DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی

تغییرات زمانی و مکانی ساختار جمعیت یک روزه‌ها Ephemeroptera و ارتباط آن با خصوصیات فیزیکوشیمیایی رودخانه تجن – استان مازندران

سامره باقری[۱]، جاوید ایمانپور نمین[۱*]، بیندریشکا بویکووا[۲] و روح الله اسماعیلی[۳]

[۱] ایران، صومعه‌سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات.

[۲] جمهوری چک، برنو، موسسه حشره شناسی آکادمی علوم.

[۳] ایران، ساری، اداره کل حفاظت محیط زیست مازندران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

چکیده

ارزیابی بیولوژیک از موثرترین روش‌های عملی و اقتصادی جهت تعیین سلامت اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شود. تنوع ماکروبنتوزها نسبت به آلودگی بسیار حساس و به عنوان شاخص سلامت رودخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تاثیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب بر فراوانی جمعیت حشرات راسته *Ephemeroptera* در سه ایستگاه بالادست، میان‌دست و پایین‌دست رودخانه تجن انجام شد. نمونه‌برداری به روش انتخابی در هر ایستگاه از آب و حشرات آبزی به صورت ماهانه از فروردین تا اسفند ۱۳۹۸ انجام شد. به منظور بررسی وضعیت کیفی ایستگاه‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه، تعیین اثر عوامل محیطی در تفکیک ایستگاه‌ها از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و تعیین ارتباط بین متغیرهای محیطی با حضور و عدم حضور راسته یک‌روزه‌ها از روش رسته‌بندی مستقیم تحلیل متعارفی تطبیقی (CCA) استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین دبی رودخانه (۶۸/۳) متر مکعب بر ثانیه، اکسیژن محلول (۹/۵۳) میلی‌گرم در لیتر و اسیدیته (۸/۳۱) در بهمن و اسفند بیشترین و هدایت الکتریکی با میانگین ۱۱۸۱ میکروموس بر سانتی‌متر و کل ذرات معلق با میانگین ۸۱۵ میلی‌گرم در لیتر در شهریور کمترین مقدار را داشتند. نتایج آنالیز واریانس ارزیابی کیفی رودخانه نشان داد که ایستگاه محمدآباد در بالادست از نظر دما و اکسیژن محلول نسبت به دو ایستگاه دیگر و ایستگاه تجن در پایین‌دست از نظر هدایت الکتریکی، کل ذرات معلق و دبی با دو ایستگاه دیگر تفاوت معنی‌داری دارند ($p<0.05$). همچنین فراوانی برخی از خانواده‌های راسته یک‌روزه‌ها مانند *Baetidae* با هدایت‌الکتریکی و کل ذرات معلق و فراوانی *Oligoneuridae* با اسیدیته و اکسیژن محلول همبستگی مثبت دارند. لذا با توجه به ارتباط معنی‌دار عوامل کیفی رودخانه‌ها با فراوانی برخی از یک‌روزه‌ها، می‌توانند به عنوان شاخص کیفی منابع آب‌های جاری و سطحی محسوب شوند.

واژه های کلیدی: رودخانه تجن، *Ephemeroptera*، ارزیابی زیستی، شاخص‌های زیستی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۳۶۰۹۳۸ ، پست الکترونیکی: imanpour@guilan.ac.ir

مقدمه

ارزیابی و پایش زیستی روشی است که در چند دهه اخیر بر کارایی آن تاکید شده و از موثرترین روش‌های عملی و اقتصادی جهت تعیین سلامت اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود (۱۹). انواع جانداران در رودخانه‌ها در شرایط مشخصی از دامنه کیفی آب قادر به ادامه حیات هستند. زمانی که یک رودخانه مقادیر قابل توجهی از آلودگی را دریافت می‌کند، فراوانی، توزیع و ترکیب جمعیت موجودات آبزی تغییر می‌کند. بنابراین شاخص‌های زیستی راهی جهت

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی

نمایش وضعیت اکولوژیک منابع آبی هستند که براساس جمعیت بی‌مهرگان کفزی و دامنه تحمل آنها به آلودگی می‌باشد (۲۸). حشرات متنوع‌ترین گروه موجودات در آب‌های شیرین هستند (۲۹). بی‌مهرگان کفزی از نظر مقاومت در برابر شدت آلودگی و کاهش اکسیژن با یکدیگر تفاوت دارند، برخی از گونه‌ها در آب‌های کاملاً تمیز و عاری از هر گونه آلودگی و بعضی نیز در آب‌هایی با آلودگی زیاد قادر به ادامه حیات هستند، به طوری‌که وجود یا عدم وجود حشرات آبزی و حساسیت این موجودات نسبت به آلودگی‌ها نشانگر کیفیت آب می‌باشد (۱۲) به همین دلیل جمعیت بی‌مهرگان بزرگ کفزی می‌تواند بیانگر تغییر وضعیت کمی و کیفی رودخانه در گذر زمان باشد. ماکروبنتوزها، بی‌مهرگانی هستند که حداقل بخشی از زندگی خود را در بستر منابع آبی سپری کرده و به دلیل داشتن غنای گونه‌ای بالا، ساکن بودن و چرخه زندگی طولانی، بیشتر از دیگر جانداران آبزی در ارزیابی بوم شناختی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار دارند (۲۶). ماکروبنتوزها در محیط‌های آبی چندین نقش مهم دارند که از مهم‌ترین وظایف آنها تغذیه آبزیان، جابجایی و چرخش مواد غذایی در اکوسیستم آبی است (۲۲). استفاده از بی‌مهرگان کفزی در شناسایی کیفیت منابع آبی بر این فرض استوار است که در مناطقی که تحت تأثیر عوامل آلاینده نباشند تنوع بی‌مهرگان کفزی بیشتر بوده و گونه‌های حساس در آنجا غالب هستند؛ اما در مناطقی که تحت تاثیر منابع آلودگی قرار گرفته‌اند تنوع کمتری مشاهده می‌شود (۱۳). در سال‌های اخیر ماکروبنتوزها به دلیل داشتن پتانسیل بالا در مطالعات پایش زیستی مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند (۳۱)؛ زیرا این موجودات به تغییرات فیزیکوشیمیایی محیط حساس هستند و به عبارت دیگر شاخص ساختار و عملکرد یک اکوسیستم آبی محسوب می‌شوند (۲۵، ۲۶)؛ همچنین این موجودات، جزئی از زنجیره غذایی زیستگاه‌های آبی بوده و نیاز غذایی بسیاری از گونه‌های آبزی را تهیه و بدین ترتیب نقش حیاتی در چرخه انرژی و مواد اکوسیستم دارند. موجودات کفزی باعث معدنی شدن مواد آلی شده و به عنوان دومین یا سومین سطح غذایی مورد استفاده سایر آبزیان قرار گرفته و به عنوان نمایه‌ای از میزان کل تولید اکوسیستم محسوب می‌شوند (۶). این جانداران به دلیل ساکن بودن، غنای گونه‌ای بالا، چرخه زندگی طولانی و نمایش تغییرات محیطی به صورت دوره‌ای، بیش از دیگر جانداران آبزی در ارزیابی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار دارند (۲۸). راسته یک‌روزه‌ها یا *Ephemeroptera* که انتشار جهانی دارد؛ یکی از راسته‌های شناخته شده بوده (۲۹) و خانواده‌های مختلف این راسته چرخه زندگی پیچیده‌ای در محیط آب و خشکی دارند و به خاطر حضور در زیستگاه‌های متنوع رفتار غذایی متفاوتی دارند به طوری که بعضی از خانواده‌های این راسته در بهار و برخی در پاییز غالب هستند و برخی از آنها مانند *Baetidae* نسبت به آلودگی بسیار حساس هستند و به عنوان شاخص سلامت رودخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۵). پراکنش گونه‌های *Ephemeroptera* توسط متغیرهای محیطی مانند عرض رودخانه، سرعت جریان آب، pH، هدایت الکتریکی، مواد مغذی، مقدار اکسیژن محلول و جنگل زدایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۱۰). Hovannisyan و Shahnazaryan در سال ۲۰۱۶ به منظور بررسی ارتباط کیفیت آب مهم‌ترین رودخانه ارمنستان با جمعیت ماکرو بی‌مهرگان کفزی در حوضه آبریز Achuryan از روش ارزیابی زیستی سریع برای تعیین کیفیت رودخانه استفاده نمودند. نتایج نشان داد که کیفیت شیمیایی آب رودخانه از خوب تا بد و بدترین متغیر بوده و مهم‌ترین اثر بر جمعیت ماکرو بی‌مهرگان، آلودگی ناشی از وجود مواد مغذی بود. ورود منابع آلاینده در رودخانه‌ها خصوصیات فیزیکوشیمیایی از قبیل اسیدیته، دما، هدایت الکتریکی، مواد مغذی، اکسیژن محلول و بسیاری دیگر از خصوصیات آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۸) و شدت آلودگی رودخانه‌ها در تنوع موجوداتی که در آن می‌توانند زنده بمانند، نقش تعیین کننده‌ای دارد. بسیاری از مواد محلول آب‌های شیرین به عنوان عامل آشفتگی در جمعیت

