Archive of SID

ارزیابی الگوی پراکنش فصلی و تنوع زیستی جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی در رودخانه آجی‌سو (استان گلستان)

- **مریم علی‌زاده***: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **سیدعباس حسینی**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **حجت ا... جعفریان**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
- **رسول قربانی**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **محمد قلی‌زاده**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۷

چکیده

جوامع بنتیک به‌عنوان شاخص زیستی در اکوسیستم‌های آبی مطرح می‌باشند. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی زیستی رودخانه آجی‌سو براساس ساختار جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی بود. نمونه‌های کفزی به‌صورت فصلی از چهار ایستگاه (با ۳ تکرار) به‌مدت یک‌سال با استفاده از نمونه‌بردار سوربر با سطح پوشش ۳۰×۳۰ سانتی‌متر جمع‌آوری شدند. در مجموع تعداد ۱۱۰۶ نمونه از موجودات کفزی شناسایی شدند که بیش‌ترین فراوانی به‌ترتیب مربوط به رده دوبالان و یک‌روزه‌ها در فصل پاییز بود درحالی‌که سایر گروه‌ها فراوانی ناچیزی داشتند. بیش‌ترین پراکنش درشت بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های ۲ (۳۷ درصد) و۳ (۲۹ درصد) به‌دست آمد. مقیاس‌گذاری چند بعدی (MDS) و نمودار خوشه‌بندی به‌دلیل فراوانی راسته Diptera، Oligocheta و Ephemeroptera در ایستگاه‌های ۲، ۳ و ٤ فصل پاییز و تابستان، درشت بی‌مهرگان کفزی ۳ گروه مجزا از یکدیگر نشان داند. شاخص تنوع (شانون- وینر)، شاخص غالبیت (سیمپسون) و غنای گونه (مارگالف) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین شاخص تنوع (۱/۳٦ ±۰/۱٦)، شاخص غالبیت (۰/۷۷ ±۰/۰۳) و غنای گونه (۱/۰±۳۷/۲۱) در فصل پاییز بود، درحالی‌که کم‌ترین مقدار در فصل گرم (تابستان) به‌دست آمد. همبستگی معنی‌داری بین شاخص‌های مختلف زیستی و برخی از پارامترهای آب ازجمله دما، اکسیژن محلول، شوری، هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول وجود دارد. به‌طورکلی مشخص گردید که حشرات آبزی، جمعیت غالب درشت بی‌مهرگان کفزی رودخانه آجی‌سو را تشکیل می‌دهند. درشت بی‌مهرگان کفزی در فصل پاییز بیش‌ترین فروانی و تنوع زیستی را به‌خود اختصاص دادند.

کلمات کلیدی: ماکروبنتوزها، ترکیب جمعیت، رودخانه آجی‌سو، شاخص‌های بیولوژیکی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:alizadeh.shill89@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بررسی نهرها و رودخانه‌ها نه تنها در تشخیص سلامت اکوسیستم‌ها مهم هستند بلکه می‌توانند نشانگر فشارهای احتمالی وارده از محیط اطراف نیز باشند. محققین اظهار دارند که در یک اکوسیستم آبی تراکم، تنوع، حضور یا عدم حضور یک موجود زنده گیاهی و یا جانوری می‌تواند به‌عنوان شاخص یا شناساگر زیستی محسوب شده و منعکس کننده صفات زیستی و شیمیایی اکوسیستم باشد (Parr و Mason، ۲۰۰۳). در بررسی‌های اکولوژیک برخی از جانوران کفزی ازجمله بی‌مهرگان آبزی به‌عنوان شاخص بیولوژیکی همواره مورد توجه محققین بوده‌اند زیرا آنان سریعاً به آلودگی‌های منطقه مانند پساب‌های کشاورزی و صنعتی و فاضلاب‌های انسانی پاسخ‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Malloy و همکاران، ۲۰۰۷). بخش عمده بی‌مهرگان در بستر آب زندگی می‌کنند که در این بین حشرات بیش‌ترین فراوانی را در رودخانه‌ها دارند. آن‌ها از نظر مقاومت در برابر شدت آلودگی و کاهش اکسیژن با یکدیگر متفاوت بوده و در مورد برخی از گونه‌ها این تفاوت فاحش‌تر است. به‌طوری‌که بعضی از گونه‌ها در آب‌های کاملاً تمیز و عاری از هر گونه آلودگی و بعضی در آب‌هایی با آلودگی زیاد قادر به ادامه حیات هستند (Berger و همکاران، ۲۰۱۷). این توضیحات اهمیت مطالعات بیولوژیک آب‌های جاری را نمایان‌تر می‌سازد، زیرا ممکن است یک موج آلودگی در مسیر رودخانه ایجاد شود و پس از چند ساعت و یا چندروز برطرف گردد و مطالعات شیمیایی و یا فیزیکی و باکتریولوژیک آب نیز پس از آن هیچ‌گونه آلودگی را نشان ندهد. ولی در صورت ایجاد یک آلودگی نسبتاً شدید در آب، موجودات حساس به آلودگی آب مانند حشراتی از راسته بهاره‌ها (Plecoptera) به‌سرعت از بین خواهند رفت. درصورتی‌که آب آلودگی قابل ملاحظه‌ای نداشته باشد این موجودات در آب‌های جاری زیست می‌کنند. ماکروبنتوزها به‌عنوان یک شاخص زیستی بیان‌کننده شرایط حاکم بر محیط زندگی خود هستند، بدین‌جهت تعیین تنوع، فراوانی و تغییرات فصلی آن‌ها نقش به‌سزایی در تعیین توان تولید طبیعی نهایی رودخانه، تقسیم‌بندی رودخانه از نظر آلودگی و قضاوت نهایی بر این اکوسیستم خواهد داشت (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰). علاوه بر اهمیتی که این موجودات در مشخص کردن میزان آلودگی آب‌ها دارند، در تغذیه ماهی‌ها و برآورد استعداد رودخانه برای پرورش آبزیان نیز با اهمیت می‌باشند، زیرا بسیاری از انواع ماهی‌ها از لارو حشرات، کرم‌ها و سخت‌پوستان آبزی تغذیه می‌کنند. بنتوزها یا بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان دومین یا سومین سطح غذایی نقش مهمی در تغذیه آبزیان، جابه‌جایی و چرخش مواد غذایی در اکوسیستم آبی دارند و می‌توانند به‌عنوان نمایه‌ای از میزان کل تولیدات بوده و برای برآورد استعداد زیستی رودخانه استفاده نمود. ماکروبنتوزها در آب شاخصی برای کیفیت آب محسوب می‌گردند (Thompson و Lowe، ۲۰۰۴)، به این دلیل برای پی بردن به وضعیت منابع آبی و طبقه‌بندی کیفی آن مطالعه بیولوژی آب‌ها یا ارزیابی زیستی (Bioassessment) صورت می‌گیرد (Walen، ۲۰۰۲). علاوه بر شناسایی بررسی شاخص‌های تنوع و کیفی زیستی ازجمله شاخص‌های کاربردی در ارزیابی زیستی می‌باشند که به کمک آن‌ها می‌توان به ارزیابی وضعیت سلامت یک اکوسیستم پرداخت. نظر به اهمیت موضوع مطالعات زیستی و بوم‌شناختی منابع آبی در مدیریت سلامت رودخانه‌ها در برابر آلودگی‌های مختلف تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است. خسروانی و همکاران (۱۳۹۳)، ارزیابی زیستی رودخانه حاجی‌آباد استان هرمزگان با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوز بررسی نمودند. یحیوی (۱۳۷۹) در بررسی میزان تولیدات بی مهرگان رودخانه کرج بی‌مهرگان آبزی هم‌چون افمروپترا، تری‌کوپترا، پلی‌کوپترا، کلوپترا، دیپترا، توربلاریا و آنلیدا را شناسایی کردند. قانع‌ساسان‌سرایی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه بی‌مهرگان رودخانه مادرسو از شاخه‌های رودخانه گرگان‌رود بیش‌ترین فراوانی جوامع کفزی را مربوط به لاروهای افمروپترا، تریکوپترا و شیرونومیده مشاهده نمود. بررسی جوامع ماکروبنتوز در نهر مادرسو گلستان، رودخانه‌های طالقان و رودخانه محمدآباد گلستان نشان داد که بیش‌تر خانواده‌های شناسایی شده شامل افمروپترا، تریکوپترا و دیپترا هستند که همگی حشرات آبزی می‌باشند (جرجانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ فرهنگی و تیموری‌یانسری، ۱۳۹۱). بررسی تغییرات شاخص تنوع شانن و شاخص‌های یکنواختی در ۴ ایستگاه رودخانه‌های Veli و Kadinamkulam (Sharma و Rawat، ۲۰۰۹)، ارزیابی شاخص‌های زیستی براساس جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ۴ ایستگاه تالاب Asan واقع در دامنه‌های هیمالیای مرکزی برای یک دوره یک‌ساله (Azrina و همکاران، ۲۰۰۶)، مورد مطالعه قرار گرفته است. در یک اکوسیستم آبی علاوه بر شناسایی و بررسی تراکم و تنوع ماکروبنتوزها، آگاهی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب می‌تواند در روند مدیریت پایدار برای پیشگیری از افزایش آلودگی قابل توجه باشد. تراکم، پراکنش و تنوع درشت بی‌مهرگان کفزی تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد که ازجمله می‌توان به ساختار بستر، میزان مواد آلی موجود در بستر، دمای آب، شوری، اکسیژن محلول، پی‌اچ، کدورت و غیره اشاره کرد (Mclusky، ۱۹۹۰). با توجه به اهمیت شناخت و بررسی منابع آبی جهت اعمال مدیریت بهینه، هدف از این مطالعه بررسی اثر عوامل محیطی بر الگوی پراکنش فصلی و تنوع زیستی جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی در رودخانه آجی‌سو بود.

