلستان می‌باشد. طول رودخانه قراوه حدود ۶۰ کیلومتر است و دارای روند شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۶). سد گلستان ۲ (بوستان) بر روی این رودخانه احداث شده است

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رودخانه ساری سو (قراوه).

ایستگاه	طول جغرافیای	عرض جغرافیای	جنس بستر	عوارض موثر
۱	۳۷°۴۰'۵۵"	۵۵°۵۳'۰۴"		محدوده چشمه و جنگلی
۲	۳۷°۳۹'۰۰"	۵۵°۴۳'۲۳"	پایه	کشاورزی
۳	۳۷°۳۷'۰۸"	۵۵°۴۰'۴۹"	پایه	روستایی
۴	۳۷°۳۴'۴۳"	۵۵°۳۶'۲۱"		شهری

جدول ۲- ارزیابی کیفیت آب به وسیله شاخص زیستی هیلسنهوف در سطح خانواده (Hilsenhoff, 1988).

میزان آلودگی آلی	کیفیت آب	میزان آلودگی آلی
عدم وجود مواد آلی	عالی	۰-۳/۷۵
مواد آلی جزئی	بسیار خوب	۳/۷۶-۴/۲۵
مقداری مواد آلی	خوب	۴/۲۶-۵/۰
میزان متوسط مواد آلی	متوسط	۵/۰۱-۵/۷۵
مقدار زیاد مواد آلی	نسبتاً ضعیف	۵/۷۶-۶/۵۰
میزان بسیار زیاد مواد آلی	ضعیف	۶/۵۱-۷/۲۵
آلودگی آلی شدید	بسیار ضعیف	۷/۲۶-۱۰

های (فرمول ۴: منهنیک)، (فرمول ۵: مارگالف) و جهت مشخص نمودن وضعیت آلودگی آب از شاخص (فرمول ۶: هیلسنهوف) در ایستگاه‌های مختلف به کار برده شد.

شاخص تنوع شانون- وینر که در این رابطه H' شاخص تنوع گونه‌ای، N تعداد کل جمعیت افراد، Ni تعداد جمعیت گونه، i و S تعداد کل گونه‌ها است (Shannon and Wearer, 1963)

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{Ni}{N} \ln \frac{Ni}{N} \quad (1 \text{ فرمول})$$

شاخص تنوع سیمپسون که در این رابطه D شاخص سیمپسون، N تعداد کل افراد جمعیت، Ni جمعیت هر گونه، S تعداد کل گونه‌ها است (Krebs, 1994).

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S ni (ni - 1)}{N (N - 1)} \quad (2 \text{ فرمول})$$

شاخص یکنواختی که در هر ایستگاه نمونه- برداری مقدار شانون بر لگاریتم تعداد کل گونه‌ها تقسیم می‌گردد نیز محاسبه می‌گردد (Bass, 1995)

$$J = \frac{H'}{\log s} \quad (3 \text{ فرمول})$$

شاخص منهنیک که در این رابطه D_{Mn}

برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب مانند درجه حرارت، اکسیژن محلول، پی‌اچ، شوری، هدایت الکتریکی با دستگاه (Hack Model 2000) در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری آمونیاک، نیتрат، فسفات آب با استفاده از روش کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا (APHA, 1998) صورت پذیرفت.

بررسی‌های آزمایشگاهی (شناسایی ماکروبنتوزها): برای شناسایی ماکروبنتوز، ابتدا نمونه‌ها در سطح الک ریخته تا آب حاوی فرمالین جدا شود. سپس تمام موجودات در زیر لوپ و میکروسکوپ با کلیدهای شناسایی بنتوزهای رودخانه‌ای معتبر (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰؛ محبوبی صوفیانی و همکاران، ۱۳۷۹) اقدام به شناسایی شدند. (فراوانی) و تعداد هر نمونه (در حد جنس) بر اساس ابعاد وسیله نمونه‌برداری محاسبه شد.

محاسبه شاخص‌های تنوع و غنای زیستی: برای بررسی تنوع ماکروبنتوزها از شاخص‌های (فرمول ۱: تنوع شانون- وینر)، (فرمول ۲: سیمپسون)، (فرمول ۳: یکنواختی) و برای ارزیابی غنای گونه از شاخص-

جدول ۳- فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه ساری‌سو در فصول مختلف سال.

تابستان	پاییز	زمستان	بهار
دمای آب (سانتی‌گراد)	۲۷/۵۲ ± ۲/۴۹ ^a	۱۷/۱۶ ± ۱/۰۳ ^b	۱۵/۲۸ ± ۰/۶۸ ^b
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۹/۶۲ ± ۱/۵۰	۱۰/۵۱ ± ۱/۳۷	۱۰/۶۶ ± ۱/۳۹
پی‌اچ	۷/۵۱ ± ۰/۰۷ ^a	۷/۳۰ ± ۰/۰۵ ^b	۷/۳۱ ± ۰/۰۵ ^b
شوری (میلی‌گرم بر لیتر)	۱/۲۵ ± ۰/۹۰	۱/۱۳ ± ۰/۶۷	۰/۹۶ ± ۰/۶۴
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۲۰۲۶/۷۵ ± ۱۰۳۴/۵۵	۱۸۹۹/۲۵ ± ۸۸۶/۱۱	۱۶۱۱/۵۰ ± ۸۶۴/۷۵
سختی کل	۳۱۰/۰۰ ± ۳۸/۲۹	۳۰۵/۰۰ ± ۸۲/۳۸	۲۸۸/۷۵ ± ۷۸/۷۲
آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۲۵ ± ۰/۰۰۹ ^a	۰/۰۱۲ ± ۰/۰۰۳ ^b	۰/۰۱۲ ± ۰/۰۰۳ ^b
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۲/۹۸ ± ۱/۲۶	۴/۳۶ ± ۰/۲۷	۴/۱۰ ± ۰/۲۹
نیتريت (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۳۶ ± ۰/۰۲۰	۰/۰۳۴ ± ۰/۰۱۹	۰/۰۲۹ ± ۰/۰۱۶
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۳۰ ± ۰/۰۱۴	۰/۰۳۳ ± ۰/۰۲۶	۰/۰۳۳ ± ۰/۰۲۶
کل مواد جامد محلول	۵۵۹/۲۵ ± ۱۰۱/۵۰	۶۵۸/۵۰ ± ۳۶۸/۴۳	۶۲۳/۷۵ ± ۲۷۶/۵۹

وجود حروف لاتین در هر ردیف نشان از تفاوت معنی‌دار آماری است ($P < 0.05$).

