بررسی تنوع زیستی و اثر برخی عوامل محیطی بر پراکنش کفزیان رودخانه‌های جاجرود و کرج

- **پریسا تابان**: گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **اصغر عبدلی***: گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
- **نعمت ا... خراسانی**: گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **جابر اعظمی**: گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم،دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: آذر ١٣٩٦ تاریخ پذیرش: اسفند ١٣٩٦

چکیده

در مطالعات حاضر شناسایی و وضعیت تنوع زیستی کفزیان رودخانه‌های حفاظت شده جاجرود و کرج، که تامین‌کننده بخش زیادی از آب شرب شهر تهران می‌باشند، در طول سه سال متوالی به‌طور هم‌زمان بررسی گردیده است. نمونه‌های فیزیکوشیمیایی وکفزیان با سه تکرار از ١٩ ایستگاه با سوربرجمع‌آوری شدند. آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزارهای SPSS، R و Past صورت گرفت. در رودخانه جاجرود تعداد ٦٦٦٧ ماکروبنتوز در ٢٢ خانواده و در رودخانه کرج تعداد ١٣٢٤٦ ماکروبنتوز در ٢٤ خانواده شناسایی شد. بیش‌ترین فراوانی و تنوع ماکروبنتوز درفصل تابستان ومناسب‌ترین زمان برای نمونه‌برداری از کفزیان در محدوده مطالعاتی می‌باشد. نتایج آزمون آماری CCA نشان داد، پارامترهای کل جامدات معلق، هدایت اکتریکی، اکسیژن محلول و pH بیش‌ترین سهم را در توزیع کفزیان داشتند. در رودخانه جاجرود باتیده و در رودخانه کرج سیمولیده بیش‌ترین میزان فراوانی را به‌خود اختصاص دادند. شاخص غالبیت سیمپسون در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی بیش‌تر به سمت یک میل می‌کند که بیانگر فراوانی بالای یک یا چند خانواده نسبت به سایرین است. مقادیر متوسط شاخص تنوع شانون در طول چهار دوره نمونه‌برداری در رودخانه کرج بین ١١/٠±٢/٠٤ تا ٠٦/٠±٢/٥متغیر و در رودخانه جاجرود بین ٢٢/٠±١/٤ تا ٤٢/٠±٢/٤ نوسان داشت. هر دو رودخانه به‌لحاظ تنوع زیستی وفون کفزیان به یکدیگر شباهت دارد. براساس نتایج شاخص‌های تنوع زیستی فعالیت‌های انسانی بر جوامع کفزیان تاثیرگذار بوده و بیش‌ترین تاثیر منفی بر اکوسیستم دو رودخانه ناشی از توسعه تفرجگاه‌ها و تغییرات کاربری اراضی می‌باشد.

کلمات کلیدی: جاجرود و کرج، شاخص تنوع زیستی، کفزیان، عوامل محیطی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:asabdoli@gmail.com