www.SID.ir

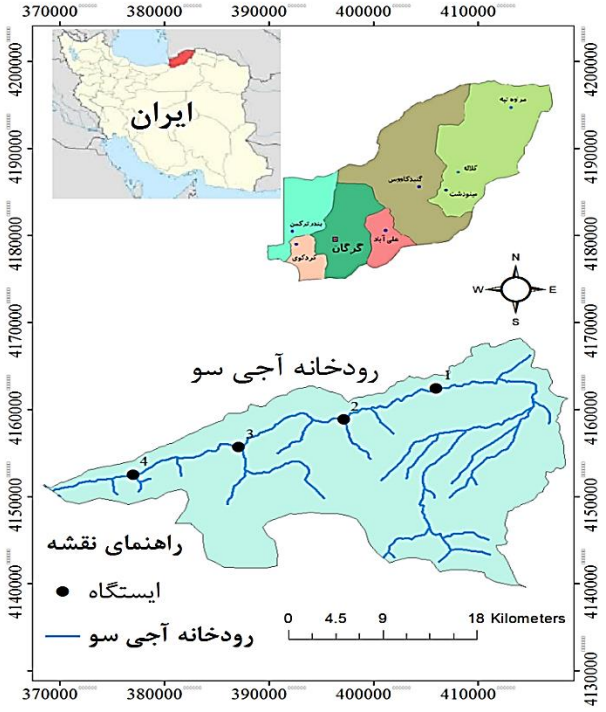
Archive of SID

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و مدت زمان نمونه‌برداری: استان گلستان با توجه به موقعیت اقلیمی دارای رودخانه‌های پرآب مانند رودخانه قره‌سو، گرگانرود و اترک هستند. رودخانه اترک از کوه‌های استان خراسان با طول ۵۴۵ کیلومتر در قسمت شمالی استان گلستان با جهت شرقی- غربی جریان دارد. رودخانه آجی‌سو با عرض جغرافیایی ("۲۶ '۱ °۳۸) ۳۸/۰۲۳۸۲ و طول جغرافیایی ("۱۵ '۵۶ °۵۵) ۵۵/۹۳۷۴۹ یکی از شاخه‌های مهم رودخانه اترک می‌باشد. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری (ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) در رودخانه آجی‌سو استان گلستان در جدول ۱ اراده شده است. جهت مشخص نمودن ایستگاه‌های نمونه‌برداری ابتدا وضعیت جغرافیایی منطقه به‌لحاظ گستره، قابلیت دسترسی، شناسایی کاربری اراضی، عمق رودخانه‌های نمونه‌برداری مشخص گردید و با کمک GPS به ثبت رسید (جدول ۱). نمونه‌برداری به‌صورت فصلی در طول یک‌سال با نمونه‌بردار سوربر ۳۰×۳۰ سانتی‌متر برای تعیین فراوانی و شناسایی موجودات کفزی در ایستگاه‌های تعیین شده انجام گرفت. محل نمونه‌برداری در عرض رودخانه (در کرانه راست، کرانه چپ و میانه رودخانه) انتخاب می‌شود. سنگ‌های بزرگ درون قاب توری برداشته شده و با آرامی موجودات روی آن تمیز شده به طوری‌که این موجودات به‌طرف داخل تور جاری شوند. همه سنگ‌ها، برگ درختان، پلاستیک، چوب و غیره درون قاب مربع جمع‌آوری گردید. این عمل به‌صورت تصادفی در هر ایستگاه ۳ بار تکرار شد. پس از نمونه‌برداری با سوربر محتویات تور درون تشت‌های پلاستیکی خالی شده و موجودات چسبیده به دیواره‌های آن جدا شد، تمامی موجودات با کمک یک الک آزمایشگاهی جمع‌آوری و سپس با فرمالین ۴ درصد تثبیت شد (Bauer، ۱۹۸۰). روی ظروف حاوی نمونه تاریخ، مشخصات ایستگاه و تعداد تکرار نمونه‌برداری ثبت می‌شود. نمونه‌های جمع‌آوری شده از هر ایستگاه به آزمایشگاه شیلات دانشگاه گنبد کاووس برای جداسازی و شناسایی انتقال یافت.