محاسبات آماری و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ و SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

منهینیک، S تعدادگونه‌ها و N فراوانی کل گونه‌ها است.

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (4 \text{ فرمول})$$

شاخص غنای مارگالف که در این رابطه R_i شاخص مارگالف، S تعدادگونه‌ها و N فراوانی کل گونه‌ها است (Margalef, 1951)

$$R_i = \frac{S-1}{\ln(N)} \quad (2-3) \quad (5 \text{ فرمول})$$

شاخص هیلسنهوف که در این رابطه n تعداد افراد در یک تاکسون (خانواده)، Tv میزان تحمل برای هر تاکسون (خانواده)، N تعداد کل موجودات جمع‌آوری شده می‌باشد (Hilsenhoff, 1988)

تجزیه و تحلیل آماری: اطلاعات اولیه در نرم‌افزار Excel وارد شد. سپس نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگراف-اسمیرنوف در محیط SPSS بررسی شد. جهت تجزیه و تحلیل فراوانی درشت بی‌مهرگان در فصول و ایستگاه‌های مختلف از آنالیز واریانس یک طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. شاخص‌های تنوع زیستی توسط نرم‌افزار Primer در ایستگاه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. آنالیز همبستگی پیرسون نیز برای بررسی روابط بین عوامل محیطی و درشت بی‌مهرگان کفزی استفاده شد. کلیه

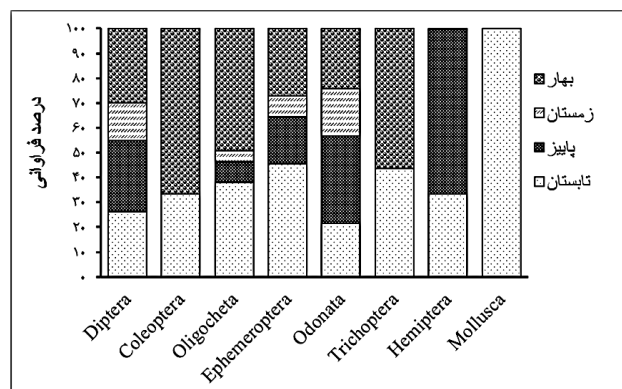
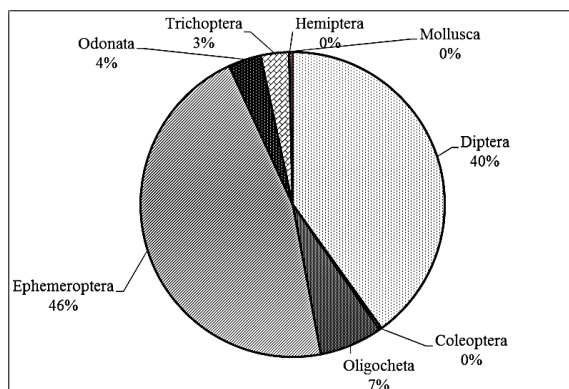
نتایج

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب رودخانه ساری‌سو در جدول ۳ ثبت شده است. دمای آب در فصول مختلف سال تفاوت معنی‌دار آماری داشت ($P < 0.05$). بیشترین مقدار دمای آب در فصل تابستان برابر ۲۷/۵۲ ± ۲/۴۹ سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن در فصل زمستان برابر ۱۵/۲۸ ± ۰/۶۸ سانتی‌گراد بود. اگرچه بین فصول مختلف مقدار اکسیژن محلول از نظر عددی متفاوت بود اما اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تفاوت معنی‌دار آماری در میزان فاکتورهایی همچون پی‌اچ و آمونیاک وجود داشت به‌طوری‌که بیشترین مقادیر آن‌ها در فصل تابستان و بهار و کمترین مقادیر آن‌ها در فصل پاییز و زمستان به‌دست آمد ($P < 0.05$). تغییر فصول بر برخی از فاکتورهایی مانند شوری، هدایت الکتریکی، سختی کل، آمونیاک، نیترات، نیتريت، فسفات و کل مواد جامد محلول تاثیر نداشت.

تعداد ۱۰۶۱ نمونه درشت بی‌مهرگان کفزی از رودخانه ساری‌سو (قراوه) واقع در شرق استان گلستان صید، جداسازی، شناسایی و شمارش شدند.

جدول ۴- فراوانی درشت بی مهرگان کفزی شناسایی شده در رودخانه ساری سو.

بزرگ بی مهرگان کفزی		رودخانه های ساری سو			
راسته	خانواده	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴
Ephemeroptera	Caenidae	۱۳۳	۱۱۷	۴۰	۲۹
	Baetidae	۱۴۳	۲۷	۰	۰
Diptera	Chironomidae	۲۶	۱۱۳	۶۶	۱۵
	Chironomidae pupae	۵	۳۶	۷	۹
	Simuliidae	۱۱	۴۰	۱۵	۰
	Simulidae pupae	۰	۱۴	۳	۰
	Tabanidae	۱۵	۲۹	۲	۱
	Tipulidae	۳	۱	۰	۰
	Culicidae	۸	۰	۰	۰
Trichoptera	Psychodidae	۰	۰	۴	۲
	Hydropsychidae	۱۳	۱۹	۰	۰
Hemiptera	Gerridae	۰	۰	۱	۰
	Hebridae	۰	۰	۲	۰
Odonata	Gomphidae	۸	۳	۱	۴
	Coenagrionidae	۰	۴	۸	۰
	Cordulegastridae	۰	۹	۰	۰
Coleoptera	Dytiscidae	۰	۰	۰	۳
Oligocheta	Naididae	۱۵	۰	۲۰	۲
	Tubificidae	۰	۳۰	۰	۴
Mollusca	Physidae	۰	۰	۱	۰