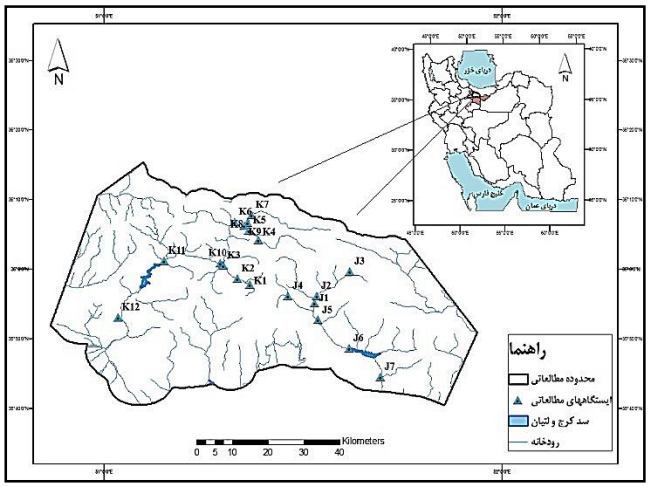
مقدمه

آلودگی اکوسیستم‌های آبی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران بسیار متداول و گسترده است لذا مدیریت و حفاظت از رودخانه‌ها برای تامین آب و استمرار خدمات اکولوژیک آن‌ها امری ضروری و مهم می‌باشد(Aazami و همکاران، ۲۰۱۵). رودخانه‌های کرج و جاجرود از رودخانه‌های مهم و حفاظت‌شده کشور می‌باشند و به‌لحاظ تنوع‌زیستی و تامین آب‌شرب کلان‌شهر تهران با توجه به بحران فعلی کم‌آبی حائز اهمیت هستند که در مطالعات قبلی صورت گرفته در این دو رودخانه نیز به‌لزوم‌حفاظت‌از رودخانه‌های کرج و جاجرود به‌عنوان رودخانه‌های حفاظت‌شده‌ایران‌ونقش محیط‌زیستی این اکوسیستم‌های‌آبی با ارزش اشاره‌شده است (پروندی و همکاران، ۱۳۹۴؛ شیرچی و همکاران، ۱۳۹۱؛محمودی‌وهمکاران،۱۳۹۳). گرچه‌لازم‌است‌مطالعات‌اکولوژیک این رودخانه‌ها تکرار شوند تا ضمن شناسایی دقیق‌تر کفزیان نسبت به‌تعیین‌بهترین شاخص‌زیستی اقدام‌گردد وهم‌چنین باتکرار مطالعات اکولوژیک می‌توان به مدیریت بهتر این دو رودخانه کمک نمود. این موضوع از آن‌جایی اهمیت مضاعف دارد که رودخانه‌های مذکور تامین کننده آب‌شرب بخش‌هایی از شهر تهران می‌باشند. شناسایی و مطالعه کفزیان ازمناسب‌ترین‌روش‌ها برای‌ارزیابی‌سلامت و وضعیت اکولوژیک اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (شکری‌پور و اردلان، ۱۳۹۵). از آن‌جاکه دراکوسیستم‌های‌جاری،جریان آب درهرلحظه باعث تغییر پارامترهای فیزیکوشیمیایی‌آب می‌شودبنابراین اطلاعات‌فیزیکوشیمایی‌می‌بایست به‌صورت پیوسته و در یک‌دوره زمانی طولانی جمع‌آوری شودکه بسیار پرهزینه و زمان‌بر بوده درحالی‌که با استفاده از داده‌های اکولوژیک موجودات‌زنده، می‌توان‌با دقت‌بیش‌تری و برای‌بازه‌طولانی‌تری کیفیت آب را تعیین کرد (Krisanti و همکاران، ۲۰۱۷). ترکیب جمعیت کفزیان‌ارتباط‌نزدیکی با شاخص‌های‌محیطی دارد(پروندی و همکاران، ۱۳۹۵). از آن‌جایی‌که گونه‌های کفزیان آب‌شیرین به‌طور قابل توجهی نسبت به آلودگی‌های محیط‌زیست حساسیت نشان می‌دهند، می‌توان از تغییرات ساختار زیستی آن‌ها (فراوانی، تنوع، غالبیت و یکنواختی) برای سنجش بار آلودگی وارد شده به اکوسیستم استفاده کرد. در رودخانه‌های طبیعی و دست‌نخورده، تنوع و غنای بالایی ازاین گونه‌ها یافت می‌شود (Marzin و همکاران، ۲۰۱۲). کفزیان به‌دلیل تنوع گونه‌ای بالا، وجود در اکثر بوم‌سازگان‌های آبی، جابجایی و تحرک کم، قابلیت تجمع مواد سمی در آن‌ها، نمونه‌برداری آسان و دیده شدن با چشم غیرمسلح، به‌خوبی می‌توانند تغییرات کیفی و سلامت اکوسیستم‌های آبی را تعیین کنند (Aschalew و همکاران، ۲۰۱۵). شاخص‌های تنوع و کیفی، شاخص‌های قابل قبول در ارزیابی زیستی می‌باشند و این شاخص‌ها مقادیر عددی هستند که به‌کمک آن‌ها می‌توان به ارزیابی وضعیت سلامت اکوسیستم پرداخت. شاخص‌های تنوع اطلاعاتی در مورد نحوه پراکنش و توزیع جمعیتی افراد گونه‌ها در اختیار قرار می‌دهند درحالی‌که شاخص‌های زیستی مقادیر عددی هستند که براساس میزان مقاومت کفزیان در برابر آلودگی محاسبه می‌شوند. ارزیابی زیستی روشی ارزان و دقیق برای بررسی وضعیت سلامت اکوسیستم می‌باشد ولیکن در کشور ایران هنوز کاربرد چندانی ندارد(حیدری‌و همکاران،۱۳۹۱).البته‌بهتراست‌تعیین‌وضعیت سلامت اکوسیستم‌های آبی از طریق روش‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی تواماً انجام گردد (Aazami و همکاران، ۲۰۱۵). هدف از انجام این مطالعات، شناسایی و بررسی ساختار جمعیت کفزیان و وضعیت تنوع زیستی با استفاده از شاخص‌های زیستی این موجودات در رودخانه‌های کرج و جاجرود می‌باشد. هم‌چنین اثر عوامل فیزیکی و شیمیایی بر پراکنش کفزیان در دو رودخانه جاجرود و کرج بررسی گردیده است. هر دو اکوسیستم ازجمله رودخانه‌های تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست ایران می‌باشند و به‌لحاظ تنوع زیستی و تامین آب شرب شهر تهران حائز اهمیت می‌باشند. در نهایت وضعیت تنوع زیستی کفزیان این دو رودخانه مهم واقع در حوزه آبریز مرکزی ایران به‌طور هم‌زمان برای سه سال متوالی در مطالعات حاضر بررسی گردیده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی: رودخانه جاجرود در شرق و رودخانه کرج در غرب تهران، چسبیده به پایتخت ایران قرار دارند و بخشی از آب شرب شهر تهران با بیش از ۱۲ میلیون نفر را تامین می‌کنند. رودخانه جاجرود با مساحت حوضه ۶۹۰ کیلومترمربع روند شمال‌غربی- جنوب شرقی و طول حدود ۱۴۰ کیلومتر به دریاچه سد لتیان وارد می‌شود و به‌ترتیب حداقل و حداکثر دبی آن ۱۱۹۷ و ۲۰۸۶ مترمکعب در ثانیه در شهریورماه و اردیبهشت ماه می‌باشد (پروندی و همکاران، ۱۳۹۵). در قسمت شمال‌شرقی حوزه آبریز مرکزی، رودخانه کرج با مساحت حدود ۸۵۰ کیلومتر مربع قرار دارد که ازجمله رودخانه‌های پرآب و با کیفیت دامنه جنوبی البرز محسوب و بین '۳۵ °۵۱ طول شرقی و '۳۶°۰۲ عرض شمالی‌واقع‌شده‌است. رودخانه کرج رودخانه‌ای دائمی‌با طول ۲۴۵ کیلومتر و در طبقه رژیم هیدرولوژیک برفی- بارانی

قرار دارد. سرشاخه ولایت‌رود (ایستگاه‌های k6 تا k4) و شهرستانک (ایستگاه‌های (k1 تا k3)دارای‌بیش‌ترین میزان آبدهی به‌ترتیب ۱۲۷/۷ و ۷۶/۹ میلیون مترمکعب در میان شاخه‌های وارد شده به رودخانه کرج می‌باشند(خاتمی و همکاران، ۱۳۸۵؛محمودی و همکاران، ۱۳۹۳). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل۱. محدوده مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری زیستی و فیزیکوشیمیایی

با درنظر گرفتن کاربری اراضی (موقعیت رستوران‌ها، روستاها، مناطق مسکونی، صنعتی و کشاورزی) دسترسی به ایستگاه، شرایط زمین شناسی، طول رودخانه، پوشش گیاهی و شرایط محلی اقلیمی، ۱۲ و ۷ ایستگاه از رودخانه‌های کرج و جاجرود به‌ترتیب انتخاب شدند. در جدول ۱ نام و مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری ارائه شده است. جنس بستر در ایستگاه‌های مطالعاتی قلوه سنگی و رسوبات درشت دانه می‌باشد. پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل‌دما (°C)، pH ،کدورت (NTU)، اکسیژن محلول، نیترات، فسفات، کل جامدات محلول، مواد جامد معلق، میزان اکسیژن خواهی زیستی، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی (میلی‌گرم‌لیتر)، هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر ثانیه)، عمق و عرض رودخانه و شدت جریان آب در طی سه سال و در فصل‌های پاییز ۹۴، تابستان و پاییز ۹۵ و تابستان ۹۶ مورد سنجش قرار گرفتند. برخی پارامترها مانند اکسیژن محلول و دمای آب، عمق، عرض و شدت جریان رودخانه در محل اندازه‌گیری گردید و سایر پارامترها مطابق با روش APHA نگه‌داری و به آزمایشگاه انتقال داده شد.هم‌زمان با برداشت اطلاعات فیزیکوشیمیایی،نمونه‌برداری از کفزیان با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار سوربر با سطح ۳۰×۳۰ سانتی‌متر با اندازه توری ۲۵۰ میکرون و با ۳ بار تکرار در هر ایستگاه انجام شد. نمونه‌ها در محل توسط الکل ۹۶ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس شناسایی کفزیان با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر درزیرلوپ‌صورت‌گرفت(Hartmann، ۲۰۰۷؛Oscoz وهمکاران، ۲۰۱۱).