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی

جوامع موجودات آبزی محسوب می‌شوند (۲۳). Latimore در سال ۲۰۱۲، بیان نمود که میزان اندک اکسیژن محلول در آب نشان‌دهنده وجود دی‌اکسیدکربن بالا و این عامل سبب کاهش جمعیت حشرات آبزی می‌شود (۱۸). همچنین Popoola and Otalekor در سال ۲۰۱۱ بیان کردند که اسیدیته آب رودخانه‌ها نیز یک عامل موثر بر جمعیت موجودات آن محسوب می‌شود، به طور مثال برخی از حشرات که به میزان آلودگی رودخانه‌ها حساس هستند، فقط می‌توانند در دامنه اسیدیته بین ۶/۵ تا ۷/۵ زنده بمانند، بنابراین تغییرات ویژگی‌های رودخانه بر تنوع و الگوی پراکنش حشرات آبزی تاثیر خواهد گذاشت (۲۳). بنا به اهمیت رودخانه تجن به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم شیلاتی در استان مازندران که به دلیل گستردگی طولی در معرض منابع آلاینده مختلف قرار دارد، مطالعات متعددی در زمینه وضعیت کیفی آن رودخانه انجام شده است (۲، ۳ و ۵)، اما در خصوص ارتباط پارامترهای کیفی بر تنوع حشرات آبزی به ویژه راسته مهم یک روزه‌ها مطالعه‌ای انجام نشده است. لذا این تحقیق با هدف شناسایی تغییرات زمانی و مکانی جمعیت راسته یکروزه‌ها و میزان ارتباط فراوانی آنها با تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی رودخانه تجن انجام گردید تا مشخص نماید که حضور خانواده‌های یک‌روزه‌ها شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفی رودخانه‌ها محسوب می‌گردد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: تجن یکی از رودخانه‌های حاشیه جنوبی دریای خزر است که از رشته کوه البرز سرچشمه می‌گیرد. رودخانه تجن ۱۲۰ کیلومتر طول داشته و حوضه آبریز آن در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. حوضه آبریز این رودخانه در فاصله ۶۳ درجه و ۱ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی و ۳۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۷۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد. رودخانه تجن قبل از ورود به شهر ساری، از مسیرهای جنگلی، روستایی و زمین‌های کشاورزی و چندین کارخانه عبور می‌کند و پس از عبور از شهرستان ساری در ناحیه خزرآباد به دریای خزر می‌ریزد (۵).

ایستگاه‌های مورد مطالعه: نمونه‌برداری از رودخانه در طول ۵۰ کیلومتر در ۳ ایستگاه از فروردین تا اسفند ۱۳۹۸ به صورت ماهانه انجام شد. ایستگاه‌های مطالعاتی به صورت انتخابی و به ترتیب در بالادست، میان‌دست و پایین‌دست رودخانه قرار داشته و با توجه به وضعیت کاربری پیرامون و استقرار منابع آلاینده در مجاورت رودخانه تجن انتخاب شدند. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده است.

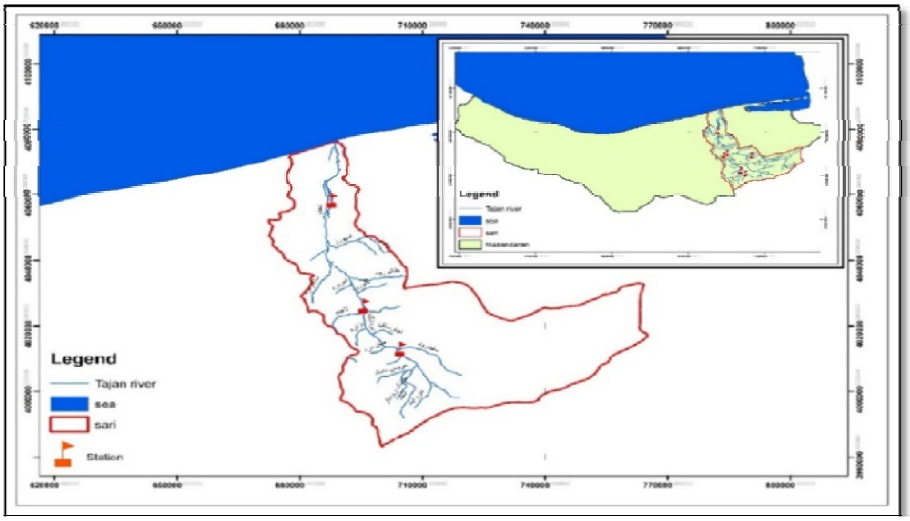
تشریح روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از بی‌مهرگان کف‌زی: نمونه‌برداری از حشرات راسته یک روزه‌ها با استفاده از نمونه‌بردار سوربر با ابعاد ۴۰ ×۴۰ سانتی‌متر و چشمه تور ۱۰۰ میکرون و با سه تکرار در هر ایستگاه و به صورت ماهانه و در سه روز اول هر ماه از ساعت هشت تا ده صبح انجام شد. نمونه-های جمع‌آوری شده در ظروفی که مشخصات ایستگاه، محل و تاریخ نمونه‌برداری در آن ثبت شده بود تخلیه و با اتانول ۷۰ درصد تثبیت و بـه آزمایشگاه منتقل شدند (۱۳). در آزمایشگاه نمونه‌ها بـا استفاده از لوپ با بزرگ‌نمایی ۱۰ تا ۴۰ و کلیدهای شناسایی (۱۴، ۲۲ و ۲۴) شمارش و شناسایی شدند.