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و برخی از پارامترهای محیطی در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی N	عرض جغرافیایی E	جنس بستر	عوارض موثر
۱	"۳۷°۳۴'۵۴	"۵۵°۵۰'۵۲		محدوده چشمه
۲	"۳۷°۳۴'۲۴	"۵۵°۴۹'۳۷	ماسه‌ای-	کشاورزی
۳	"۳۷°۳۴'۳۹	"۵۵°۴۷'۱۱	سنگلاخی	روستایی
۴	"۳۷°۳۲'۳۹	"۵۵°۴۲'۳۲		-



شکل ۱: نقشهٔ منطقه مطالعاتی از رودخانه آجی‌سو (یل‌چشمه)، استان گلستان، ایران

شناسایی و بررسی تنوع زیستی ماکروبنتوزهای رودخانه: برای شناسایی نمونه‌ها ابتدا آن‌ها را در الک ریخته و کاملاً شستشو داده و سپس در زیر لوپ و میکروسکوپ با کلیدهای شناسایی بنتوزهای رودخانه‌ای (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰؛ Leunda و همکاران، ۲۰۰۹) اقدام به شناسایی شد. (فراوانی) و تعداد هر نمونه (در حد جنس) براساس ابعاد وسیله نمونه‌برداری محاسبه شد. برای بررسی تنوع ماکروبنتوزها از شاخص‌های زیر استفاده شد که عبارتند از:

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 و Wearer، ۱۹۶۳):

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} \frac{Ni}{N} \operatorname{Ln} \frac{Ni}{N}$$

شاخص تنوع سیمپسون که در این رابطه D شاخص سیمپسون، N تعداد کل افراد جمعیت، Ni جمعیت هرگونه، S تعداد کل گونه‌ها است (Krebs، ۱۹۹۴):

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{s} ni\,(ni-1)}{N\,(N-1)}$$

شاخص یکنواختی که در آن مقدار شانون محاسبه شده در هر ایستگاه نمونه‌برداری بر لگاریتم تعداد کل گونه‌ها تقسیم می‌گردد و با فرمول زیر محاسبه می‌گردد (Bass، ۱۹۹۵):

$$J = \frac{H'}{\log s}$$

شاخص منهینیک که در این رابطه D_{Mn} منهینیک، S تعدادگونه‌ها و N فراوانی کل گونه‌ها است (Mitra و همکاران، ۲۰۰۴):

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص غنای مارگالف که در این رابطه Ri شاخص مارگالف، S تعداد گونه‌ها و N فراوانی کل گونه‌ها است (Margalef، ۱۹۵۱): $R_i = \frac{S-1}{LN(N)}$

پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه: در محل نمونه‌برداری، برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب شامل درجه حرارت، اکسیژن محلول، پی‌اچ، شوری، هدایت‌الکتریکی با دستگاه Hack (Model 2000) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری آمونیاک، نیترات، فسفات آب با استفاده از روش کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا (APHA، ۲۰۰۵) صورت پذیرفت.

روش آماری: جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگراف اسمیرنوف و برای یکنواختی واریانس‌ها از تست لون استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل فراوانی درشت بی‌مهرگان در فصول و ایستگاه‌های مختلف از آنالیز واریانس یک‌طرفه 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 همسبتگی پیرسون نیز برای بررسی روابط بین عوامل محیطی و درشت بی‌مهرگان کفزی استفاده شد. کلیه محاسبات آماری و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ و SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

نتایج

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در جدول ۲ ارائه شده است. تفاوت معنی‌دار دمای آب در فصول مختلف سال به ثبت رسید ($p<0/05$). بر این اساس با افزایش دما، میزان اکسیژن محلول آب کاهش داشت اما از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نبود ($p>0/05$). فاکتورهایی که تحت تاثیر فصول دارای نوسانات معنی‌داری آماری بودند شامل شوری، هدایت الکتریکی، سختی کل و آمونیاک آب بود درحالی‌که در بقیه فاکتورها تفاوت محسوسی مشاهده نشد.

جدول ۲: فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه آجی‌سو در فصول مختلف سال

	تابستان	پاییز	زمستان	بهار
دمای آب (سانتی‌گراد)	۲۰/۶۵ ±۲/۳۵^{a}	۱۳/۵۷ ±۲/۷۵^{b}	۱۲/۵۷ ±۲/۷۰^{b}	۲۰/۵۲ ±۱/۸۸^{a}
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۸/۹۳ ±۰/۸۸	۱۰/۴۵ ±۱/۳۷	۱۰/۶۳ ±۱/۲۶	۸/۷۲ ±۰/۲۲
پی‌اچ	۷/۴۰ ±۰/۱۹	۷/۴۸ ±۰/۳۰	۷/۴۴ ±۰/۲۶	۷/۴۲ ±۰/۰۹
شوری (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۴۰ ±۰/۰۴^{a}	۰/۳۶ ±۰/۰۲^{ab}	۰/۳۱ ±۰/۰۱^{b}	۰/۳۴ ±۰/۰۲^{ab}
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۸۱۷/۲۵ ±۹۵/۲۲^{a}	۷۵۲/۰۰ ±۴۴/۱۴^{ab}	۶۴۲/۷۵ ±۵۹/۵۵^{b}	۸۱۸/۳۱ ±۹۱/۱۰^{a}
سختی کل	۲۶۰/۰۰ ±۳۲/۶۵^{a}	۱۷۰/۰۰ ±۴۰/۰۹^{b}	۱۶۰/۲۵ ±۳۶/۷۵^{b}	۲۴۸/۵۰ ±۳۳/۶۴^{a}
آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۱۶ ±۰/۰۰۳^{a}	۰/۰۰۵ ±۰/۰۰۲^{b}	۰/۰۰۵ ±۰/۰۰۲^{b}	۰/۰۱۴ ±۰/۰۰۲^{a}
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۲/۹۷ ±۰/۹۵	۲/۷۰ ±۰/۳۲	۲/۵۸ ±۰/۳۴	۲/۸۹ ±۰/۹۱
نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۲۴ ±۰/۰۱۹	۰/۰۱۹ ±۰/۰۱۴	۰/۰۱۶ ±۰/۰۱۰	۰/۰۲۲ ±۰/۰۱۸
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۱۳ ±۰/۰۰۴	۰/۰۱۵ ±۰/۰۰۴	۰/۰۱۵ ±۰/۰۰۴	۰/۰۱۱ ±۰/۰۰۰
کل مواد جامد محلول	۴۰۱/۵۰ ±۴۸/۵۱	۳۶۷/۷۵ ±۲۲/۷۳	۳۷۲/۷۵ ±۱۷/۴۰	۳۹۷/۴۳ ±۴۶/۶۸

وجود حروف لاتین در هر ردیف نشان از تفاوت معنی‌دار آماری است ($p<0/05$)

تعداد ۱۱۰۶ نمونه درشت بی مهرگان کفزی از رودخانه آجی‌سو واقع در شرق استان گلستان صید، جداسازی، شناسایی و شمارش شدند. همان‌طورکه در جدول ۳ مشخص است در رودخانه آجی‌سو (یل چشمه) بیش‌ترین تعداد درشت بی‌مهرگان کفزی از راسته دوبالان (Diptera) شامل خانواده‌های Chironomidae و Simulidae و راسته یک‌روزه‌ها (Ephemeroptera) شامل خانواده‌های Baetidae و Caenidae بود. بیش‌ترین تنوع گروه‌های شناسایی شده به‌ترتیب مربوط به راسته دوبالان و یک‌روزه‌ها است درحالی‌که سایر گروه‌های کفزی فراوانی و تنوع کم‌تر بود که در جدول ۳ نشان داده شده است.