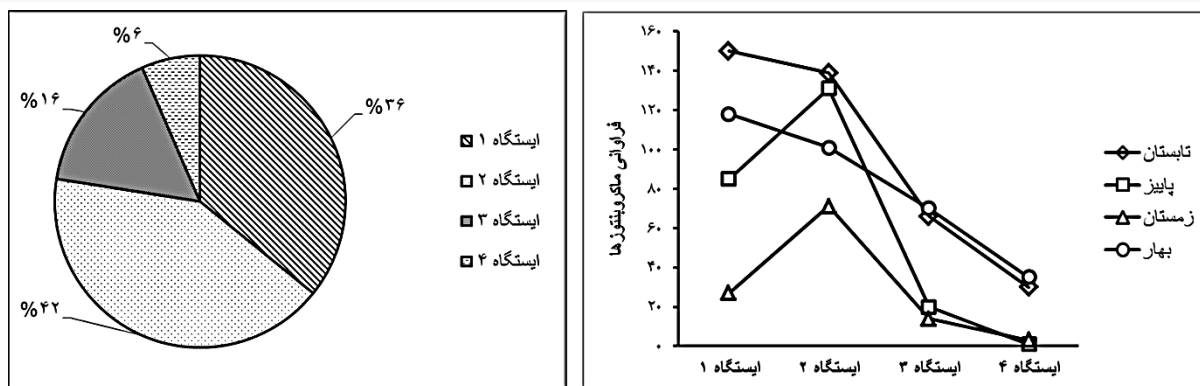


شکل ۲- درصد فراوانی درشت بی مهرگان کفزی رودخانه ساری سو در فصول مختلف سال.

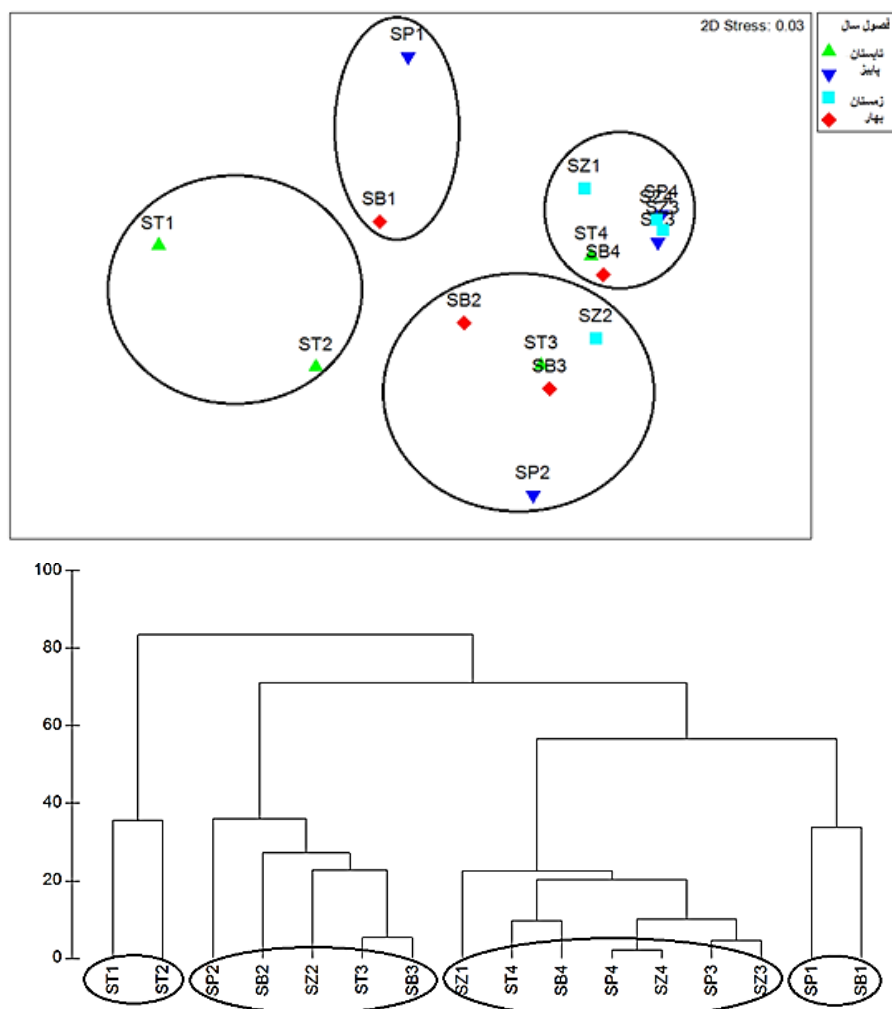
مهرگان کفزی رودخانه ساری سو در فصول مختلف سال و ایستگاه های نمونه برداری نشان داده شده است. نتایج نشان داد که راسته Ephemeroptera (۴۶٪) و Diptera (۴۰٪) به تعداد زیاد، راسته Oligocheta (۷٪) و Odonata (۴٪) به تعداد بسیار کم در ۴ فصل سال مشاهده شدند. راسته های Trichoptera و Coleoptera در دو فصل بهار و تابستان مشاهده شدند و راسته Hemiptera در دو فصل تابستان و پاییز دیده شدند. راسته Mollusca

بیشترین فراوانی گروه های شناسایی شده در رودخانه ساری سو به ترتیب مربوط به راسته Ephemeroptera (۴۸۹)، Diptera (۴۲۵) و Oligocheta (۷۱) است. همان طور که در جدول ۴ مشخص است در رودخانه ساری سو بیشترین تنوع گروه های شناسایی شده به ترتیب مربوط به راسته Ephemeroptera با ۶ خانواده و Odonata با ۳ خانواده است.