جدول۱: نام و مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری

رودخانه	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	کاربری اراضی
جاجرود	J1	۳۵° ۵۵'۴۱.۶"	۵۱° ۳۱'۳۶"	مسکونی
	J2	۳۵° ۵۵'۴۱.۶"	۵۱° ۳۱'۳۶"	مسکونی
	J3	۳۵° ۵۹' ۴۰"	۵۱° ۳۷'۶"	باغ
	J4	۳۵° ۵۶'۱.۰۶"	۵۱° ۲۷'۴۹.۳۷"	مسکونی
	J5	۳۵° ۵۱'۵۱.۱۵"	۵۱° ۳۲'۴۰.۴"	مرتع
	J6	۳۵° ۴۸'۶۴"	۵۱° ۳۶'۵۸"	مسکونی
	J7	۳۵° ۴۴'۱۱"	۵۱° ۴۱'۳۷.۸۶"	مسکونی
کرج	K1	۳۵° ۵۷'۴۵.۸"	۵۱° ۲۱'۸۶.۷"	مرتع
	K2	۳۵°۵۸'۳۵.۳	۵۱° ۲۰'۶.۹"	مرتع
	K3	۳۶° ۰۰'۳۰.۶"	۵۱°۱۸'۲.۷	مرتع
	K4	۳۶° ۴'۱۳.۸"	۵۱° ۲۳'۱۹.۶"	مرتع
	K5	۳۶° ۵'۳۵.۵"	۵۱° ۲۱'۵۲.۸"	مرتع
	K6	۳۶° ۶'۴۵.۷"	۵۱° ۱۹'۴۲.۶"	مرتع
	K7	۳۶° ۰۷'۴۶.۶"	۵۱° ۲۲'۱۷.۰"	مرتع
	K8	۳۶° ۰۶'۳۹.۹"	۵۱° ۲۱'۳۸.۵"	مرتع
	K9	۳۶° ۰۶'۱۴.۲"	۵۱° ۲۱'۰۹.۸"	مرتع
	K10	۳۶°۰۰'۵۰.۵"	۵۱°۱۷'۳۳".۲	مرتع
	K11	۳۶° ۰۱'۱۷.۷۳"	۵۱° ۰۹'۹.۱۹"	مرتع
	K12	۳۵°۵۵'۳۸.۱۲"	۵۱° ۰۳'۳۲۰۷"	مرتع

شاخص‌های تنوع زیستی: پس از شناسایی و شمارش کفزیان، شاخص‌های تنوع‌زیستی بااستفاده ازنرم‌افزار اکولوژیک PAST محاسبه

شد (Hammer و همکاران،۲۰۰۱). شاخص‌های تنوع‌زیستی در این مطالعات شامل شاخص تنوع شانون- وینر(H)، شاخص سیمپسون و مارگالف می‌باشند.

شاخص تنوع شانون- وینر(H): براساس شاخص شانون- وینر هرچه مقدار شاخص کم‌تر از یک و نزدیک صفر باشد، محیط آلوده‌تر و افزایش میزان شاخص به بیش از ۳ نشانگر عدم آلودگی منابع آبی است (خسروانی و همکاران،۱۳۹۳): $H= \sum_{i=1}^{s}(piLnPi)$

H: تابع شانون؛ S: تعداد گونه؛P i: فراوانی نسبی گونه iام

شاخص سیمپسون: این شاخص در سال ۱۹۴۹ توسط سیمپسون ارائه شده است که به‌صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۸): $D = 1 - \sum_{i=1}^{S}(pi2).$

Pi: نسبت فراوانی هریک از گونه‌ها در نمونه که به‌صورت زیر محاسبه شد: Pi=ni/N

S= تعداد کل گونه ،N= تعداد افراد تشکیل‌دهنده تمام گونه‌ها در نمونه،D= شاخص سیمپسون، ni = تعداد افراد گونه

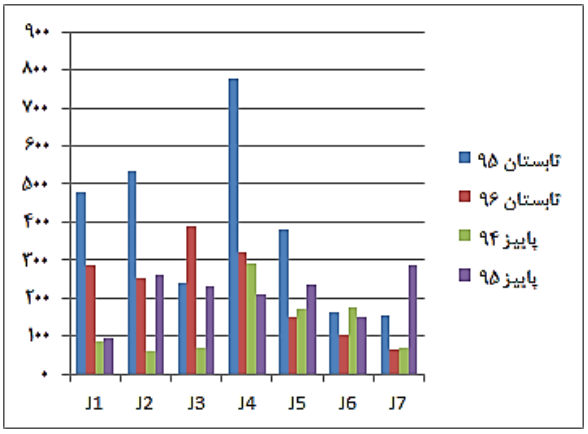
شاخص مارگالف: در سال ۱۹۸۵ مارگالف شاخص تنوع را با فرمول D=S-1/LnN ارائه کرد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۸).

D= شاخص مارگالف،N= تعداد کل افراد، S= تعداد گونه

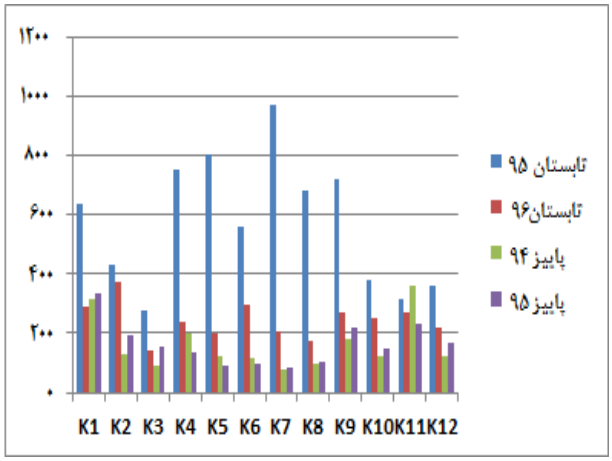
تجزیه و تحلیل آماری: تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS، PAST، R (Vegan-package) انجام شد. قبل از انجام آنالیزها تعداد کفزیان طبق فرمول log(x+1) نرمال گردید (Arimoro و همکاران، ۲۰۱۷). از تجزیه و تحلیل تطبیق متعارف (CCA) در نرم‌افزار R برای بررسی تاثیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی بر توزیع جمعیت کفزیان استفاده شد. CCA جدیدترین روش گروه‌بندی و تحلیل ارتباط گونه‌ها با عوامل محیطی می‌باشد که در آن از آزمون‌های رگرسیونی و همبستگی به‌صورت هم‌زمان می‌توان استفاده نمود و به‌راحتی روابط گونه‌ها و پارامترهای محیطی را نشان می‌دهد (Aazami و همکاران، ۲۰۱۵). آنالیز CCA به‌وسیله بسته نرم‌افزاری Vegan در محیط نرم‌افزار R انجام می‌شود. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها آنالیز همبستگی پیرسون برای تعیین همبستگی بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و داده‌های فراوانی کفزیان استفاده شده است.