درصد فراوانی درشت بی‌مهرگان کفزی رودخانه آجی‌سو طی فصول مختلف سال مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲). Diptera در فصل پاییز نسبت به دیگر فصل‌ها از درصد فراوانی بیش‌تری برخوردار بود. Coleoptera به تعداد کم فقط در فصل پاییز دیده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین درصد فراوانی Ephemeroptera به‌ترتیب در فصل پاییز و تابستان مشاهده شد. بیش‌ترین درصد فراوانی Mollusca در فصل تابستان بود درحالی‌که فصل زمستان این راسته مشاهده نشد. بررسی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که بیش‌ترین درصد فراوانی به‌ترتیب در ایستگاه ۲ تعداد ۴۱۲ نمونه (۳۷ درصد) فصل پاییز و کم‌ترین درصد فراوانی در ایستگاه ۱ تعداد ۱۲۱ نمونه (۱۱ درصد) در فصل‌های پاییز و زمستان مشاهده شد (شکل ۳). در ایستگاه‌های ۳ و ۴ درصد فراوانی به‌ترتیب ۲۹ و ۲۳ درصد به ثبت رسید.

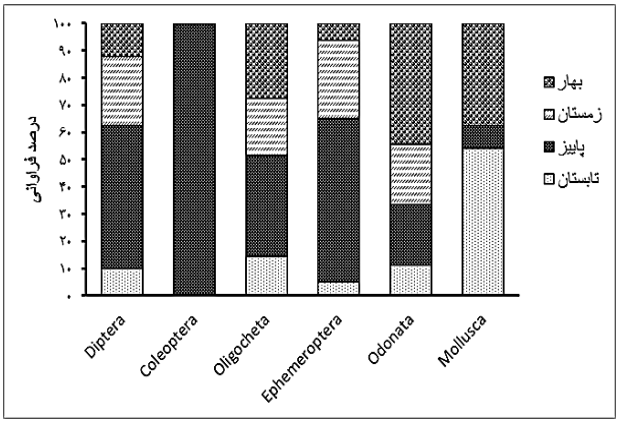
www.SID.ir

Archive of SID

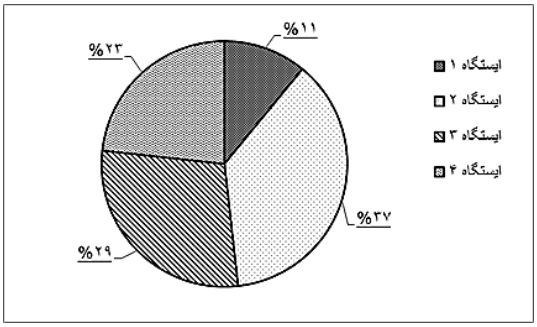
جدول ۳: فراوانی درشت بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در رودخانه آجی‌سو

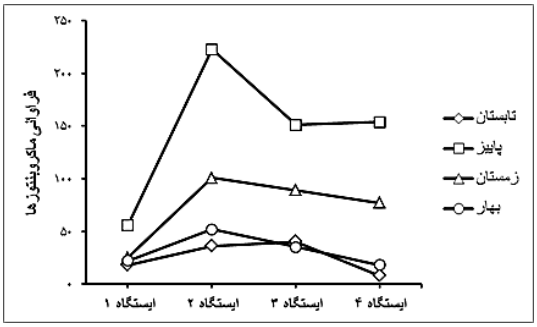
بزرگ بی‌مهرگان کفزی		رودخانه آجی‌سو			
راسته	خانواده	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴
Ephemeroptera	Caenidae	۲۱	۵۷	۴۲	۲۷
	Baetidae	۳۰	۹۹	۷۵	۶۹
Diptera	Chironomidae	۲۸	۷۵	۹۱	۷۸
	Chironomidae pupae	۲	۲۹	۲۳	۱۷
	Simuliidae	۰	۶۸	۶۸	۴۹
	Simulidae pupae	۰	۳۸	۶	۳
	Tabanidae	۱۱	۳	۰	۰
Odonata	Gomphidae	۰	۳	۰	۰
	Coenagrionidae	۰	۰	۳	۲
Coleoptera	Dytiscidae	۰	۱	۰	۰
Oligocheta	Naididae	۱	۱۰	۶	۹
	Tubificidae	۵	۲۷	۱	۳
Mollusca	Physidae	۲۱	۰	۰	۰
	Decapoda	۲	۱	۰	۰

در مقیاس‌گذاری چندبعدی (MDS) و نمودار خوشه‌بندی، گروه‌های بی‌مهرگان کفزی به‌طور واضح به ۳ گروه تقسیم شدند (شکل ۴). در گروه اول که با فاصله زیاد نسبت به سایر گروه‌ها قرار گرفته است، شامل ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ از فصل پاییز می‌باشد. در این گروه راسته Diptera، Oligocheta و Ephemeroptera بیش‌ترین فراوانی را داشتند. در گروه دوم ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ از فصل زمستان به‌صورت گروهی مجزا بود که بیش‌ترین بی‌مهرگان کفزی در این گروه شامل راسته Diptera، Oligocheta و Ephemeroptera بود. در گروه سوم نیز ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ فصل بهار و تابستان و هم‌چنین ایستگاه ۱ از فصل پاییز و زمستان در فاصله کمی از هم واقع شده‌اند (شکل ۴). مقادیر عددی به‌دست آمده آزمون واریانس یک‌طرفه شاخص‌های زیستی- جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج شاخص شانون- وینر نشان داد که بیش‌ترین مقدار این شاخص در فصل پاییز برابر ۱/۶۳±۰/۱۶ به‌دست آمد. تفاوت معنی‌دار آماری در شاخص سیمپسون بین فصول مختلف به‌دست آمد ($p<0/05$) به‌طوری‌که بیش‌ترین آن در فصل پاییز (۰/۷۷/۰۳±۰/۰) و کم‌ترین در فصل (۰/۵۵/۱۴±۰/۰) به ثبت رسید. یکنواختی در فصل بهار (۰/۸۸/۱۰±۰/۰) به بیش‌ترین حد خود رسید. تفاوت آماری از نظر شاخص‌های مارگالف و مینهینیک وجود نداشت ($p>0/05$). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار شاخص مارگالف در فصل‌های پاییز و تابستان به‌ترتیب ۰/۲۱±۱/۳۷ و ۰/۳۸±۰/۹۹ به‌دست آمد.