در شکل های ۲ و ۳ درصد فراوانی درشت بی-



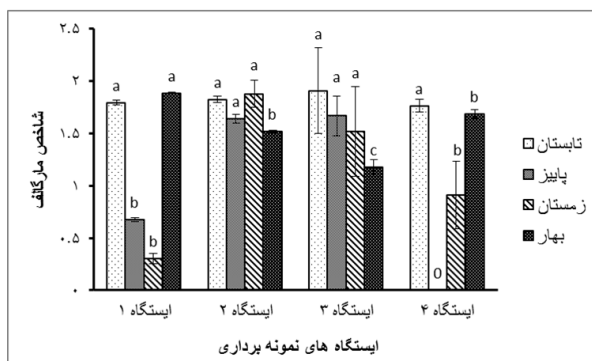
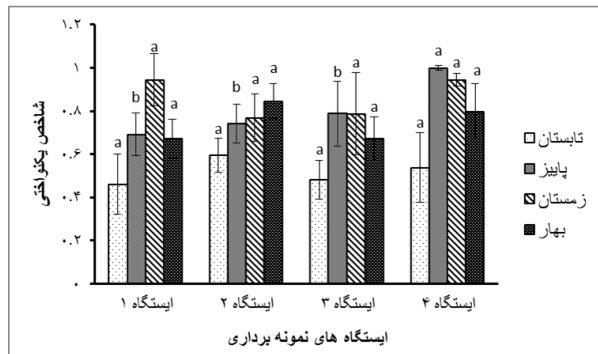
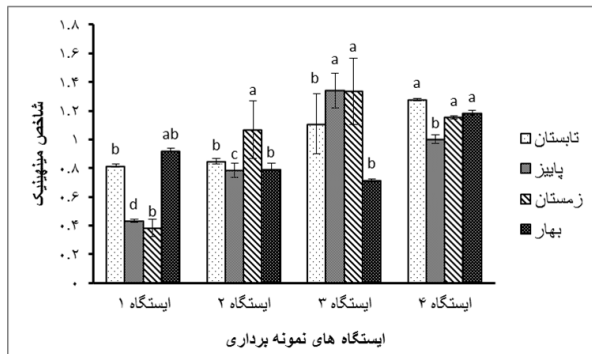
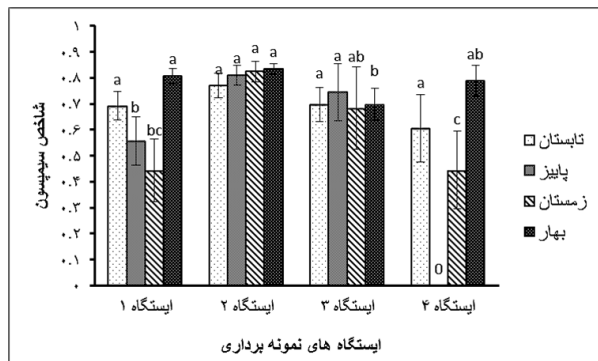
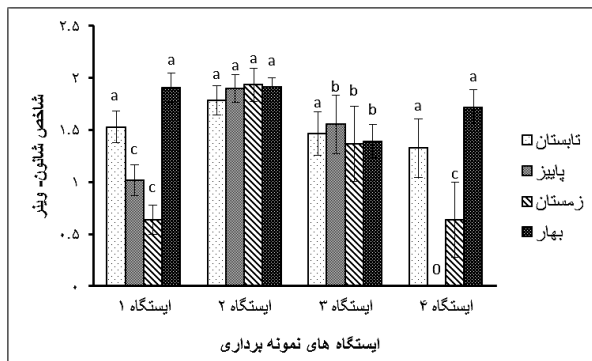
شکل ۳ - فراوانی درشت بی‌مهرگان کفزی و درصد آن در ایستگاه‌های مختلف رودخانه ساری‌سو.



شکل ۴ - پراکنش ماکروبن‌توزهای رودخانه ساری‌سو در فصول مختلف سال (رودخانه ساری‌سو (S)؛ فصول (T- تابستان، P- پاییز، Z- زمستان و B- بهار)؛ ایستگاه‌های نمونه‌برداری (۱، ۲، ۳ و ۴)).

۶ درصد) بدست آمد. شکل ۳ نشان می‌دهد که در رودخانه ساری‌سو ایستگاه‌های ۱ و ۲ در فصل تابستان بیشترین درصد فراوانی ماکروبن‌توزها را دارا می‌باشند.

تنها در فصل تابستان قابل رویت بود (شکل ۲). در ایستگاه‌های مختلف بیشترین درصد فراوانی درشت بی‌مهرگان کفزی به ترتیب در ایستگاه‌های ۲ (۴۲ درصد) و ۱ (۳۶ درصد) و کمترین آن در ایستگاه ۴



شکل ۵ - شاخص‌های زیستی - جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان

کفزی رودخانه ساری سو در فصول مختلف.

ماکروبتوزها ایستگاه‌های ۱ (محدوده چشمه و جنگل)، ایستگاه ۲ (کشاورزی)، ایستگاه ۳ (روستایی) و ایستگاه ۴ (شهری) در فصول مختلف سال در شکل ۵ آورده شده است. شاخص‌های شانون و سیمپسون در ایستگاه ۲ با کاربری کشاورزی بیشترین مقدار را در فصول مختلف سال داشت. این شاخص‌ها در محدوده‌ی چشمه دارای نوسانات فصلی بودند و در فصل بهار به بالاترین حد خود رسیدند. شاخص یکنواختی در همه ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌دار نداشت کمترین مقدار آن در فصل تابستان به ثبت رسید (شکل ۵). کمترین و بیشترین مقدار شاخص هیلسنهوف به ترتیب در فصل زمستان (۶/۲۵) و فصل (۶/۷۵) تابستان به دست آمد (جدول ۵).