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول مسیر رودخانه تجن بر مبنای UTM

ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع
محمدآباد	۷۱۱۰۸۵	۴۰۰۳۸۰۱	۷۲۸
تاکام	۶۹۵۳۴۳	۴۰۲۶۴۲۶	۲۲۵
تجن	۶۸۶۶۷۲	۴۰۴۸۷۶۷	۳۰

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نقشه ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه تجن- ساری

نمونه‌برداری از آب رودخانه: برای تعیین پارامترهای فیزیکی شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول و دما از دستگاه پرتابل Multiline P_4 در محل نمونه‌برداری استفاده شد. کدورت نمونه‌ها با دستگاه کدورت‌سنج 100- TBتعیین شد، بدین ترتیب که ابتدا با استفاده از محلول‌های کالیبراسیون (۰/۰۲، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ NTU) دستگاه را کالیبره نموده و سپس سل شیشه‌ای نشان‌دار شده را کاملا با نمونه پر کرده و درب آن بسته شد. باید دقت کرد که جداره بیرونی شیشه‌ها کاملا تمیز و خشک باشد. سپس سل را داخل محفظه دستگاه گذاشته و مقدار کدورت اندازه‌گیری گردید. کل مواد جامد معلق (TDS) با دستگاه Conductivity TDS Meter و کل مواد جامد محلول (TSS) به وسیله پمپ خلأ و فیلتر استات سلولزی ۰/۴۵ میکرومتر با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد (۱۶).

آنالیز داده‌ها: پس از محاسبه مقادیر تعداد کل راسته یک-روزه‌ها در هر ایستگاه و نرمال‌سازی داده‌ها (در صورت نیاز) به روش کولموگروف- اسمیرنوف، از آنالیز واریانس یک طرفه برای مقایسه تفاوت بین میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی در هر ایستگاه استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار آماری SPSS 16 انجام شد. به منظور تعیین اثر عوامل محیطی در تفکیک ایستگاه‌های مورد مطالعه از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) در نرم افزار R استفاده شد. ابتدا به دلیل ناهمگن بودن فراوانی خانواده یک‌روزه‌ها از روش تغییر شکل هلینگر استفاده شد و متغیرهای محیطی نیز با یکسان سازی مقیاس‌ها Z-Score استاندارد شدند، به طوری که واریانس یک و میانگین صفر داشته باشند. برای بررسی روابط بین متغیرهای محیطی با حضور و عدم حضور خانواده یک‌روزه‌ها از روش رسته-بندی مستقیم تحلیل متعارفی تطبیقی (CCA) استفاده شد و پس از شناسایی مهم‌ترین مولفه‌ها معنی‌داری هر کدام از آن مقادیر توسط آزمون مونت کارلو بررسی شد (۲۰).

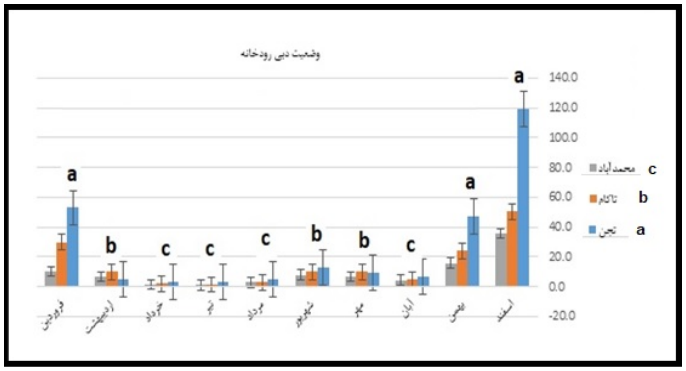
نتایج

نتایج بررسی کیفیت آب رودخانه تجن نشان داد که فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در طول دوره زمانی تغییرات زیادی داشتند. دبی رودخانه بین ۱۱۹/۱ متر مکعب بر ثانیه در اسفند ماه تا ۱/۵ متر مکعب بر ثانیه در تیر ماه متغیر بود؛ به طوری که ماه‌های بهمن و اسفند با سایر ماه‌های سال و ایستگاه تجن در پایین دست نسبت به دو ایستگاه دیگر تفاوت معنی‌داری داشتند ($N=36, f=1/75, p<0.05$) (شکل ۲). کمترین دمای آب در بهمن (۱۰ درجه) و بیشترین مقدار آن در شهریور (۲۷ درجه) ثبت گردید که

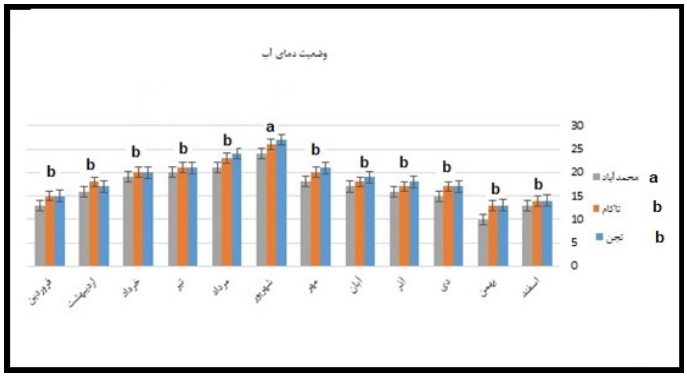
DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7