شکل ۲: درصد فراوانی درشت بی‌مهرگان کفزی رودخانه آجی‌سو طی فصول مختلف سال

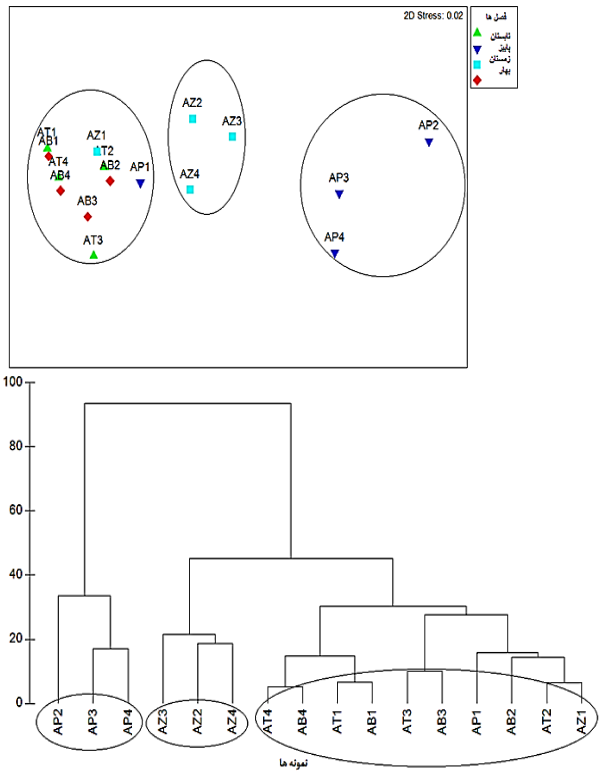




شکل ۳: فراوانی در هر ایستگاه و درصد فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی هر ایستگاه در رودخانه آجی‌سو

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴: پراکنش ماکروبنتوزهای رودخانه آجی‌سو در فصول مختلف سال

رودخانه (A)؛ فصول (T: تابستان، P: پاییز، Z: زمستان و B: بهار)؛ ایستگاه‌های نمونه‌برداری (۱، ۲، ۳ و ۴)

جدول ۴: مقادیر (انحراف معیار ± میانگین) شاخص‌های زیستی- جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه آجی‌سو در فصول مختلف

	تابستان	پاییز	زمستان	بهار
شانون– وینر	۱/۰۲±۰/۳۸	۱/۶۳±۰/۱۶	۱/۵۵±۰/۳۰	۱/۳۴±۰/۲۷
سیمپسون	۰/۵۵±۰/۱۴^{b}	۰/۷۷±۰/۰۳^{a}	۰/۷۵±۰/۰۷^{a}	۰/۷۰±۰/۰۷^{ab}
یکنواختی	۰/۷۳±۰/۲۰	۰/۶۷±۰/۰۴	۰/۸۴±۰/۰۵	۰/۸۸±۰/۱۰
مینهینیک	۰/۸۶±۰/۱۳	۰/۶۷±۰/۰۹	۰/۷۰±۰/۱۱	۰/۸۱±۰/۱۲
مارگالف	۰/۹۹±۰/۳۸	۱/۳۷±۰/۲۱	۱/۱۲±۰/۲۷	۱/۰۱±۰/۲۶

وجود حروف لاتین در هر ردیف نشان از تفاوت معنی‌دار آماری است (p<۰/۰۵)

رابطه همبستگی بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و شاخص‌های تنوع و غنای گونه رودخانه آجی‌سو در جدول ۵ مشخص شده است. رابطه معنی‌دار منفی بین دمای آب با شاخص‌های تنوع‌زیستی به‌دست آمد (r= -۰/۷۳, p<۰/۰۱) درحالی‌که این رابطه بین اکسیژن محلول و شاخص‌های تنوع به‌طور معنی‌داری مثبت بود (r=۰/۷۱, p<۰/۰۱). درفاکتورهای پی‌اچ، آمونیاک، نیترات و فسفات هیچ‌اختلاف‌معنی‌داری بین عوامل محیطی و شاخص‌های زیستی مشاهده‌نشد(p>۰/۰۵). شوری و هدایت الکتریکی فقط در شاخص‌های تنوع زیستی اختلاف معنی‌دار داشتند (p<۰/۰۵). کل مواد جامد محلول با شاخص‌های سیمپسون و مارگالف اختلاف منفی معنی‌دار داشت (r= -۰/۶۷, p<۰/۰۱).

جدول ۵: رابطه همبستگی بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و شاخص‌های تنوع زیستی در رودخانه آجی‌سو (* سطح معنی‌دار ۰/۰۵، ** سطح معنی‌دار ۰/۰۱)

	شانون- وینر	سیمپسون	یکنواختی	مینهینیک	مارگالف
دمای آب (سانتی‌گراد)	-۰/۷۳**	-۰/۷۳**	-	۰/۵۶*	-۰/۵۰*
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۷۱**	۰/۶۸**	-	-۰/۵۳*	۰/۵۲*
پی‌اچ	-	-	-	-	-
شوری (میلی‌گرم بر لیتر)	-۰/۵۲*	-۰/۵۷*	-	-	-
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	-۰/۵۳*	-۰/۵۱*	-	-	-
سختی کل	-۰/۶۵**	-۰/۶۱*	-	۰/۶۵**	-
آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-	-
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-	-
نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۵۱*		-	-	۰/۵۵*
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	-	-	-	-	-
کل مواد جامد محلول	-	-۰/۶۷**	-	-	-۰/۶۴**

بحث

رودخانه‌ها به‌عنوان بخشی از ثروت‌های طبیعی و ملی از اهمیت خاصی برخوردار هستند بنابراین به‌منظور حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع آبی رودخانه بهتر است شناخت کافی از کیفیت آب و پراکنش و تنوع جوامع آبزی داشت. مقایسه فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه آجی‌سو در فصول مختلف سال نشان داد که در فصل گرم سال با افزایش دمای آب میزان اکسیژن محلول آب کاهش و فاکتورهایی چون شوری، هدایت الکتریکی، سختی کل و آمونیاک نیز

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش یافت. افزایش شوری و آمونیاک در فصل گرم سال می‌تواند در فیزیولوژی موجودات کفزی اثرگذار باشد و میزان تولیدمثل آنان را پایین آورد و به‌عنوان یک عامل استرس‌زا روی جمعیت گونه‌ها تاثیر بگذارد(باقری‌توانی و همکاران، ۱۳۹۳).ازجمله‌مهم‌ترین جوامع حیاتی رودخانه‌ها منابع کفزیان(بنتوزها)هستند که شناسایی، بررسی فراوانی و تنوع آن‌ها به‌عنوان شاخص زیستی برای تعیین میزان آلودگی آب منطقه حائز اهمیت است (Jindal و Sharma، ۲۰۱۱) چراکه تحت تاثیر عوامل زیست‌محیطی تغییر می‌یابند. در این مطالعه بیش‌ترین فراوانی‌درشت‌بی‌مهرگان کفزی‌رودخانه آجی‌سو استان گلستان مربوط به حشرات آبزی شناسایی شده در خانواده‌های دوبالان (۵۷۹ عدد) و زودمیران (۴۲۰ عدد) است. در همین ارتباط، بررسی جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی در نهر مادرسو گلستان، رودخانه‌های طالقان و رودخانه محمدآباد گلستان نشان داد که بیش‌تر خانواده‌های شناسایی شده‌شامل Ephemeroptera، Trichoptera و Diptera هستند (جرجانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ فرهنگی و تیموری‌یانسری، ۱۳۹۱).شکل و ساختار کفزیان ممکن است از عواملی باشند که باعث شده تا این موجودات در شرایط سخت محیط رودخانه خود را در زیر سنگ‌ها با کمک چنگال‌ها بچسبانند. علاوه بر این، علفزارهای حاشیه رودخانه مکان مناسبی برای تجمع انواع ماکروبنتوزها است.