در جدول ۶ رابطه همبستگی بین فاکتورهای

مقیاس‌گذاری چند بعدی (MDS) و نمودار خوشه‌بندی حاصل از آنالیز نمونه‌های شناسایی شده رودخانه ساری سو در کاربری‌های مختلف (محدوده چشمه، کشاورزی، روستایی و شهری) در ۴ فصل سال نشان از این است که گروه‌های بی‌مهرگان کفزی به طور واضح به ۴ گروه تقسیم می‌شوند (شکل ۴). گروه اول و چهارم، گروه‌های کوچکی را تشکیل دادند به طوری که در گروه اول ماکروبتوزها در ایستگاه‌های ۱ و ۲ فصل تابستان و در گروه چهارم ماکروبتوزها در ایستگاه ۱ فصول پاییز و بهار را تشکیل می‌دادند. پراکنش ماکروبتوزهای رودخانه ساری سو در گروه‌های ۳ و ۴ متنوع بود که در شکل ۴ نمایش داده شده است.

مقایسه شاخص‌های تنوع و غنای گونه

جدول ۵- ارزیابی کیفیت آب توسط شاخص زیستی هیلسنهوف.

فصل‌های مختلف سال	تابستان	پاییز	زمستان	بهار
HFBI	۶/۷۵	۶/۴۶	۶/۲۵	۶/۶۲

جدول ۶- رابطه همبستگی بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و شاخص‌های تنوع زیستی در رودخانه ساری‌سو.

شاخص - وینر	سیمپسون	یکنواختی	مینهنیک	مارگالف
دمای آب (سانتی‌گراد)	-	-	-	-
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-
پی‌اچ	-	-	-	-
شوری (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی-متر)	-	-	-	-
سختی کل	-	-	-	-
آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-
نیتريت (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-
کل مواد جامد محلول	-	-	-	-

* سطح معنی‌دار ۰/۰۵ و ** سطح معنی‌دار ۰/۰۱

فیزیکوشیمیایی آب و شاخص‌های تنوع و غنای گونه رودخانه ساری‌سو مشخص شده است. رابطه معنی‌دار منفی بین دما، پی‌اچ و آمونیاک آب با شاخص یکنواختی بدست آمد. شوری و هدایت الکتریکی با شاخص مینهنیک رابطه مثبت معنی‌داری داشتند ($T = -0/63, P < 0/01$). فاکتورهای سختی و نیتريت با شاخص‌های تنوع گونه‌ای همچون شانون و سیمپسون به ترتیب در سطح ۵ درصد رابطه معنی‌دار منفی و مثبت داشتند (جدول ۶). اکسیژن محلول، نیترات، فسفات و کل مواد جامد محلول آب با هیچ یک از شاخص‌های زیستی رابطه همبستگی نداشت.

بحث

رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی در حوضه آبریز رودخانه‌ها، تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، فعالیت‌های کشاورزی، رواناب و شیرابه محل‌های دفع زباله باعث کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها شده است (Wmng et al., 2006). در مطالعه حاضر، دینامیک ساختار جامعه ماکروبن‌توز و ارزیابی بیولوژیکی کیفیت آب در رودخانه ساری‌سو انجام شد.

بیشترین میزان دما، پی‌اچ، آمونیاک در فصل بهار و تابستان به دست آمد. اختلاف معنی‌داری در بقیه فاکتورها بین فصول مختلف سال وجود نداشت ($P > 0/05$). موجودات در محیط‌های آب تحت تاثیر نوع آلاینده و فاکتورهای محیطی از قبیل حرارت، شوری، میزان اکسیژن محلول قرار دارند و بر این اساس جمعیت و مرحله تکامل آنها تغییر می‌یابد (خاتمی، ۱۳۸۶). رابطه بین آلودگی زیست محیطی، فاکتورهای فیزیکی، متغیرهای بافت رسوبات و شاخص‌های کفزی ترکیبات پیچیده‌ای را به وجود می‌آورند، زیرا ترکیب و تنوع موجودات کفزی تابعی از پارامترهای بیولوژیکی و عوامل غیر زنده است که غیرقابل تفکیک است (Smith et al., 2001). آنالیز همبستگی پیرسن بین شاخص‌های زیستی (تنوع و غنای گونه) با پارامترهای آب نشان داد که رابطه معنی‌دار منفی بین دما، پی‌اچ و آمونیاک آب با شاخص یکنواختی وجود داشت در حالی‌که اکسیژن محلول، نیترات، فسفات و کل مواد جامد محلول آب با هیچ یک از شاخص‌های زیستی رابطه همبستگی نداشت. تغییرات فیزیکوشیمیایی به‌ویژه نوسانات

همپای فرایندهای طبیعی اثرات نامطلوبی را بر پیکره آبی رودخانه‌ها وارد می‌آورد که موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها می‌شوند بنابراین در صورت عدم کنترل و مدیریت آن تغییرات غیر قابل جبران در اکوسیستم آبی به‌وجود می‌آید (Xiaoyun *et al.*, 2012).