تفاوت معنی‌داری با سایر ماه‌های سال داشت (N=36, f=0/902, p<0.05). همچنین میانگین دمای آب در ایستگاه محمدآباد بیشتر از دو ایستگاه دیگر بوده و تفاوت معنی-داری با آنها داشت (شکل ۳). بیشترین میزان اکسیژن محلول برابر با ۵/۱ میلی‌گرم در لیتر در بهمن ماه و کمترین مقدار آن در مرداد ماه برابر با ۱۰/۶ میلی‌گرم در لیتر در مرداد ماه ثبت گردید. مقدار اکسیژن محلول در بهمن نسبت به سایر ماه‌های سال تفاوت معنی‌دار داشته و به طور کلی ماه‌های سرد نیز نسبت به ماه‌های گرم تفاوت معنی-داری داشتند (N=36, f=7/782, p<0.05).؛ (شکل ۴). مقدار اسیدیته از ۷ تا ۸/۳ متغیر بود و بیشترین مقدار آن در بهمن ماه و کمترین میزان آن در شهریور ماه ثبت گردید. نکته مهم در مورد مقدار اسیدیته عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف و ماه‌های مختلف بود (N=36, f=9/811, p<0.05) (شکل ۵). میزان هدایت الکتریکی از مقدار ۱۷۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر در شهریور تا ۲۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر در اسفند متغیر بود و شهریور ماه نسبت به سایر ماه‌های سال دارای اختلاف معنی‌دار بود (N=36, f=0/702, p<0.05) (شکل ۶). میزان کل مواد معلق از مقدار ۱۰۷۰ میلی‌گرم بر لیتر در شهریور ماه تا ۵۵ میلی-گرم بر لیتر در اسفند ماه متغیر بوده و از این نظر شهریور ماه نسبت به سایر ماه‌های سال دارای اختلاف معنی‌دار بود (N=36, f=1/32, p<0.05). (شکل ۷).

نتایج نشان داد که خانواده‌های مختلف یک‌روزه‌ها در سه ایستگاه مشاهده می‌شوند؛ به طوری که در ایستگاه سوم در پایین‌دست رودخانه، فراوانی خانواده یک‌روزه‌ها بسیار کم و در دو ایستگاه میان‌دست و بالادست فراوانی آن بیشتر بوده است. به طور کلی پنج خانواده *Baetidae*، *Heptageniidae*، *Ephemerellidae*، *Oligoneuridae* و *Caenidae* از راسته *Ephemeroptera* در ایستگاه‌های مورد مطالعه شناسایی شد.

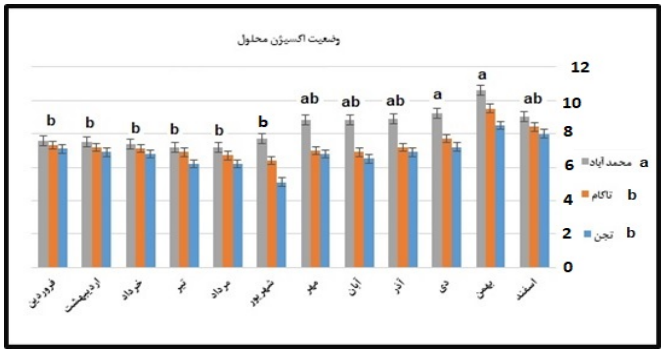


شکل ۲- مقایسه میانگین دبی رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)

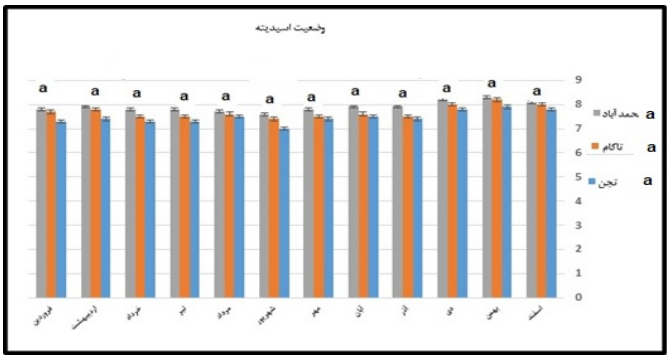


شکل ۳- مقایسه میانگین دما در رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)

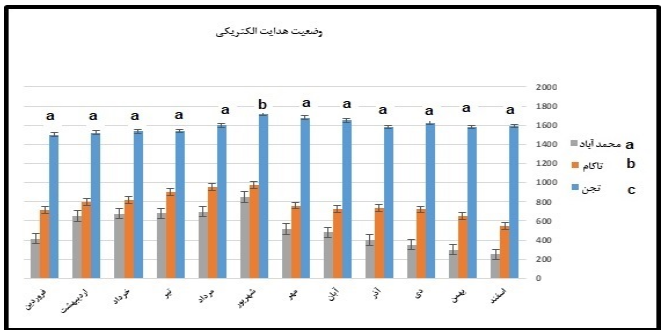
DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی



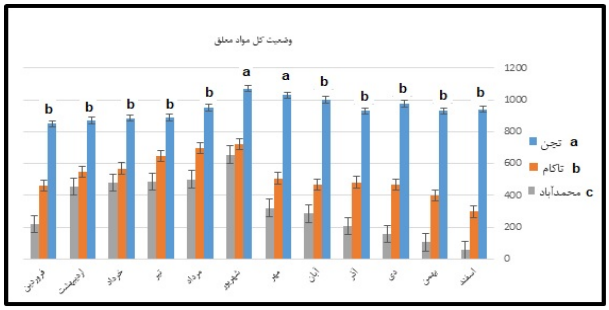
شکل ۴- مقایسه میانگین اکسیژن محلول رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)



شکل ۵- مقایسه میانگین اسیدیته رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)

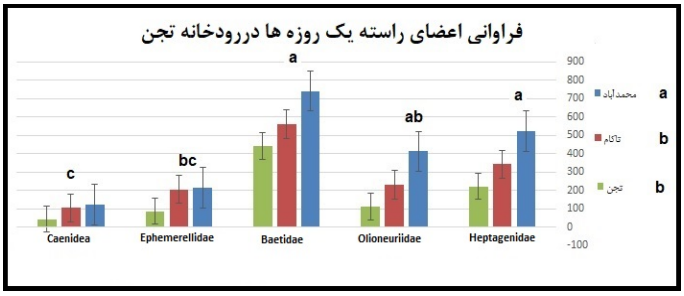


شکل ۶- مقایسه میانگین هدایت الکتریکی رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)



شکل ۷- مقایسه میانگین کل مواد معلق رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه سال ۱۳۹۸ (حروف متفاوت نشان دهنده معنی داری است)