از عوامل اثرگذار بر کیفیت آب و در نتیجه ترکیب جمعیت درشت بی‌مهره‌گان آبزی ورود انواع پساب‌های می‌باشد که عدم کنترل آن‌ها باعث افزایش فراوانی موجوداتی مانند شیرونومیدها نسبت به موجودات گروه‌های حساس مانند یک‌روزه‌ها و بال‌موداران می‌شود (Barbour و همکاران، ۱۹۹۸). به این ترتیب که کمیت و کیفیت ورودی مواد آلی ناشی از فعالیت مزارع کشاورزی و یا پساب‌های خانگی به رودخانه می‌تواند بر ساختار انرژی و جوامع بی‌مهرگان کفزی تاثیر گذاشته و به این ترتیب سبب اختلالاتی در عملکرد اکوسیستم شود، زیرا در مناطقی که موادآلی زیادی بارگذاری می‌شود، نسبت ماکروبنتوزهای حساس به شیرنومیده کاهش و گروه‌های فیلترینگ افزایش می‌یابد(Rosenberg، ۲۰۰۴).مطالعه‌ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان‌داد که بیش‌ترین تراکم ماکروبینتوزها در ایستگاه ۲ (۳۷ درصد)، ایستگاه ۳ (۲۹ درصد) و کم‌ترین تراکم در ایستگاه ۱ (۱۱ درصد) به‌دست آمد. با فاصله گرفتن از سرچشمه رودخانه، ورود فاضلاب‌های کشاورزی و روستایی منجر به بیش‌تر شدن گروه‌های مقاوم ازجمله Chironomidae و Simuliidae شدند. حضور گونه‌ها در هر ایستگاهی به قابلیت سازگاری آن‌ها در برابر تغییرات محیطی، خصوصیات فیزیکو شیمیایی آب، نوع بستر، سرعت آب و نور قابل دسترس وابسته باشد. بیش‌تر این شاخص‌ها به خصوصیات بوم‌شناختی منطقه مانند آب و هوا، زمین‌شناسی و کاربری اراضی بستگی دارند (Omernik، ۱۹۸۷). ارزیابی کیفیت آب ۴ ایستگاه از رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های کیفی و زیستی به‌مدت یک‌سال نشان از این است که این منطقه در طبقه کیفی متوسط تا خیلی بد قرار دارد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶).خسروانی و همکاران(۱۳۹۳) در ارزیابی زیستی رودخانه حاجی‌آباد استان هرمزگان با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوز دریافتند که در برخی ایستگاه‌ها به‌دلیل ورود فاضلاب شهری و کشاورزی، بار موادآلی بالا بوده که فراوانی شیرنومیده زیاد شده است اما در برخی ایستگاه‌ها به‌علت دور شدن از شهر و خودپالایی رودخانه، آب نوسانات چندانی نداشت. به‌هرحال تغییرات زیاد در فراوانی کف‌زیان در ایستگاه‌های مختلف در یک محدوده زمانی کوتاه نشان‌دهنده تاثیر پارامترهای زیستی حتی تغییرات کم در هر یک از پارامترها روی فراوانی آن‌ها می‌باشد.

بیش‌ترین درصد فراوانی ماکروبنتوزها مانند راسته Diptera و Ephemeroptera در فصل پاییز مشاهده شد. راسته Coleoptera فقط در فصل پاییز یافت شد. راسته Mollusca در همه فصول وجود داشت اما در فصل زمستان نمونه‌ای یافت نشد. پراکنش زمانی موجودات متاثر از ویژگی‌های زیستی ازجمله چرخه‌حیات آن‌ها (اکبری و ابراهیمی، ۱۳۸۹)، احتمال چندنسلی بودن برخی از آن‌ها یا حمل ناخواسته آن‌ها توسط جریان آب طی فرایندهای شستشوی ارگانیز در فصول مختلف سال می‌باشد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۷). گزارش حفار و همکاران (۱۳۸۹)در ارزیابی زیستی رودخانه کر(استان فارس)در فصول مختلف سال با استفاده از ساختار جمعیتی ماکروبنتوز حاکی از آن است که بیش‌ترین درصد فراوانی در فصل بهار و زمستان در مقایسه با دیگر فصل‌ها بود. در مقیاس‌گذاری چندبعدی(MDS) و نمودار خوشه‌بندی، گروه‌های بی‌مهرگان کف‌زی به‌طور واضح به ۳ گروه مجزا تقسیم شدند. این مقیاس نشان می‌دهد که ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ فصل پاییز در یک گروه و ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ فصل زمستان در گروه دیگر قرار داشتند که ماکروبنتوزهای Diptera، Oligocheta و Ephemeroptera بیش‌ترین فراوانی را به‌خود اختصاص دادند.

به‌کارگیری شاخص‌های تنوع‌زیستی براساس ساختار اجتماعات بنتیک برای بررسی کیفیت آب و کسب بینش مستقیمی از سلامت زیستی اکوسیستم حائز اهمیت می‌باشد(Washington، ۱۹۸۴؛ Taylor، ۲۰۰۰). براساس شاخص شانون، هرچه مقدار آن کم‌تر و نزدیک به صفر باشد محیط آلوده‌تر می‌باشد. هم‌چنین افزایش میزان شاخص به بیش از ۳ نشانگر عدم آلودگی منبع آبی است (Wilhm و Land Dorris، ۱۹۶۸).کم‌ترین مقدار شاخص شانون در فصل تابستان (۰۲/۳۸±۱/۰) و بیش‌ترین آن در فصل پاییز (۶۳/۱۶±۱/۰) به‌دست آمد. این شاخص نشان داد که رودخانه آجی‌سو در محدوده منطقه با آلودگی متوسط (H´=۱-۲) قرار دارد. شاخص غالبیت سیمپسون نشان از درجه

www.SID.ir

Archive of SID

غالبیت است که با افزایش تنوع نیز کاهش می‌یابد و بین ۰ تا ۱ متغیر است. تفاوت معنی‌دار آماری در مقدار شاخص سیمپسون بین فصول سال به‌دست آمد به‌طوری که در فصل تابستان کم‌ترین مقدار این شاخص برابر ۰/۱۴±۰/۵۵بود.