برای بررسی ساختار جوامع بنتیک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب می‌توان از روش‌های تک متغیره مانند ارزیابی شاخص‌های زیستی مانند شاخص شانون، سیمپسون، یکنواختی، مارگالف و غیره استفاده نمود و همچنین از روش چند متغیره آنالیز خوشه‌ای MDS به‌منظور تشخیص و توصیف آلودگی‌ها و آشفته‌گی‌های هر منطقه استفاده نمود (Newman *et al.*, 2001). در این مطالعه بیشترین تنوع زیستی شانون در ایستگاه ۲ برابر ۱/۸۸ بدست آمد که با تحقیق شکری ساروی و همکاران (۱۳۹۳) تناقض داشت آنها بیشترین تنوع شانون را در ایستگاه ۱ برابر ۲/۰۶ گزارش دادند. در همین راستا، بررسی تغییرات شاخص تنوع شانون و شاخص‌های یکنواختی در ۴ ایستگاه رودخانه‌های Veli و Kadinamkulam کشور هندوستان نشان داد که، بیشترین فراوانی ماکروبن‌توزها مربوط به راسته‌های Ephemeroptera و Gastropoda بود بر این اساس شاخص تنوع شانون بین ۳/۵ تا ۴/۶۱ به‌دست آمد (Sharma and Rawat, 2009). وقتی که در مکان مورد مطالعه عامل آلوده کننده آب نباشد و یا بسیار کم باشد موجودات همچون انواع ماکروبن‌توزها تمایل زیاد به زیست در آن مکان آبی را دارند و در نتیجه تنوع افزایش می‌یابد درحالی که اگر اکوسیستم دچار هر گونه آلودگی شود، بنتوزهای حساس به آلودگی از بین رفته و فقط موجودات مقاوم به آلودگی افزایش می‌یابد. گزارش Yoon و همکاران (۲۰۱۷) حاکی از این است که مواد آلی می‌توانند عامل آلودگی رسوبات و در نتیجه تغییر ساختار جوامع ماکروبن‌توز در رودخانه Geum منتهی به سواحل Saemangeum کشور کره شوند. بیشترین فراوانی دوبالان در ایستگاه سوم (۲۳۳ عدد) به‌دلیل ورود فاضلاب روستایی و

دمایی در یک اکوسیستم آبی باعث تغییر در فعالیت باکتری‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌ها شده در نتیجه به-صورت کلی فعالیت بیولوژیکی و به‌طبع مصرف اکسیژن محلول آب را افزایش می‌دهد که این امر باعث ایجاد تغییرات در تنوع و تراکم ماکروبن‌توزها می‌گردد که در این رودخانه نیز چنین اتفاقی افتاد.

در رودخانه‌ها شناسایی، بررسی فراوانی و تنوع ماکروبن‌توزها به‌عنوان شاخص زیستی برای تعیین میزان آلودگی آب منطقه حائز اهمیت است زیرا تحت تاثیر عوامل زیست محیطی تغییر می‌یابند (Jindal and Sharma, 2011). همسو با نتایج به‌دست آمده فرهنگی و همکاران (۱۳۹۱) و جرجانی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش دادند که بیشتر خانواده‌های شناسایی در رودخانه‌مادرسو و رودخانه محمد آباد استان گلستان از راسته حشرات آبی Ephemeroptera, Trichoptera و Diptera می-باشند. بررسی تراکم و شناسایی جوامع بی‌مهرگان کفزی دریاچه سد کمال صالح اراک نشان از تجمع توبیفکس در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بود که در تضاد با مطالعه حاضر است که ممکن است علت آن نوع اکوسیستم آبی و در نتیجه نوع بستر، میزان مواد مغذی و فشار چرا در محیط باشد (لطفی و زارع شهرکی، ۱۳۹۷). موجودات کفزی در محیط‌های آبی نقش مهمی در تغذیه آبی، جابجایی و چرخش مواد غذایی در اکوسیستم آبی و تبدیل مواد آلی به مواد معدنی دارند.

نتایج نشان داد که راسته Ephemeroptera (۴۶٪) و Diptera (۴۰٪) به تعداد زیاد، راسته Oligocheta (۷٪) و Odonata (۴٪) به تعداد بسیار کم در ۴ فصل سال مشاهده شدند. در ایستگاه‌های مختلف بیشترین درصد فراوانی درشت بی‌مهرگان کفزی بترتیب در ایستگاه‌های ۲ (۴۲ درصد) و ۱ (۳۶ درصد) به‌دست آمد. ایستگاه ۳ نمونه برداری که در حاشیه روستا واقع بود حدود ۱۶ درصد فراوانی داشت که نسبت به ایستگاه‌های ۱ و ۲ از فراوانی کمتری برخوردار بود. در واقع فعالیت‌های انسانی

۱۳۹ تا ۱۵۱.

احمدی م.ر. نفیسی م. ۱۳۸۰. شناسایی موجودات شاخص بی‌مهره آب‌های جاری. انتشارات خیبر، ۲۴۰ صفحه.

پیروزی ف.، توکلی م. ۱۳۹۱. بررسی تنوع زیستی ماکروبنتوزهای رودخانه‌های مهم استان لرستان، همایش ملی پژوهش‌های آبریان و اکوسیستم‌های آبی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه.

جرجانی س.، قلیچی ا.، اکرمی ر.، خیرآبادی و. ۱۳۸۹. بررسی فراوانی، تنوع، غالبیت و غنای ماکروبنتوزهای نهر مادرسوی پارک ملی گلستان. مجله علوم زیستی، سال ۴: صفحات ۳۵ تا ۵۴.

حسینی س.ا.، عبدلی ص.، قریشی‌راد، س.ح.ر. ۱۳۸۶. تعیین اولویت‌های تحقیقاتی و اجرایی در رودخانه‌های حوزه آبخیز قراوه استان گلستان. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز.

خاتمی س.ه. ۱۳۸۶. نظارت زیستی رودخانه‌ها (درشت بی‌مهرگان کفزی). انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۲۰۷ صفحه.

شکری‌ساروی م.، احمدی م.ر.، رحمانی ح.و کامرانی ا. ۱۳۹۳. ارزیابی کیفیت آب بر اساس شاخص‌های زیستی هیلسنهوف، تنوع شانون-وینر و شاخص‌های محیطی در رودخانه تجن. فصلنامه علمی-پژوهشی علوم و فنون شیلات، ۳(۴): صفحات ۴۳ تا ۵۵.

صادقی م.، شعله سعدی ا.، استوان ه. ۱۳۹۴. تعیین شاخص زیستی و کیفیت آب رودخانه انجیره (فارس) در فصل پاییز با استفاده از فون حشرات آبی. فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی، ۷(۴): صفحات ۳۲۷ تا ۳۳۵.

فرهنگی م. تیموری یانیری م. ۱۳۹۱. شناسایی بزرگ بی‌مهرگان (بنتوز) رودخانه محمدآباد (استان گلستان). مجله محیط زیست جانوری، ۴(۲): صفحات ۵۱ تا ۵۶.