نتایج

در رودخانه جاجرود تعداد ۶۶۶۷ ماکروبنتوز در ۲۲ خانواده و ۸ راسته و در رودخانه کرج تعداد ۱۳۲۴۶ماکروبنتوز در ۲۴ خانواده و ۸ راسته شناسایی شد. کفزیان شناسایی شده در محدوده مطالعاتی در جداول ۲ و ۳ و وضعیت فراوانی آن‌ها در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. بیش‌ترین فراوانی کفزیان شناسایی شده در هر دو رودخانه در فصل تابستان می‌باشد (شکل‌های ۲و ۳).



شکل۲: فراوانی کفزیان در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود



شکل۳: فراوانی کفزیان در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه کرج

در جداول ۴ و ۵،درصد خانواده‌های غالب(CDF%) در ایستگاه‌های مطالعاتی در چهار دوره نمونه‌برداری در رودخانه‌های جاجرود و کرج آورده شده است.

جدول۲: کفزیان شناسایی شده در رودخانه جاجرود

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه						
			J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
Ephemeroptera	Baetidae	*Baetis*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Acentrella	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Heptageniidae	*Heptagenia*			✓		✓		
		Ecdyonurus		✓					
		Rithrogena		✓	✓				
		Epeorus	✓		✓			✓	
Diptera	Chironomidae		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tipulidae		✓	✓		✓	✓	✓	
	Blephariceridae		✓	✓	✓				
	Simullidae		✓	✓	✓	✓	✓		
	Limoniidae				✓				
	Ceratopogonidae (nymph)			✓		✓			
	Stratiomyidae				✓				
	Empididae	*Clinocerinae*			✓		✓		
	Athericidae		✓						
	Tabanidae		✓						
	Chaoboridae		✓						
Trichoptera	Hydroptiloidea				✓				
	Hydropsychidae		✓	✓	✓		✓	✓	
Coleoptera	Elmidae				✓	✓			
Oligochaete	Tubificidae			✓		✓			
	Lumbricidae		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Pleocoptera	Perlilodidae			✓		✓			
	Capniidae		✓		✓				
Hymenoptera	Agriotypinae		✓						
Crustaceae	Potamonidae								✓

جدول۳: کفزیان شناسایی شده در رودخانه کرج

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه										
			K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Ephemeroptera	Batidae	*Acentrella*	✓					✓	✓	✓	✓	✓		✓
		Baetis	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Heptageniidae	*Rhitrogena*			✓							✓		
		Heptagenia										✓		
		Epeorus	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Coleoptera	Dytiscidae										✓			
	Elmidae		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓
Diptera	Athericidae								✓					
	Empididae			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
	Blephariceridae		✓				✓	✓				✓	✓	✓
	Chironomidae		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tabanidae			✓	✓									
	Tipulidae			✓	✓		✓	✓			✓	✓		✓
	Ceratopogonia (Nymph)					✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓
	Thaumaleidae					✓								
	Limoniidae		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Simuliidae		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Stratiomyidae							✓	✓	✓	✓			
	Simuliidae (nymph)		✓			✓			✓	✓	✓			✓
	Sciomyzidae						✓							
Oligochaete	Lumbricidae		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓			✓
	Tubificidae		✓	✓	✓	✓	✓	✓						
Trichoptera	Hydropsychidae		✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓
	Rhyacophilidae					✓								
Amphipoda	Gammaridae	*Gammarus*						✓						
Plecoptera	Taeniopterygidae	*Taeniopteryx*						✓		✓	✓			
Mollusca	Hydrobiidae												✓	

جدول۴: درصد خانواده‌های غالب در ایستگاه‌های مطالعاتی در چهار دوره نمونه‌برداری در رودخانه جاجرود

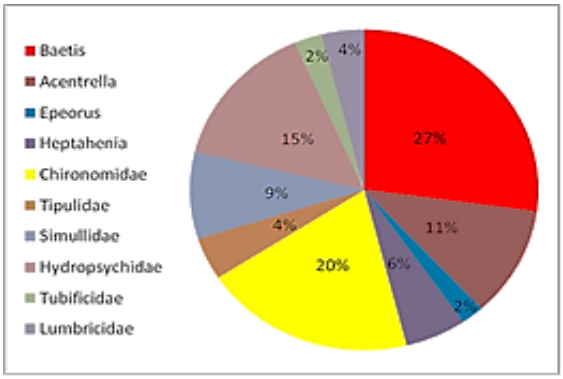
ایستگاه	پاییز۹۴		پاییز ۹۵		تابستان ۹۵		تابستان ۹۶	
	%CDF	نام خانواده غالب	%CDF	نام خانواده غالب	%CDF	نام خانواده غالب	%CDF	نام خانواده غالب
J1	۴۰/۹۸	Chironomidae	۳۲/۲۵	Chironomidae	۴۴/۳		۶۲/۱	
J2	۶۶/۰۱		۵۶/۳۱	Hydropsychidae	۶۸/۲۳		۳۴/۷	
J3	۴۵/۰۴		۴۳/۱۸		۵۱/۰۸	Baetidae	۳۸/۱۴	Baetidae
J4	۶۷/۴۲	Baetidae	۶۲/۲۸	Chironomidae	۷۹/۵۳		۴۲	
J5	۷۴/۷۳		۲۷/۴۸	Heptageniidae	۸۷/۳		۶۰/۴	
J6	۹۰/۲۲		۵۷/۵	Baetidae	۵۹/۴۸		۵۰/۹	
J7	۴۲/۴۷		۷۰/۱		۹۶/۱۷		۵۳/۹	Chironomidae

جدول۵: درصد خانواده‌های غالب در ایستگاه‌های مطالعاتی در چهار دوره نمونه‌برداری در رودخانه کرج