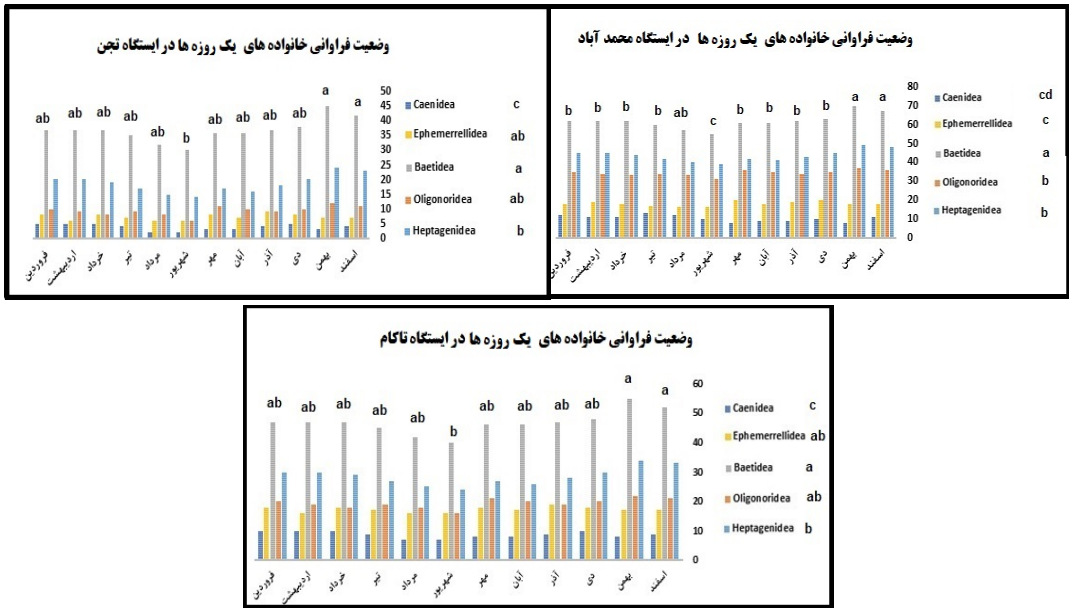
DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی



شکل ۸- مقایسه میانگین فراوانی کل خانواده‌های یک‌روزه‌ها در رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه

همچنین نتایج نشان داد *خانواده Baetidae* با تعداد ۱۷۰ عدد بیشترین و خانواده *Caenidae* با ۹۱ عدد کمترین فراوانی را در بین خانواده‌ها داشت، همچنین بررسی فراوانی یک‌روزه‌ها در سه ایستگاه نشان داد که گونه‌های غالب متعلق به *خانواده Baetidae* و *Heptageniidae* بوده که در ایستگاه‌های مختلف فراوانی آنها نسبت به سایر خانواده‌ها معنی‌دار می‌باشد (شکل ۸).

نتایج بررسی فراوانی گونه‌های مختلف یک‌روزه‌ها در سه ایستگاه پایین‌دست (تجن)، میان‌دست (تاکام) و بالادست (محمدآباد) نشان داد که در هر سه ایستگاه بیشترین مقدار میانگین فراوانی مربوط به ماه بهمن به ترتیب برابر با ۱۶/۹۳۲± ۹۱، ۱۸/۱۵۷± ۱۳۶و ۲۴/۶۶۳± ۱۸۲و کمترین مقدار آن در ماه شهریور به ترتیب برابر با ۱۱/۱۷۱± ۵۸، ۱۲/۴۰۱± ۱۰۳ و ۱۸/۰۴۷± ۱۵۱ گونه می‌باشد. همچنین ماه‌های بهمن و شهریور از نظر فراوانی در هر سه ایستگاه تفاوت معنی‌داری با سایر ماه‌های سال دارند و خانواده‌های *Baetidae* و *Heptagenidae* بیشترین و *Caenidae* کمترین فراوانی و تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر خانواده های یک‌روزه‌ها داشتند (شکل ۹).



شکل ۹- مقایسه میانگین فراوانی خانواده یک‌روزه ها (پایین‌دست) و میان دست (تاکام) در ماه‌های مختلف در سال ۱۳۹۸

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی

نتایج تجزیه مولفه‌های اصلی با نرم‌افزار Canoco نشان داد که دو مولفه اول، بیشترین تفاوت بین میانگین‌ها را توصیف می‌کنند. مقادیر ویژه و درصد واریانس و ورایانس تجمعی توصیف شده هر کدام از مولفه‌های تحلیل مولفه-های اصلی (PCA) در جدول ۲ نشان داده شده است، مولفه اول با ۵۸/۴۷ درصد و مولفه دوم یا ۲۵/۱۸ درصد واریانس، مجموعا ۸۳/۶۵ درصد واریانس کل و سایر مولفه‌ها، ۱۶/۳۵ درصد واریانس را نشان می‌دهند (جدول ۲).

بررسی ضرایب همبستگی متغیرهای محیطی با هر کدام از مولفه‌ها، نشان داد که متغیرهای کل ذرات معلق، هدایت الکتریکی و دما با مولفه اول همبستگی مثبت و متغیرهای اسیدیته و اکسیژن محلول همبستگی منفی دارند و تنها متغیری که با مولفه دوم همبستگی بالایی دارد، دبی است (جدول ۳). نمودارهای ضرایب همبستگی هر کدام از متغیرها با مولفه‌های اصلی در شکل ۶ نمایش داده شده است (شکل ۱۰).

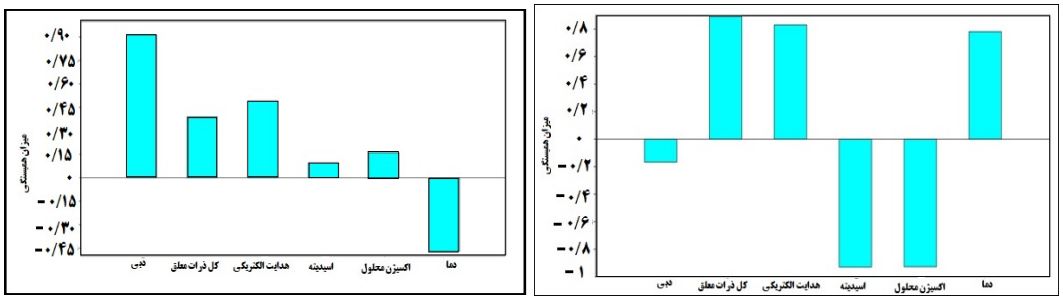
جدول ۲- مقادیر ویژه و درصد واریانس و واریانس تجمعی مولفه‌های اصلی

مولفه ها	مقدار عددی	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۳/۵۰۸	۵۸/۴۷۱	۵۸/۴۷۱
۲	۱/۵۱۱	۲۵/۱۷۸	۸۳/۶۴۹
۳	۰/۵۱۳	۸/۵۴۶	۹۲/۱۹۵
۴	۰/۳۰۶	۵/۰۹۶	۹۷/۲۹۱
۵	۰/۱۵۴	۲/۵۶۲	۹۹/۸۵۳
۶	۰/۰۰۹	۰/۱۴۷	۱۰۰

نتایج بررسی رسته‌بندی متغیرهای محیطی و ایستگاه‌ها نشان داد که متغیرهای هدایت الکتریکی، کل ذرات معلق و دما با مولفه اول همبستگی مثبت دارند و با اکسیژن محلول و اسیدیته همبستگی منفی دارند و اسیدیته موثرترین عامل در مولفه اول محاسبه گردید. در مولفه دوم، تنها متغیر دبی همبستگی مثبت با آن دارد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی متغیرهای محیطی با مولفه‌های اصلی