قانع ساسان سرایی ا.، احمدی م.، اسماعیلی ع. میرزاجانی ع. ۱۳۸۵. ارزیابی زیستی رودخانه چافرود (استان گیلان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوز. مجله علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۱): صفحات ۲۴۷ تا ۲۵۷.

ایستگاه دوم (۹۷ عدد) که در معرض زه آب‌های کشاورزی و همچنین بار مواد آلی بودند به خوداختصاص دادند. مدل‌سازی مبتنی بر رابطه بین صفات درشت بی‌مهرگان کفزی و شرایط محیطی رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آن نشان داد که برای دستیابی و تفسیر دقیق از یک اکوسیستم بهتر است تمام عوامل زیستی و غیر زیستی بصورت غیر خطی و از طریق بکارگیری رابطه عملکردی مورد ارزیابی قرار گیرد (Forio et al., 2018). بر اساس نتایج به‌دست آمده از آنالیز شاخص زیستی هیلسنهوف، در فصول مختلف سال این شاخص در محدوده بین ۶/۲۵ تا ۶/۷۵ است که نشان از کیفیت نسبتاً ضعیف و ضعیف آب رودخانه ساری‌سو (قراوه) است. در همین ارتباط، صادقی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی کیفیت آب رودخانه انجیره (فارس) توسط شاخص زیستی هیلسنهوف گزارش دادند که این رودخانه با مقدار عددی ۵/۹۱ جزء رودخانه‌های با درجه آلودگی متوسط می‌باشد. همسو با مطالعه حاضر، ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۶) بر اساس شاخص هیلسنهوف کیفیت آب رودخانه تجن را در طبقه نسبتاً ضعیف و ضعیف قرار دادند. گرم شدن هوا و کاهش نزولات جوی، برداشت بی‌رویه آب از طریق منحرف کردن مسیر رودخانه و پمپاژ آب از رودخانه به درون زمین‌های کشاورزی، ورود فاضلاب‌های کشاورزی، روستایی و شهری، برداشت شن و ماسه از رودخانه همه تهدیدات زیست محیطی هستند که در حال تخریب کردن رودخانه‌ها می‌باشند. این عوامل تخریبی باعث تغییر کیفیت آب و در نتیجه تغییر در ساختار فراوانی و تنوع ماکروبنتوزها می‌گردند (Simeonov et al., 2002).

منابع

ابراهیمی ع.، فتحی پ.، قدرتی ف.، نادری جلودار م.، پیرعلی زفره‌ئی ا.ر. ۱۳۹۶. ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های کیفی و زیستی. مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۵): صفحات

- Proceedings-oklahoma Academy of Science* 75, 39-44.
- Bauer W. 1980. Quality of water and evaluate, Verlag Paul Parey, Hamburg und. Berlin. 540 p.
- Bordalo A., Nilsumranchit W., Chalermwat K. 2001. Water quality and uses of the Bangpakong River (Eastern Thiland). *Water Research journal*, 15, 3635-3642.
- Borja A., Franco J., Perez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100-1114.
- Bortone S.A. 2005. Estuarine indicators. CRC Press. 530 p.
- Damanik-Ambarita M.N., Lock K., Boets P., Everaert G., Nguyen T.H.T., Forio M.A.E., Dominguez-Granda L. 2016. Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters* 57, 27-59.
- Diaz R.J., Solan M., Valente, R.M. 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *Journal of Eavironmental Management* 73, 165-181.
- Elliott J.M., Humpesch U.H., Macan T.T. 1988. Larvae of the British Ephemeroptera: A key with ecological notes. Freshwater Biological Association, Scientific Publication. 146 p.
- Forio M.A.E., Goethals P.L., Lock K., Asio V., Bande M., Thas O. 2018. Model-based analysis of the relationship between macroinvertebrate traits and environmental river conditions. *Environmental Modelling and Software* 106, 57- 67.
- Hilsenhoff W.L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7(1), 65-68.
- Jahnig S., Qinhua C. 2010. River water quality assessment in selected yangtze tributaries: background and method development. *Journal of Earth Science* 6, 876-81.
- Jiang J.G. 2006. Development of a new biotic index to assess freshwater pollution. *Environmental Pollution* 139, 306-317.
- Jindal R., Sharma C. 2011. Biomonitoring of pollution in river Sutlej. *International Journal of Environmental Sciences* 2(2), ۱۳۸۸. ارزیابی زیستی رودخانه لاسم (شهرستان آمل-استان مازندران) با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ بی مهرگان کفزی. *مجله علوم زیستی واحد لامیجان*، ۱(۳): صفحات ۵۱ تا ۶۱.
- لطفی ع.، زارع شهرکی م. ۱۳۹۷. بررسی تراکم و شناسایی جوامع بی مهرگان کفزی دریاچه سد کمال صالح اراک. *فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری*، ۱۰(۱): صفحات ۳۴۹ تا ۳۵۶.
- محبوبی صوفیانی ن.ا.، نادری غ. ۱۳۷۹. کلید شناسایی بی مهرگان نهرها و رودخانه ها. کویگی، م. (مؤلف)، مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، ۱۳۱ صفحه.
- میررسولی ا.، قربانی ر. ۱۳۹۰. ارزیابی زیستی رودخانه زرین گل (استان گلستان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتنوزها. *شیلات*، ۶(۴): صفحات ۳۵۷ تا ۳۶۹.
- نوروزی م.، هاشمی م. ۱۳۹۵. با ارزیابی زیستی فون کفزیان رودخانه نور رود در منطقه بلده نور. *فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری*، ۸(۳): صفحات ۱۷۵ تا ۱۸۲.
- American Public Health Association (APHA), 1998. In: L. Clescert, A. Greenberg, A. Eaton (Eds.), Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. Washington, USA.
- Arimoro F.O., Ikomi R.B., Efemuna, E. 2007. Microinvertebrate community patterns and diversity in relation to water quality status or River Ase, Niger Delta, Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 2(5), 337-344.
- Asadollahfardi G. 2009. Application of water quality indices to define surface water quality in Tehran. *International Journal of Water* 1, 51-69.
- Azrina M.Z., Yap C.K., Ismail A.R., Ismail A., Tan, S.G. 2006. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macro invertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 64, 337-347.
- Bass D. 1995. Species composition of aquatic macroinvertebrates and environmental conditions in Cucumber Creek.