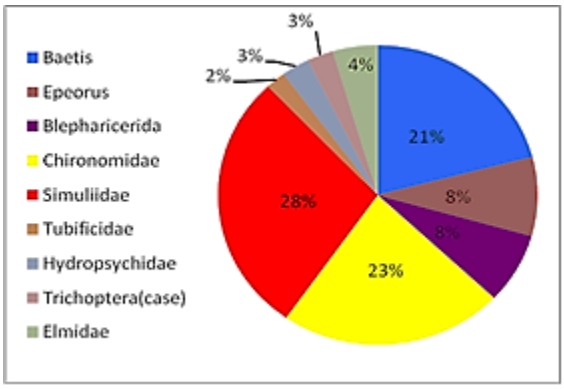
ایستگاه	پاییز۹۴		پاییز ۹۵		تابستان ۹۵		تابستان ۹۶	
	%CDF	نام خانواده غالب	%CDF	نام خانواده غالب	%CDF	نام خانواده غالب	%CDF	نام خانواده غالب
K1	۳۶/۲۹	Baetidae	۴۶/۱	Chironomidae	۷۴/۶۸		۴۷/۴۲	Simuliidae
K2	۸۱/۷	Heptageniidae	۵۱/۳		۳۸/۷۸	Chironomidae	۷۳	
K3	۵۴/۱۶		۵۷/۷	Heptageniidae	۲۷/۴۸		۴۰	Baetidae
K4	۷۷/۲۴	Chironomidae	۲۹/۱	Chironomidae	۵۵/۵	Simuliidae	۷۰/۲۹	
K5	۵۱/۷۲		۴۷/۱	Baetidae	۴۸/۳۷		۵۸	
K6	۳۷/۵۳	Heptageniidae	۳۳	Hydropsychidae	۴۶/۷۷	Chironomidae	۵۵/۷	Simuliidae
K7	۳۹/۱	Simuliidae	۳۹	Elmidae	۸۱/۴۲		۶۶/۵	
K8	۳۶/۲	Chironomidae	۴۱/۴	Heptageniidae	۵۳/۹۵	Simuliidae	۵۵/۶۸	
K9	۳۸/۳		۴۶/۵	Elmidae	۴۱/۳۵		۴۸/۲	
K10	۴۲/۶	Baetidae	۴۲/۳	Hydropsychidae	۶۸/۲۵		۵۸/۸۹	Baetidae
K11	۴۷/۸۱	Chironomidae	۴۶/۵	Baetidae	۸۱/۴۴	Baetidae	۳۷/۹۱	Heptageniidae
K12	۷۷/۵۱	Baetidae	۵۵/۳		۴۵/۳		۳۲/۲۷	Simuliidae

CDF: Percent contribution of Dominant Family

براساس جداول ۴ و ۵، در رودخانه کرج در پاییز ۹۴، Chironomidae در پاییز ۹۵، Baetidae و در تابستان ۹۵ و ۹۶ Simullidae بیش‌ترین فراوانی را به‌خود اختصاص می‌دهند و در رودخانه جاجرود Baetidae بیش‌ترین فراوانی را در هر چهار دوره نمونه‌برداری دارد. درصد فراوانی تاکسون‌های شناسایی شده در رودخانه‌های جاجرود و کرج در چهار دوره نمونه برداری در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. تاکسون‌هایی که میزان فراوانی زیر ۱ درصد داشته اند در شکل‌های مذکور نمایش داده نشده‌اند. براساس شکل‌های ۴ و ۵ در رودخانه جاجرود، Baetidae و در رودخانه کرج Simullidae بیش‌ترین میزان فراوانی را به‌خود اختصاص می‌دهند. در رتبه بعدی در هر دو رودخانه Chironomidae قرار دارد که این نتایج جهت شناخت دقیق تغییرات اکولوژیک مدیریت رودخانه‌ها حائز اهمیت است.



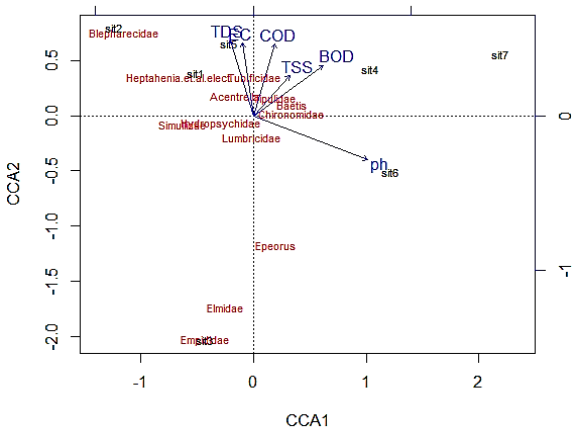
شکل۴: درصد فراوانی تاکسون‌های شناسایی شده در چهار دوره نمونه‌برداری در رودخانه جاجرود



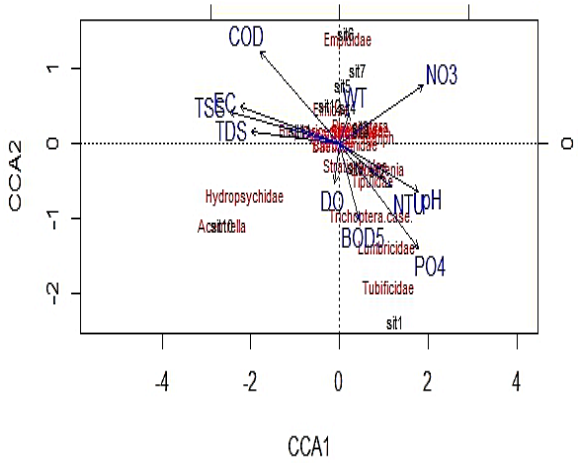
شکل ۵: درصد فراوانی تاکسون‌های شناسایی شده در چهار دوره نمونه‌برداری در رودخانه کرج

بر اساس نتایج CCA (شکل‌های ۶ و۷) و نتایج همبستگی پیرسون بین فراوانی کفزیان و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در رودخانه جاجرود، اجزا اصلی مولفه CCA1 عبارتند از BOD، دمای آب، اکسیژن محلول و pH واجزا مولفه CCA2، شدت جریان آب، اکسیژن محلول، دمای آب می‌باشد. در رودخانه کرج نیترات، هدایت الکتریکی و کل جامدات معلق اجزای مولفه‌های CCA را تشکیل می‌دهند و مهم‌ترین پارامترهای محیطی در توزیع کفزیان هستند.

نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های تنوع‌زیستی در جداول ۶ و ۷ نشان داد مقادیر متوسط شاخص تنوع Shannon-Wiener (H)، در طول چهار دوره نمونه‌برداری در رودخانه کرج بین۰/۱۱±۲/۰۴ تا ۰/۰۶±۲/۵متغیر و در رودخانه جاجرود بین ۰/۲۲±۱/۴ تا ۰/۴۲±۲/۴ نوسان داشته است. کم‌ترین مقدار این شاخص در رودخانه جاجرود مربوط به ایستگاه J7 و در رودخانه کرج مربوط به ایستگاه‌های k1 تا k3 می‌باشند که بر این اساس نتایج این شاخص، ایستگاه‌های نامبرده، نسبت به سایر ایستگاه‌ها آلودگی بیش‌تری دارند. براساس نتایج جداول ۶ و ۷، شاخص Simpson (D) در هر دو رودخانه بیش‌تر به سمت یک میل می‌کند و براساس نتایج شاخص Margalof (DMg) کم‌ترین تنوع گونه ای در ایستگاه J7 و بیش‌ترین میزان تنوع گونه‌ای مربوط به ایستگاه J3 می‌باشد.