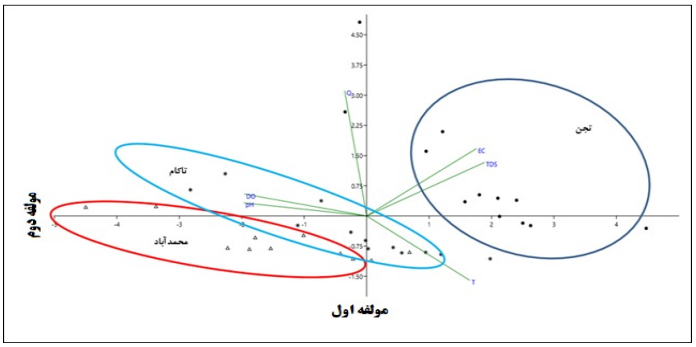
متغیرها	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم	مولفه چهارم	مولفه پنجم	مولفه ششم
دبی	-۰/۱۶۶۳۸	۰/۹۱۲۵۹	-۰/۳۷۲۲۷	۰/۰۲۷۵۰۸	۰/۰۱۲۱۲۳	۰/۰۰۱۵۷
کل ذرات معلق	۰/۸۹۲۴۹	۰/۳۸۹۸۹	۰/۱۷۶۳۴	۰/۱۲۲۶۵	-۰/۰۲۵۷۴۳	-۰/۰۶۸۱۶۵
هدایت الکتریکی	۰/۸۳۰۲۷	۰/۴۹۰۵۸	۰/۲۵۰۰۶	۰/۰۵۷۶۱۲	۰/۰۱۱۱۰۸	۰/۰۶۳۲۸۲
اسیدیته	-۰/۹۲۹۷۹	۰/۰۹۵۳۴۲	۰/۰۹۴۸۶۷	۰/۲۶۶۸	-۰/۲۱۴۸۷	۰/۰۰۷۱۴۶۱
اکسیژن محلول	-۰/۹۲۶۸۵	۰/۱۵۹۴۲	۰/۰۱۶۲۰۴	۰/۱۷۳۹۵	۰/۲۴۲۸۵	-۰/۰۰۶۴۳۵۷
دما	۰/۷۸۱۱	-۰/۴۶۹۹	-۰/۲۴۱۳۹	۰/۳۲۸۴۸	۰/۰۵۲۵۷۳	۰/۰۱۱۸۲۵



شکل ۱۰- نمودارهای ضرایب همبستگی هر کدام از متغیرها با مولفه‌های اول و دوم

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی

نتایج نشان داد که با نزدیک شدن به ایستگاه پایین‌دست (تجن) مقادیر هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق افزوده شده و از مقادیر اکسیژن محلول و اسیدیته کاسته شده است. همچنین نتایج نشان داد که اکسیژن محلول و اسیدیته دو متغیر مهم در ایستگاه میان‌دست (تاکام) هستند و متغیرهای دما و دبی بر هیچ یک از ایستگاه‌ها تاثیرگذار نبوده و هیچ کدام از متغیرها در منطقه محمد آباد تاثیرگذار نیستند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نمودار بای پلات متغیرهای محیطی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

بررسی نتایج ارتباط متغیرهای محیطی با حضور و عدم حضور خانواده راسته یک‌روزه‌ها در روش رسته‌بندی مستقیم تحلیل متعارفی تطبیقی (CCA) نشان داد که در این تحلیل نیز مولفه اول با ۸۱/۹۷ درصد و مولفه دوم با ۱۶/۱۹ درصد مهم‌ترین مولفه هستند و مجموعا ۹۸/۱۶ درصد واریانس را توجیه می‌کنند (جدول ۴). همچنین بررسی معنی‌داری هر کدام از این مقادیر با آزمون مونت کارلو نشان داد که مقدار p برای مولفه اول و دوم با تحلیل CCA کمتر از ۰/۰۵ شده و معنی‌داری آن تایید می‌شود (شکل ۱۱).

جدول ۴- مقادیر ویژه و درصد واریانس توجیه شده مولفه ها در تحلیل CCA

درصد مقادیر ویژه	مقادیر ویژه	مولفه
	N= ۹۹۹	p مقدار =۰/۰۰۱
۸۶/۹۷	۰/۰۱۰۵۶۶	اول
۱۶/۱۹	۰/۰۰۲۰۸۶۶	دوم
۱/۶۴۳	۰/۰۰۰۲۱۱۷۵	سوم
۰/۲۰۲۳	۲/۶۰۷۶	چهارم

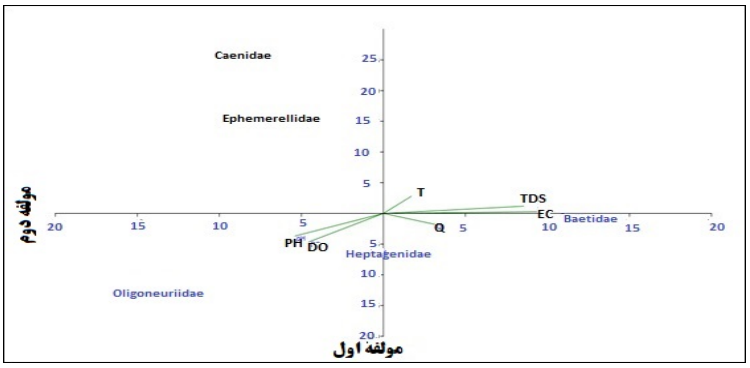
نمودار CCA نشان داد که متغیرهای هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق با *Baetidae* بیشترین همبستگی و متغیرهای دما و دبی با هیچ‌کدام از خانواده یک‌روزه‌ها ارتباط معنی‌داری ندارند. متغیرهای اسیدیته و اکسیژن محلول با حضور *Oligoneuridae* همبستگی مثبت دارد. *Heptagenidae*، *Ephemerellidae* و *Caenidae* نیز با هیچ متغیری همبستگی ندارند (شکل ۱۲).

بحث

بررسی متغیرهای فیزیکوشیمیایی رودخانه تجن نشان داد که دبی در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین با سایر ماه‌های سال و ایستگاه تجن در پایین‌دست نسبت به دو ایستگاه دیگر تفاوت معنی‌داری دارد، این موضوع به دلیل افزایش نزولات جوی در زمستان، کوهستانی بودن رودخانه تجن،

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی

ذوب برف در بهار، ورود شاخه‌های فرعی و تجمیع دبی آنها در پایین دست می‌باشد (۲). با وجود روند یکسان تغییرات دمای آب در طول دوره زمانی مطالعه شده، ایستگاه محمد آباد (بالادست) تفاوت معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها دارد و افت شدید دما در این ایستگاه به علت کوهستانی بودن منطقه و اختلاف ارتفاع بیش از ۵۰۰ متر نسبت به دو ایستگاه دیگر می‌باشد. همچنین بررسی زمانی تغییرات دما نیز نشان داد که شهریور نسبت به سایر ماه‌های سال تفاوت معنی‌داری دارد که علت آن گرم شدن هوا و کاهش شدید دبی آب رودخانه در فصول گرم سال می-باشد، این موضوع با نتایج مطالعات (۳) انطباق دارد.