- index for assessing infaunal communities on the Southern California mainland shelf. *Ecological Applications* 11(4), 1073-1087.
- Wang L., Paul W.S. 2006. Introduction to Landscape Influences on Stream Habitats and Biological Assemblages American Fisheries Society Symposium 48, 1-23.
- Wong A., Japerea B., Tran H. 2006. Improvement of river water quality through a seasonal effluent discharge program (SEDP). *Water, Air, and Soil Pollution Journal* 176, 113-137.
- Xiaoyun F., Baoshan C., Zhiming Z.H. 2012. Spatial variations of river water quality in Pearl Delta, China. *Front. Journal of Earth Science* 6(3), 291-296.
- Yoon S.J., Hong S., Kwon B.O., Ryu J., Lee C.H., Nam J., Khim J.S. 2017. Distributions of persistent organic contaminants in sediments and their potential impact on macrobenthic faunal community of the Geum River Estuary and Saemangeum Coast, Korea. *Chemosphere* 173, 216-226.
- Zhadin V.I., Gerd S.V. 1970. Fauna and flora of the rivers, lakes and reservoirs of the USSR. Jerusalem. pp. 49-100.
- 863- 872.
- Krebs C.J. 1994. Ecology the experimental analysis of distribution and abundance. 4th ed. Harper Collins. New York. pp: 200-240.
- Lental D. 1993. A biotic index for Southeastern United States, Derivation and list of tolerance values with criteria for assessing water quality ratings. *JNABS* 12, 179-290.
- Lerberg S.B., Holland A.F., Sanger D.M. 2000. Responses of tidal creek macrobenthic communities to the effects of watershed development. *Estuaries* 23, 838-853.
- Leunda P.M., Oscoz J., Miranda R., Arino A.H. 2009. Longitudinal and seasonal variation of the benthic macroinvertebrate community and biotic indices in an undisturbed Pyrenean river. *Ecological Indicators* 52-63.
- Margalef R. 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada* 6, 59-72.
- Newman M.C., Roberts M.H. and Hale, J.R.C. 2001. Coastal and estuarine risk assessment. Lewis Publishers. CRC Press. 347p.
- Puri P.J., Yenkie M.K.N., Sangal S.P., Gandhare N.V., Sarote G.B., Dhanorkar, D.B. 2011. Surface water (lakes) quality assessment in Nagpur City (India) based on water quality index (WQI). *Rasayan Journal of Chemistry* 4(1), 43-48.
- Ruibin Z., Xin Q., Huiming L., Xingcheng Y., Rui Y. 2012. Selection of optimal river water quality improvement programs using QUAL2K: A case study of Taihu Lake Basin, China. *Science of Total Environment Journal* 431, 278-85.
- Shannon C.E., Weaver W. 1963. The Mathematical theory of communications. University of Illinois Press. Urbana. 117 p.
- Sharma, R.C., Rawat, J.S. 2009. Monitoring of aquatic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands: A case study in the Central Himalayas, India. *Ecological Indicators* 9(1), 118-128.
- Simeonov V., Einax J.W., Stanimirova I., Kraft, J. 2002. Environ metric modeling and interpretation of river water monitoring data. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 374, 898-905.
- Smith R.W., Bergen M., Weisberg S.B., Cadien D., Dalkey A., Montagne D., Stull, J.K., Velarde, R.G. 2001. Benthic response

Evaluation of ecological and biochemical indices of macrobenthic community in the Sari-Su River (Qarnaveh)

Maryam Alizadeh^{*1}, Seyed Abbas Hosseini¹, Hojatollah Jafaryan², Rasoul Ghorbani¹,
Mohammad Gholizadeh²

¹Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

²Department of Fisheries, Faculty of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

*Corresponding author: alizadeh.shill89@gmail.com

Received: 2018/7/30

Accepted: 2018/11/18

Abstract

Macrobenthic communities typically change in response to alternation of the abiotic conditions and human interferences. The aim of this research was to study the macrobenthic community structure dynamics and a biological evaluation of water quality in Sari-Su River. For this purpose, samples were collected seasonally from four stations (Fountains, Agriculture, Rural and Urban) from 2016 to 2017. Samples were collected using Sorber sampler. A total of 1061 species belonging to eight order and eighteen families, including Ephemeroptera (46%), Diptera (40%), Oligocheta (7%), Odonata (4%) and Trichoptera (3%) were identified. The abundance and diversity of macrobenthos showed a significant spatial and temporal differences. The stations 1 (42%) and 2 (36%) have the highest densities of macrobenthic, station 4 in urban area (6%) has less. Multi-dimensional Scaling (MDS) and clustering analysis showed that, due to the frequency of Ephemeroptera and Diptera orders at stations 2, 3 and 4 of all seasons, the groups are separated in 4 separate sections. Also, the results indicate that the highest Shannon-Weaver (1.66) and Margalof (1.64) were in stations 2 and 3 and in all seasons. One-way analysis of variance showed that water temperature, pH and ammonia were significant difference between seasons. The Hillsenhof index was found to be the highest and lowest in spring (6.75) in autumn (6.25), respectively. There was significant correlations between the different index of biological and some water parameters. Garbage evacuation, agricultural drainage, animal waste are the main causes of the water quality decrease in the studied stations. According to water quality indicators of Sari-Su River, the upstream area are without pollution (Oligosaprobic) and down land area has the highest pollution (Polysaprobic).

Keywords: Macrobenthic, Water quality, Biological evaluation, Sari-Su River.