شکل۶: توزیع کفزیان با توجه به پارامترهای فیزیکوشیمیایی رودخانه جاجرود



شکل۷: توزیع کفزیان با توجه به پارامترهای فیزیکوشیمیایی رودخانه کرج

جدول ۶: میانگین نتایج محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود در چهار دوره نمونه‌برداری

نام ایستگاه	شاخص‌های تنوع زیستی		
	Margalof	Simpson	Shanon-Wiener
J1	۳/۳۷	۰/۸۹	۲/۴۵
J2	۲/۷۹	۰/۸۴	۲/۲۰
J3	۳/۳۸	۰/۸۶	۲/۳۶
J4	۲/۳۵	۰/۸۰	۱/۸۵
J5	۲/۵۳	۰/۸۱	۲/۰۱
J6	۲/۵۰	۰/۸۱	۲/۰۶
J7	۱/۲۱	۰/۷۲	۱/۴۹

جدول۷: میانگین نتایج محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه کرج در چهار دوره نمونه‌برداری

نام ایستگاه	شاخص‌های تنوع زیستی		
	Margalof	Simpson	Shanon-Wiener
K1	۲/۴۹	۰/۸۴	۲/۱۶
K2	۲/۳۳	۰/۸۲	۲/۰۴
K3	۲/۲۳	۰/۸۳	۲/۰۸
K4	۳/۴۵	۰/۸۵	۲/۲۷
K5	۲/۶۱	۰/۸۵	۲/۱۷
K6	۳/۱۵	۰/۸۷	۲/۴۰
K7	۳/۲۹	۰/۸۳	۲/۲۱
K8	۳/۱۷	۰/۸۲	۲/۲۲
K9	۳/۹۴	۰/۸۸	۲/۵۳
K10	۲/۷۱	۰/۸۳	۲/۲۳
K11	۱/۸۱	۰/۸۳	۲/۰۹
K12	۲/۶۵	۰/۸۹	۲/۴۳

بحث

شناسایی تعداد ۱۹۹۱۳ کفزیان در محدوده مطالعاتی و فراوانی گونه‌های شناسایی شده در رودخانه‌های جاجرود وکرج بیانگر وجود تنوع زیستی در این رودخانه‌ها و اهمیت آن‌ها به جهت حفاظت می‌باشد. از طرف دیگر این تنوع زیستی بیانگر وجود تغییرات در طول رودخانه‌هاست (پروندی و همکاران، ۱۳۹۴). براساس نتایج به‌دست آمده از شکل‌های ۲ و ۳ بیش‌ترین فراوانی و تنوع جوامع کفزیان در محدوده مطالعاتی در فصل تابستان می‌باشد که به‌علت افزایش تولید فیتوپلانکتونی دراین فصل با افزایش دما، مواد غذایی در دسترس کفزیان بیش‌تر می‌باشد (شربتی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به این مساله و براساس نتایج مطالعات Beatty و همکاران (۲۰۰۶)، پروندی و همکاران (۱۳۹۴) و محمودی و همکاران (۱۳۹۳)، بهترین فصل برای نمونه‌برداری از کفزیان با توجه به کم بودن دبی و هم‌چنین سیکل زندگی این موجودات تابستان و پاییز می‌باشد که در این مطالعات هم نمونه‌برداری در این زمان صورت گرفته است. براساس نتایج به‌دست آمده از شکل‌های ۴ و ۵، لارو حشرات آبزی، فون غالب کفزیان رودخانه‌های جاجرود و کرج را تشکیل داد و در واقع کوهستانی بودن منطقه مطالعاتی موجب این امر گردیده است. خانواده‌های غالب شناسایی شده در محدوده مطالعاتی نیز مشابه با نتایج مطالعات قبلی در این محدوده مطالعاتی می‌باشد (خاتمی، ۱۳۸۳؛ پروندی و همکاران، ۱۳۹۴؛ شیرچی و همکاران، ۱۳۹۴). براساس جداول و شکل‌های ۴ و ۵ خانواده غالب در رودخانه جاجرود Baetidae و در رودخانه کرج Simullidae می‌باشد که براساس مطالعات Mandavilles (۲۰۰۲) وقتی غالبیت در جامعه با تعداد کمی خانواده باشد، مقدار شاخص CDF بالا بوده و جامعه تحت تاثیر تنش‌های محیطی می‌باشد که در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی مقدار این شاخص بالاتر از ۵۰ درصد می‌باشد. هم‌چنین براساس شکل‌های ۴ و ۵، خانواده شیرونومیده در هر دو رودخانه فراوانی بالایی را به‌خود اختصاص می‌دهد که این خانواده در آب‌های با کیفیت نامناسب (عموماً ناشی از اکسیژن محلول کم و مواد مغذی بالا) مشاهده می‌شود. Landon و همکاران (۲۰۰۶) و بیانگر این است که اکوسیستم رودخانه تحت تاثیر تنش‌های آلودگی محیط قرار دارد (کمالی و اسماعیلی ساری، ۱۳۸۸). رودخانه‌هایی که تحت تاثیر عوامل آلاینده کم‌تری هستند گونه‌های حساس در آن‌جا غالبیت دارند و آن‌ها که در معرض آلودگی بیش‌تر قرار دارند، تنوع و غنای گونه‌ای کم‌تر و گونه‌های مقاوم غالبند (Ortiz و همکاران، ۲۰۰۷). براساس شکل‌های ۶ و ۷ از طول بردار هر متغیر می‌توان به‌شدت تاثیر آن بر توزیع کفزیان پی برد (پروندی و همکاران، ۱۳۹۵). زمانی‌که طول بردارها تقریباً یکسان باشد بیانگر آن است که توزیع اکثر گونه‌ها از همه مولفه‌ها تاثیر می‌پذیرند. نتایج به‌دست آمده از CCA نشان می‌دهد پارامترهای فیزیکوشیمیایی بر توزیع کفزیان و تنوع و فراوانی آن‌ها تاثیرگذار است که مشابه با نتایج مطالعات Obot و همکاران (۲۰۱۴) و Yazdian و همکاران (۲۰۱۴) است و نتایج مطالعات آن‌ها بیانگر تاثیر

پارامترهای محیطی بر تنوع و فراوانی کفزیان است. هم‌چنین براساس مطالعات you و همکاران (۲۰۱۴) نیز عوامل فیزیکوشیمیایی بر تنوع و فراوانی کفزیان تاثیرگذار هستند. براساس مطالعات باقری‌توانی و همکاران (۱۳۹۳) عوامل متفاوتی بر تراکم، پراکنش و تنوع کفزیان نقش دارند که می‌توان به میزان مواد آلی، دما، شوری، اکسیژن محلول و pH اشاره نمود. نتایج مطالعات محمودی و همکاران (۱۳۹۳) در رودخانه کرج نشان داد پارامترهای pH، نیترات، فسفات، کدورت و مطالعات قبلی توسط پروندی و همکاران (۱۳۹۴) در رودخانه جاجرود نشان داد نیترات، اکسیژن محلول، فسفات، فسفر، کل جامدات معلق، BOD، شدت جریان و عمق آب در توزیع کفزیان اثر معنی‌داری دارند که با نتایج مطالعات حاضر تطابق دارد.