شکل ۱۲- نمودار بای پلات متغیرهای محیطی و خانواده های یک‌روزه‌ها در تحلیل CCA

میزان اکسیژن محلول در بهمن ماه نسبت به سایر ماه‌های سال و به طور کلی ماه‌های سرد نیز نسبت به ماه‌های گرم سال تفاوت معنی‌داری داشت؛ که دلیل آن می‌تواند گرم شدن هوا، کاهش دبی رودخانه در فصول گرم سال باشد (۲). از طرفی میزان اکسیژن محلول در ایستگاه محمدآباد نسبت به دو ایستگاه دیگر بسیار بیشتر و تفاوت معنی‌داری داشت، این موضوع نیز به دلیل عدم وجود منابع آلاینده در بالادست و عدم ورود پساب مزارع پرورش ماهی و کارخانجات ایستگاه به محمدآباد می‌باشد (۲). هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق در شهریور نسبت به سایر ماه-ها تفاوت معنی‌دار داشت که دلیل آن کاهش دبی، گرم شدن هوا و به تبع آن کاهش اکسیژن محلول می‌باشد، همچنین ایستگاه تجن در پایین دست از نظر میزان اکسیژن محلول نسبت به دو ایستگاه دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بود که این امر به دلیل ورود حداکثری پساب منابع آلاینده از بالادست و تجمیع اثرات آنها در این ایستگاه می‌باشد که با نتایج مطالعات Akaahan and Many, 2016، Camargo et al., 2011 و Ahlawat and Kumar, 2009 (۷، ۸، ۱۱) مطابقت دارد. بررسی فراوانی پنج خانواده از راسته یک‌روزه‌ها نشان داد که خانواده‌های Baetidae و Heptagenidae با بیشترین فراوانی و خانواده Caenidae با کمترین فراوانی، تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر خانواده‌های راسته یک روزه‌ها داشتند. همچنین فراوانی جمعیت راسته یک‌روزه‌ها از فصلی به فصل دیگر متغیر بود به طوری که ماه‌های بهمن و شهریور تفاوت معنی‌داری با سایر ماه‌های سال داشت، دلایل این امر می‌تواند افزایش میزان بارندگی و دبی رودخانه و کاهش ورود منابع آلاینده در فصل زمستان باشد، Akaahan و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای روی رودخانه‌ای در نیجریه بیان کردند که بارندگی به عنوان یک فاکتور اصلی در تغییر فراوانی و ترکیب یک‌روزه‌ها، نقش مهمی دارد؛ این موضوع برخلاف نتایج مطالعات (۹) بوده

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7
مقاله پژوهشی

که تاکید می‌کند تعداد خانواده‌هاو فراوانی راسته یک‌روزه‌ها در فصل خشک افزایش می‌یابد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در ایستگاه سوم در پایین‌دست، فراوانی اعضای راسته یک‌روزه‌ها بسیار کم و در دو ایستگاه میان دست و بالادست فراوانی بالاتر و تفاوت معنی‌دار می‌باشد که احتمالاً کاهش وضعیت کیفی آب رودخانه در ایستگاه پایین‌دست، ورود منابع آلاینده و شرایط بد اکولوژیکی آن ایستگاه سبب کاهش جمعیت یک روزه‌ها شده است. این موضوع در تحقیقات (۲۷) تاکید شد که تنوع جمعیت یک روزه‌ها در دوره‌ای که منابع آلاینده زیستگاه‌ها را تحت تاثیر قرار داده و وضعیت کیفی آن را تخریب می‌کنند، بسیار پایین است. نتایج بررسی رسته‌بندی متغیرهای محیطی و رویشگاه‌ها نشان داد که از بالادست (محمدآباد) به ایستگاه پایین‌دست (تجن) مقادیر هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق افزایش و از میزان اکسیژن محلول کاسته شده است. همچنین متغیرهای دما و دبی بر هیچ کدام از ایستگاه‌ها تاثیرگذار نیستند، این موضوع نشان می‌دهد که خصوصیات کیفی آب رودخانه بر حضور و عدم حضور گونه‌های راسته یک‌روزه‌ها تاثیر داشته و زمینه کاهش فراوانی آن‌ها را در ایستگاه پایین دست فراهم می‌نماید. از طرفی نتایج آنالیز CCA نشان داد که متغیرهای هدایت الکتریکی و کل ذرات معلق با خانواده Baetidae بیشترین همبستگی و متغیرهای دما و دبی با هیچ‌کدام از خانواده یک‌روزه‌ها ارتباط معنی‌داری ندارند. متغیرهای اسیدیته و اکسیژن محلول با حضور *Oligoneuridae* همبستگی مثبت و معنی‌دار دارند، بنابراین با توجه با اهداف این مطالعه و نتایج حاصله می‌توان بیان نمود که برخی از خانواده‌های یک‌روزه‌ها نظیر Baetidae و Oligoneuridae به دلیل ارتباط معنی‌دار با برخی از عوامل کیفی رودخانه می‌توانند به عنوان شاخص ارزیابی کیفی منابع آبی سطحی مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

۱- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها بهداشت و استاندارد در محیط زیست، انتشارات نقش مهر، ۴۵۶ صفحه.

۲- شریفی‌نیا، م.، ایمان پور نمین، ج.، و بزرگی ماکرانی،ا.، ۱۳۹۱. ارزیابی بوم‌شناختی رودخانه تجن با استفاده از گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و شاخص‌های زیستی، مجله علمی پژوهشی اکولوژی کاربردی، جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۹۱-۸۰.

۳- شکری ساروی، م.، احمدی، م.، رحمانی، ح.، و کامرانی، ا.، ۱۳۹۳. ارزیابی کیفیت آب بر اساس شاخص‌های زیستی هیلسنهوف، تنوع شانن- وینر و شاخص‌های محیطی در رودخانه تجن، فصلنامه علمی پژوهشی علوم و فنون شیلات، دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۵۵-۴۳.

۴- قریب خانی، م.، و تایتنا، م.، ۱۳۷۸. توان تولید طبیعی رودخانه لوندویل براساس جوامع کفزیان، مجله شیلات، شماره چهارم، صفحات ۵۵-۳۵.