کاهش تنوع گونه‌ای و افزایش آلودگی کیفی آب به‌دلیل استفاده از آب رودخانه برای زمین‌های کشاورزی و برداشت شن و ماسه می‌باشد که با نتایج Varnosfaderany و همکاران (۲۰۱۰)، Yokoyama و همکاران(۲۰۰۷)، Aura و همکاران(۲۰۱۰)وشکری‌ساروی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت داشت. شاخص مارگالف نشان از میزان غنی و فقیر بودن اکوسیستم آبی می‌باشد و هرچه مقدار عددی آن بیش‌تر باشد حاکی از سلامت بدنه آبی است (Jorgenson و همکاران، ۲۰۰۵). در مطالعه حاضر بیش‌ترین غنای گونه در فصل پاییز برابر ۱/۳۷±۰/۲۱ به‌دست آمد. گیلانی و همکاران (۱۳۹۲) با ارزیابی فون ماکروبنتوزهای رودخانه تجن در محدوده کارخانه چوب و کاغذسازی گزارش دادند که، دو عامل دما و آلودگی اثر مستقیمی بر تنوع و تراکم دارند که با افزایش دما نیز کاهش می‌یابد، در مطالعه حاضر با افزایش دما (فصل تابستان) تنوع و تراکم ماکروبنتوزهای کاهش یافت چرا که منطقه مطالعاتی حاضر جزء مناطق گرمسیر محسوب می‌شود و با افزایش دما مقدار حجم آب، عرض و عمق آب کاهش در نتیجه غلظت مواد آلی افزایش می‌یابد. آنالیز همبستگی پیرسن بین شاخص‌های زیستی (تنوع و غنای گونه) با پارامترهای آب نشان داد که، رابطه معنی‌دار منفی بین‌دمای آب با شاخص‌های تنوع‌زیستی به‌دست‌آمد ($p<0/05$) درحالی‌که این رابطه بین اکسیژن محلول و شاخص‌های تنوع به‌طور معنی‌داری مثبت بود($p<0/05$).در فاکتورهای پی‌اچ، آمونیاک، نیترات و فسفات هیچ اختلاف معنی‌داری بین عوامل محیطی وشاخص‌های زیستی مشاهده نشد ($p>0/05$). در دمای بالا فعالیت‌های بیولوژیکی افزایش یافته و به طبع مصرف اکسیژن محلول آب افزایش می‌یابد که این امر باعث کاهش تنوع زیستی می‌گردد.

نوروزی و هاشمی(۱۳۹۵)با ارزیابی زیستی فون کفزیان رودخانه نور رود در منطقه بلده نور گزارش دادند که فاکتورهای دبی و دمای آب بر تراکم و پی‌اچ بر تنوع ماکروبنتوزها اثرمعنی‌داری داشت. میانگین تنوع گونه‌ای شانون وینر ۱/۳۵ و غنای گونه‌ای مارگالف ۲/۴۰ به‌دست آوردند که به‌طورکلی این رودخانه از نظر آلودگی در درجه متوسط قرار داشت که با مطالعه حاضر مشابه بود. در تضاد با مطالعه حاضر، تجزیه و تحلیل کیفیت آب رودخانه Guayas کشور اکوادور بر اساس شاخص‌های ماکروبنتوز نشان داد که، سطوح مواد مغذی آب نسبتاً کم بوده و کشاورزی در آن منطقه که دارای شرایط گرمسیری است نمی‌تواند باعث تخریب اکوسیستم آبی شود (Damanik-Ambarita و همکاران، ۲۰۱۶).

به‌طورکلی باید توجه داشت که فرایندهای هیدرولوژیکی، منابع غذایی، پوشش گیاهی، بستر رودخانه و بسیاری ازعوامل دیگر به شدت بر ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های آبی اثر می‌گذارند (Stanford و همکاران، ۲۰۰۵) و برای مدیریت رودخانه‌ها بهتر است هرگونه فعالیت کشاورزی و صنعتی در منطقه تحت کنترل باشد و مطالعات زیستی به‌طور مستمر انجام شود.

در این پژوهش نمونه‌برداری از ماکروبنتوزهای رودخانه آجی‌سو (استان گلستان) منتهی به سد گلستان طی یک‌سال به‌صورت فصلی انجام شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین فراوانی مربوط به حشرات آبزی به‌ترتیب مربوط به‌راسته‌های دوبالان و یک‌روزه‌ها درایستگاه‌های ۲ و ۳ فصل پاییز به‌دست آمد. بیش‌ترین غالبیت شاخص تنوع و غنای گونه در فصل پاییز مشاهده شد. عوامل محیطی و شاخص‌های زیستی نشان دادند که این رودخانه آجی‌سو (یل چشمه) در وضعیت آلودگی متوسط می‌باشدو درصورت عدم‌مدیریت این‌منبع آبی‌در آینده به‌دلیل استفاده بی‌رویه از آب‌رودخانه،ورود سموم‌کشاورزی و فعالیت برداشت شن و ماسه در مسیر رودخانه این اکوسیستم آبی به محیطی آلوده تبدیل می‌گردد.

منابع

۱. **ابراهیمی، ع.؛ فتحی، پ.؛ قدرتی، ف.؛ نادری‌جلودار، م. و پیرعلی‌زفره‌ئی، ا.ر.، ۱۳۹۶.** ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های کیفی و زیستی. مجله علمی شیلات ایران. جلد ۲۶، شماره ۵، صفحات ۱۳۹ تا ۱۵۱.

۲. **ابراهیمی‌درچه، ع.؛ محبوبی‌صوفیانی، ن. و کیوانی، ی.، ۱۳۸۷.** نوسانات فصلی جمعیت درشت کفزیان رودخانه زاینده رود (از اصفهان تا ورزنه) با توجه به جنس بستر. مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۳، شماره ۶، صفحات ۶۶۵ تا ۶۸۰.

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

۴. **اکبری، پ. و ابراهیمی، ع.، ۱۳۸۹.** شناسایی و تعیین توده زنده فون بنتیک رودخانه زاینده رود (استان اصفهان). مجله زیست شناسی ایران. دوره ۵، شماره ۲۳، صفحات ۷۴۳ تا ۷۵۱.

۵. **باقری‌توانی، م.؛ نوروزی، م. و فریدی، ش.، ۱۳۹۴.** بررسی اثرات پساب کارخانه شن و ماسه برروی شاخص‌های زیستی، محیطی و بوم‌شناختی رودخانه تیروم (استان مازندران). مجله پژوهش‌های جانوری. دوره ۲۸، شماره ۱، صفحات ۹ تا ۲۰.

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

www.SID.ir

Archive of SID

۷. **حفار، م.، ۱۳۸۹.** ارزیابی زیستی رودخانه کر (استان فارس) در فصول مختلف با استفاده از ساختار جمعیتی ماکروبنتوز. مجله آبزیان و شیلات. دوره ۱، شماره ۲، صفحات ۲۱ تا ۳۴.

۸. **خسروانی، ش.؛ محمدی‌زاده، ف. و یحیوی، م.، ۱۳۹۳.** ارزیابی زیستی رودخانه حاجی‌آباد (استان هرمزگان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوز. مجله بوم‌شناسی آبزیان. سال ۴، جلد ۱، صفحات ۳۵ تا ۴۳.

۹. **شکری‌ساروی، م.؛ احمدی، م.ر.؛ رحمانی، ح. و کامرانی، ا.، ۱۳۹۳.** ارزیابی کیفیت آب براساس شاخص‌های زیستی هیلسنهوف، تنوع شانون- وینر و شاخص‌های محیطی در رودخانه تجن. فصلنامه علمی- پژوهشی علوم و فنون شیلات. دوره ۳، شماره ۴، صفحات ۴۳ تا ۵۵.

۱۰. **فرهنگی، م. و تیموری‌یانسری، م.، ۱۳۹۱.** شناسایی بزرگ بی‌مهرگان (بنتوز) رودخانه محمدآباد (استان گلستان). مجله محیط زیست جانوری. دوره ۴، شماره ۲، صفحات ۵۱ تا ۵۶.