براساس نتایج به‌دست آمده از شکل‌های CCA، پارامترهای کدورت، TSS، BOD و نیترات که در توزیع کفزیان تاثیرگذار هستند و به‌علت ویلا سازی و ساخت و ساز و هم‌چنین وجود مناطق مسکونی و رستوران‌ها در حاشیه هر دو رودخانه و تخلیه فاضلاب آن‌ها به رودخانه‌ها و استفاده از کود در باغات اطراف، این پارامترها در این دو رودخانه وجود دارد (Zaabar و همکاران، ۲۰۱۵). مقدار بالای EC نیز تراکم کفزیان وابسته به آب‌های با کیفیت مناسب را کاهش می‌دهد (Mattsson و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های تنوع زیستی شانون در جداول ۶ و ۷ نیز با این امر تطابق داشته و مقدار این شاخص در هیچ‌کدام از ایستگاه‌های مطالعاتی بیش‌تر از عدد ۳ که بیانگر عدم آلودگی منابع آبی است، نمی‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده از شاخص تنوع زیستی Simpson (جداول ۶ و ۷)، در منطقه مطالعاتی در تمامی ایستگاه‌ها مقدار این شاخص به سمت یک میل می‌کند که با نتایج مطالعات شکری‌پور و اردلان (۱۳۹۵) هم‌خوانی دارد. شاخص Simpson درجه غالبیت را نشان می‌دهد و معمولاً هرچه غالبیت یک گونه در اجتماع بیش‌تر باشد، این مقدار به سمت یک میل می‌کند و برعکس هرچه توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد این مقدار به سمت صفر میل می‌کند (Tello و همکاران، ۲۰۱۰).

براساس نتایج شاخص مارگالف (جدول ۶) کم‌ترین تنوع گونه‌ای در ایستگاه J7 و بیش‌ترین میزان تنوع گونه‌ای مربوط به ایستگاه J3 می‌باشد که با نتایج مطالعات پروندی و همکاران (۱۳۹۵) تطابق دارد. شاخص مارگالف، غنای گونه‌ای را نشان می‌دهد هرقدر کیفیت آب و ایستگاه در محل مورد بررسی بهتر باشد، مقدار این شاخص افزایش می‌یابد. شاخص غنای گونه‌ای یک اکوسیستم گویای وضعیت محیط از لحاظ شرایط مناسب زیست آن‌ها می‌باشد، زیرا شرایط محیطی مطلوب موجب افزایش حضور گونه‌ها می‌شود (باقری‌توانی ،۱۳۹۴). ایستگاه J7، بعد از دریاچه سد لتیان واقع شده است و به‌طورکلی سدسازی بر تنوع و فراوانی کفزیان اثرگذار می‌باشد و باعث کاهش فراوانی و تنوع کفزیان می‌شود (Mwedzi و همکاران، ۲۰۱۶؛ Li و همکاران، ۲۰۱۳). بالاترین تنوع گونه‌ای در رودخانه جاجرود مربوط به ایستگاه J3 بود چون این ایستگاه نسبتاً از کاربری‌های انسانی دور می‌باشد که نتایج مطالعات پروندی و همکاران (۱۳۹۴) نیز تاییدی بر این امر است. براساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۷ نیز ایستگاه‌های k1 تا k3 , k5 تنوع گونه‌ای پایین می‌باشند چون این ایستگاه‌ها در سرشاخه‌های شهرستانک، ولایت‌رود (k1-k6) می‌باشند و به سبب آن است که این دو سرشاخه جز تفریحگاه‌های مهم اهالی کرج و تهران محسوب می‌شود و از مهم‌ترین منابع آلوده کننده آن‌ها رستوران‌ها، باغ‌های خانوادگی، ویلاها و مناطق مسکونی در حریم رودخانه و حضور گسترده گردشگران در حواشی رودخانه و مراکز تفریحی موجود در منطقه و ورود بیش از حد زباله‌ها و شیرابه‌ها به رودخانه می‌باشد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۳؛ شایان و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج به‌دست آمده از کفزیان شناسایی شده در رودخانه‌های جاجرود و کرج (جداول ۲و ۳ و شکل‌های ۴ و ۵) و شاخص‌های تنوع زیستی بیانگر آن است که دو منطقه به‌لحاظ فون کفزیان و تنوع زیستی تا حدودی به یکدیگر شباهت دارند. از آن‌جایی‌که این رودخانه هر دو در حوزه آبریز مرکزی قرار دارند به‌علت تشابه شرایط فیزیکو شیمیایی، زمین‌شناختی و اقلیمی منطقه مانند نوع سنگ بستر، ارتفاع، میزان بارندگی، pH به‌نظر می‌رسد تنوع کفزیان نیز مشابه هستند (محمودی و همکاران، ۱۳۹۳). عوامل تهدیدکننده و ایجاد آلودگی در هر دو رودخانه به‌علت این‌که از مناطق مهم گردشگری شهر تهران می‌باشند عوامل انسانی و حضور گردشگران به‌خصوص در فصل تابستان می‌باشد.

مهم‌ترین ویژگی این مطالعات، پایش و بررسی هم‌زمان دو رودخانه حفاظت شده جاجرود و کرج که هر دو در حوزه آبریز مرکزی ایران قرار دارند، درطی سه سال متوالی با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی کفزیان و پارامترهای فیزیکوشیمیایی می‌باشد. اهمیت این دو رودخانه به جهت تامین آب شرب تعداد زیادی از جمعیت تهران بدیهی است. هر دو رودخانه به‌لحاظ تنوع زیستی و فون کفزیان به یکدیگر شباهت دارند و تنوع و فراوانی کفزیان تحت تاثیر پارامترهای محیطی بر اکوسیستم قرار می‌گیرد. براساس نتایج به‌دست آمده از