۵- مسعودیان، م.، فلاحیان، ف.، ستاری، ط.، متاجی، ا.، و خاوری نژاد، ر.، ۱۳۸۹. دیاتومه‌های اپیلیتیک و نقش آن در تعیین کیفیت آب رودخانه تجن، استان مازندران، مجله دانش زیستی ایران، سال چهارم. شماره چهارم، صفحات ۶۶-۵۷.

۶- نظامی، ش. ،و خارا، ح.، ۱۳۸۴. ارزیابی اثرات خشکسالی بر تنوع، تراکم، فراوانی و پراکنش موجودات کفزی تالاب امیرکلایه لاهیجان، مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره سوم، صفحات ۱۵۶-۱۴۱.

7- Ahlawat, K., Kumar, A., 2009, Analysis of industrial effluents and its comparison with other effluents from residential and commercial areas in solan H.P, International Journal of Theoretical & Applied Sciences, Vol. 1, pp: 42-46.

8- Akaahan, T., Manyi, M., Azua, E., 2016, Variation of benthic fauna composition in river Benue at Makurdi, Benue State, Nigeria, International Journal of Fauna and Biological Studies 2016, Vol. 3(2), pp: 71-76.

DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7

9- Arimoro, F. O., Ikomi R. B., 2009, Ecological integrity of upper Warri River, Niger Delta using aquatic insects as bioindicators. Ecological Indicators, Vol. 9, pp: 455-461.

10- Buss, D. F., Salles F. F., 2007, Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian river Basin, Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 130, pp: 365-372.

11- Camargo, J. A., Gonzalo, C., Alonso, A., 2011, assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study, Ecological Indicators. Vol. 11, pp: 911- 917.

12- Cooper, M., Knight, S., 1991, Water quality cycles in two hill land streams subjected to natural, and non-point agricultural stresses in the Yazoo Basin of Mississippi, USA (1985-1987). Vol. 24, PP: 1654-1663.

13- Davies, A. 2001. The use and limits of various methods of sampling and interpretation of benthic macro invertebrates, Journal of Limnology, Vol. 60 (suppll.1), pp: 1-6.

14- Edmanson, W. T., 1959, Freshwater Biology, John Wiley and Sons, Inc, U.S.A. 1248 p.

15- Hovhannisyan, A., Shahnazaryan, G., 2016, estimating water quality using site specific assessment method and macro invertebrates: A case of the Akhuryan river basin in Armenia. European Water, Vol. 53, pp: 13-25.

16- Hughes, B. D., 1978, the influence of factors other than pollution on the value of Shannon's diversity index for bentic macroinvertebrates in stream, Water Research. Vol. 12, pp: 359.

17- Karr, J. R., 1998, Rivers as sentile: Using the biology of rivers to guide landscape management", Final Report for USEPA. 28 p.

18- Latimore, J., 2012, Macroinvertebrates. Michigan's Clean Water Corps Retrieved from www.micorps.net, Accessed on 4th June, 2012.

19- Lental, D., 1993, A biotic index for southeastern United Sataes, Derivation and list of tolerance values with criteria for assessing water quality ratings, Vol. 12, pp: 179-290.

20- Loch, D. D., West, J. L., Perlmutter, D. G., 1999, The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates, Aquaculture, Vol. 147, pp: 37-55.

21- Mustow, S. E., 2002, Biological monitoring of rivers in Thailand: use and adaptation of the BMWP score. Hydrobiologia, Vol. 479, pp: 191-229.

22- Pandian, T.J., 1987, Sustainable clean water and aquaculture. Arch. Hydrobiol., Vol. 28, pp: 333-343.

23- Popoola, KOK., Otalekor A., 2011, Analysis of aquatic insects' communities of Awba reservoir and its physio-chemical properties, Research Journal of Environmental and Earth Sciences, Vol. 3(4), pp: 422-428.

24- Quigley, M., 1986, Invertebrates of streams and rivers, Head of Studies in Environmental Biology. Nene College. Northampton, Edward Arnold, 83 p.

25- Roni, P., M., Lierman. A., 2005, Monitoring and evaluating responses of solminid and other fishes to in stream estoration, University of Washington Press, 318-339 pp.

26- Rosenberg, D. M., Resh, V., 1993, Freshwater bio monitoring and benthic macro invertebrates, Chapman & Hall, New York, 1-488.

27- Shukla, A., Shrivastava, S., 2004, Species diversity of macrozoobenthos: A tool for Bio monitoring water pollution of Gandhisagar reservoir, M. P. Indian Biographies & Memoirs, Vol. 30(1), pp: 7-13.

28- Spelman, F. R., Drinan. J. E., 2001, Stream Ecology and Self Purification, Lancaster Technomic Pub. Inc.U.S.A, 26l p.

29- Staneff-Cline, D., Neff, W., 2007, Born to swarm The Plain Dealer, Retrieved January 15, 2008.

30- Wetzel, R. G., 1983, Limnology second edition. Saunders College Publishing, pp: 110-120.

31- Wlodarska, M., Weslawski, J.M., 2001, Impact of climate warming on Arctic benthic biodiversity, Institute of oceanology, polish Academy of Science. Powstancow Warszawy 55, sopot, Poland, 81-712.

مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.23832614.1402.36.1.6.7

Temporal and spatial variation in population structure of *Mayfly* in relation to physicochemical properties of Tajan River - Mazandaran province

Bagheri S.[1], Imanpour Namin J.[1]* Bojkova J.[2] and Esmaili R.[3]

[1] Dept. of Fishery Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, I.R. of Iran

[2] Biology Centre of the Czech Academy of Sciences, Institute of Entomology, Brno, Czech Rep.

[3] DOE of Mazandaran, Sari, I.R. of Iran.

Abstract

Biological assessment is one of the most effective practical and economic methods to determine the health of aquatic ecosystems. Diversity of very sensitive macrobenthos to pollution are used as an indicator of river health. In this study, the effects of physical and chemical environmental variables of stream water on abundance of Ephemeroptera in three sections of Tajan River, upstream, midstream and downstream were examined. Selective sampling was carried out on monthly bases from April to March 2019. One-way analysis of variance was used to evaluate the qualitative status of the sampling stations, Principal component analysis was utilized to determine the effect of environmental factors on separation or overlap of the studied stations and comparative conventional analysis was used to determine the relationship between environmental variables with presence and absence of Ephemeroptera families. Results showed that among physical and chemical variables, flow rate, dissolved oxygen , pH (, EC and TDS varied significantly during the study (The differences were apparent between Mohammadabad station with other two sampling stations in terms of temperature and dissolved oxygen and Tajan station varied significantly with others in terms of EC, TDS and Water flow. Significant positive relationship was observed between abundance of some families of *Ephemeroptera* including *Baetidae* with EC and TDS and *Oligoneuridae* with pH and dissolved oxygen. Therefore, due to the significant relationship between the quality factors of rivers and the frequency of Ephemeroptera, they can be considered as a quality indicator of surface water resources.

Key words: Tajan River, Ephemeroptera, Biological assessment, Biological Indices