۱۱. **قانع‌ساسان‌سرایی، ا.؛ احمدی، م.؛ اسماعیلی، ع. و میرزاجانی، ع.، ۱۳۸۵.** ارزیابی زیستی رودخانه چافرود (استان گیلان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوز. مجله علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۰، شماره ۱، صفحات ۲۴۷ تا ۲۵۷.

۱۲. **گیلانی، ف.؛ نوروزی، م. و فغانی، ح.، ۱۳۹۲.** ارزیابی فون ماکروبنتوزهای رودخانه تجن در محدوده کارخانه چوب و کاغذ مازندران، ساری. مجله شیلات. سال ۷، شماره ۱۴. صفحات ۳۷ تا ۴۴.

۱۳. **نوروزی، م. و هاشمی، م.، ۱۳۹۵.** با ارزیابی زیستی فون کفزیان رودخانه نور رود در منطقه بلده نور. فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری. سال ۸، شماره ۳، صفحات ۱۷۵ تا ۱۸۲.

۱۴. **یحیوی، م.، ۱۳۷۹.** مطالعه‌ای از توان تولید بی‌مهرگان در رودخانه کرج، مجله آبزیان. دوره ۸، شماره ۷۹، صفحات ۴۵ تا ۴۹.

۱۵. **American Public Health Association (APHA). 1998.** In: Clescert, L.; Greenberg, A. and Eaton, A., (Eds.), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition. Washington, USA.

۱۶. **Aura, C.M.; Raburu, P.O. and Hermann, j., 2010**. Macroinvertebrates' community structure in Rivers Kipkaren and Sosiani, River Nzoia basin, Kenya. Journal of Ecology and The Natural Environment. Vol. 3, No. 2, pp: 39-46.

۱۷. **Azrina, M.Z.; Yap, C.K.; Rahim Ismail, A.; Ismail, A. and Tan, S.G., 2006.** Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. Ecotoxicology and environmental safety. Vol. 64, No. 3, pp: 337- 347.

۱۸. **Barbour, M.T.; Fridenburg, R.; Mccarron, E.; White, J.S. and Bastian, M.L., 1998.** A framework for biological criteria for Florida Streams using benthic macroinvertebrates. Journal of North America Benthological Society. Vol. 15, No. 2, pp: 185- 211.

۱۹. **Bass, D., 1995.** Species composition of aquatic macroinvertebrates and environmental conditions in Cucumber Creek. Proceedings-oklahoma Academy of Science. Vol. 75, pp: 39-44.

۲۰. **Bauer, W., 1980.** Quality of water and evaluate, Verlag Paul Parey, Hamburg und. Berlin. 540 p.

۲۱. **Berger, E.; Haase, P.; Kuemmerlen, M.; Leps, M.; Schäfer, R.B. and Sundermann, A., 2017.** Water Quality Variables and Pollution Sources Shaping Stream Macroinvertebrate Communities. Science of the Total Environment. Vol. 1, No. 10, pp: 587-588.

۲۲. **Damanik-Ambarita, M.N.; Lock, K.; Boets, P.; Everaert, G.; Nguyen, T.H. T.; Forio, M.A.E. and Dominguez Granda, L., 2016.** Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters. Vol. 57, pp: 27-59.

۲۳. **Jindal, R. and Sharma, C., 2011.** Biomonitoring of pollution in river Sutlej. International journal of environmental sciences. Vol. 2, No. 2, pp: 863-872.

۲۴. **Krebs, C.J., 1994**. Ecology the experimental analysis of distribution and abundance. 4 thed. Harper Collins. New York. pp: 200-240.

۲۵. **Leunda, P.M.; Oscoz, J.; Miranda, R. and Arino, A.H., 2009.** Longitudinal and seasonal variation of the benthic macroinvertebrate community and biotic indices in an undisturbed Pyrenean river. Ecological Indicators. pp: 52-63.

۲۶. **Malloy, K.J.; Wade, D.; Janicki, A.; Grabe, S.A. and Nijbroek, R., 2007.** Development of a benthic index to assess sediment quality in the Tampa Bay estuary. Marine Pollution Bulletin. Vol. 54, pp: 22- 31.

۲۷. **Margalef, R., 1951.** Diversidad de especies en las comunidades naturales. Publicaciones del instituto de biologia aplicada. Vol. 6, pp: 59-72.

۲۸. **Mclusky, D.S., 1990**. The estuarine ecosystem. Blackie, Glscow and London, 161-182. Jorgenson, S.F., Costanza, R., Fuliu, X.U. 2005. Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. CRC press. 439 p.

۲۹. **Mitra, A.; Banerjee, K. and Gangopadhyay, A., 2004.** Introduction to marine plankton. Daya Publishing House. 104 p.

۳۰. **Omernik, J.M., 1987.** Ecoregions of the conterminous United States. Annals of the Association of American Geographers. Vol. 77, pp: 118-125.

۳۱. **Parr, L.B. and Mason, C.F., 2003.** Long-term trends in water quality and their impact on macroinvertebrate assemblages in eutrophic lowland rivers. Water Research. Vol. 37, pp: 2969-2979.

۳۲. **Rosenberg, D.M., 2004.** Taxa tolerance values. Bulletin of the Entomological Society of Canada. Vol. 30, pp: 144-152.

www.SID.ir

Archive of SID

۳۳. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1963.** The Mathematical theory of communications. University of Illinois Press. Urbana. 117 p.

۳۴. **Sharma, R.C. and 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. Vol. 9, pp:118-128.

۳۵. **Stanford, J.A.; Lorang, M.S. and Hauer, F.R., 2005.** The shifting habitat mosaic of river ecosystems. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie. Vol. 29, pp: 123-136.

۳۶. **Taylor, B.R., 2000**. Technical evaluation on methods for bentic invertebrate's data analysis and Interpretation. AETE Project 2. 1. 3. prepared for Canada Canter for Mineral and Energy Technology. Ottawa, Ontario. 93 P.

۳۷. **Thompson, B. and Lowe, S., 2004.** Assessment of macro benthos response to sediment contamination in the San Francisco estuary, California, USA. Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. 23, pp: 2178- 2187.

۳۸. **Varnosfaderany, M.N.; Ebrahimi, E.; Mirghaffary, N. and Safyanian, A., 2010**. Biological assessment of the Zayandeh Rud River, Iran, using benthic macro-invertebrates. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters. Vol. 40, pp: 226-232.

۳۹. **Walen, J.K., 2002.** Assessment of stream habitat, fish, macroinvertebrates, sediment and water chemistry for eleven streams in Kentucky and Tennessee, Virginia Polytechnic Institute, CATT. 71 p.

۴۰. **Washington, H.G., 1984.** Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. Water Research. Vol. 18, pp: 653-694.

۴۱. **Wilhm, J. and Land Dorris, T.C., 1968.** Biological parameters for water quality criteria. Bio-Science. Vol. 18, pp: 477- 481.

۴۲. **Yokoyama, H.; Nishimura, A. and Inoue, M., 2007**. Macrobenthos as biological indicators to assess the influence of aquacultures on Japanese coastal enviromental. Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activites. Vol. 6, pp: 407-423.

www.SID.ir