شاخص تنوع شانون هر دو رودخانه دارای آلودگی متوسط می‌باشند. منابع آلودگی هر دو رودخانه که از مناطق توریستی اطراف شهر تهران هستند فعالیت‌های انسانی می‌باشد و اثرات این فعالیت‌ها ازجمله سدها، رستوران‌ها و باغ‌ها، تخلیه زباله در حریم رودخانه، تخلیه فاضلاب‌های خانگی به رودخانه و حضور گردشگران به‌خصوص در فصل تابستان می‌تواند کیفیت اکولوژیکی آب را کاهش دهد. نتایج مطالعات در محدوده مطالعاتی نشان داد که منابع آلاینده نقطه‌ای (باغ‌ها، رستوران‌ها و روستاها) و غیرنقطه‌ای مانند (فعالیت‌های توریستی و گردشگری) بیش‌ترین تاثیر منفی را بر اکوسیستم این دو رودخانه دارند. از آن‌جایی‌که رودخانه‌های جاجرود و کرج از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی به‌لحاظ تنوع‌زیستی می‌باشندوبرای‌شرب جمعیت زیادی از پایتخت ایران استفاده می‌شوند و هر دو اکوسیستم به‌شدت تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارند ضروری است احتیاط‌های لازم درخصوص سلامت اکولوژیک آب این دو رودخانه انجام شود. تنوع بالای کفزیان این مناطق نیاز به بررسی و مطالعه دارد و ضرورت دارد تا ضمن مطالعات بیش‌تر و هم‌زمان و نمونه‌برداری از سایر عوامل زیستی نسبت به مدیریت صحیح و حفاظت از رودخانه‌ها اقدام کرد.

منابع

۱. **باقری‌توانی، م.؛ فغانی، ح. و نوروزی، م.، ۱۳۹۳.** اثر تغییرات شوری و pH بر پراکنش ماکروبنتوزها طی فصول مختلف در مصب رودخانه شیرود. علوم و مهندسی محیط زیست. شماره ۴، صفحات ۶۳ تا ۷۰.

۲. **باقری‌توانی، م.، ۱۳۹۴.** بررسی شاخص‌های ماکروبنیتک در رودخانه شیرود. زیست شناسی دریا. صفحات ۸۱ تا ۹۶.

۳. **پروندی، ش.؛ عبدلی، ا. و هاشمی، س.م.، ۱۳۹۴.** پایش و تعیین کارایی شاخص‌های زیستی ماکروبنتوز برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه جاجرود. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی. ۱۱۱ صفحه.

۴. **پروندی، ش.؛ عبدلی، ا. و هاشمی، س.م.، ۱۳۹۵.** ارزیابی زیستی رودخانه جاجرود با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها. مجله بوم‌شناسی آبزیان. سال ۳، صفحات ۲۰ تا ۳۲.

۵. **حیدری، ن.؛ یزدیان، ح.؛ زهرایی، ب. و جعفرزاده‌حقیقی‌فرد، ن.، ۱۳۹۱.** ارزیابی زیستی رودخانه کشکان رود براساس تنوع و ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها. همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط زیست.

۶. **خاتمی، ح.، ۱۳۸۳.** پایش اکولوژیک ماکروبنتوزها. سازمان حفاظت محیط زیست.

۷. **خاتمی، ح.؛ ریاضی، ب. و مدیری‌آثاری، ا.، ۱۳۸۵.** ارزیابی بیولوژیک رودخانه کرج. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. سال ۲، شماره ۱، صفحات ۷۱ تا ۷۸.

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

۹. **شایان، س.؛ بنی‌صفار، م.؛ زارع، غ. و فضلی، ن.،۱۳۹۲.** ارزیابی توانمندی توسعه گردشگری پایدار ژئومورفوسایت‌ها با تاکید بر روش کومانسکو (مطالعه موردی: ژئومورفوسایت‌های مسیر گردشگری کرج- چالوس تا تونل کندوان). نشریه برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری. شماره ۲۳، صفحات ۷۸ تا ۹۴.

۱۰. **شربتی، ص.؛ اکرمی، ر.؛ یلقی، س.؛ میردار، ج. و احمدی، ز.، ۱۳۹۱.** شناسایی، تعیین فراوانی و زی‌توده جوامع ماکروبنتوزها در ساحل جنوب‌شرقی دریایی خزر. مجله شیلات ایران. دوره ۱۱، شماره ۳، صفحات ۲۳ تا ۳۱.

۱۱. **شکری‌پور، ز. و اشجع‌اردلان، آ.، ۱۳۹۵.** شناسایی و بررسی تنوع ماکروبنتوزهای رودخانه کرج. مجله پژوهش‌های جانوری. جلد ۲۹، شماره ۴، صفحات ۴۴۲ تا ۴۵۳.

۱۲. **شیرچی، ز.؛ عبدلی، ا. و هاشمی، س.م.،۱۳۹۴.** ارزیابی زیستی رودخانه جاجرود با استفاده از شاخص‌های یگانه و مولتی متریک، مجله منابع طبیعی ایران. سال ۵، شماره ۴، صفحات ۸۳ تا ۹۳.

۱۳. **شیرچی، ز.؛ عبدلی، ا.؛ هاشمی، س.م. و کامبوزیا، ج.، ۱۳۹۱.** استفاده از شاخص زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه جاجرود. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی. ۹۶ صفحه.

۱۴. **کمالی، م. و اسماعیل‌ساری، ا.، ۱۳۸۸.** ارزیابی زیستی رودخانه لاسم با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوز. مجله علوم محیطی. سال ۱۲، شماره ۲، صفحات ۵۱ تا ۶۱.

۱۵. **طباطبایی، ط.؛ امیری، ف. و پذیرا، ع.، ۱۳۸۸.** پایش ساختار و تنوع اجتماعات ماکروبنتیک به‌عنوان شاخص آلایندگی در خورهای موسی و غنام. مجله علمی و پژوهشی شیلات. سال ۳، شماره ۴، صفحات ۲۹ تا ۴۱.

۱۶. **محمودی، م.؛ عبدلی، ا. و تقوی، ل.،۱۳۹۳.**بررسی شاخص‌های ماکروبنتیک به‌منظور بررسی آلودگی‌های آب (مطالعه موردی سرشاخه‌های شهرستانک و ولایت‌رود. رودخانه کرج، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه علوم و تحقیقات تهران. ۱۱۵ صفحه.

۱۷. **Aazami, J.; Esmaili-Sari, A.; Abdoli,A.; Sohrabi, H. and Van den Brink, P.J., 2015.** Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using physicochemical, fish and macro invertebrates indices. Journal of Environmental Health Science and Engineering. Vol. 2, pp: 13-29.

۱۸. **Arimoro, F.O. and Unique, N.K., 2017.** The intensity of Human-induced impacts on the distribution and diversity of macroinvertebrates and water quality of GbakoRiver,North Central, Nigeria. Journal of Energy Ecology Environonment. Vol. 11, pp: 143-154.

۱۹. **Aschalew, L. and Moog, O., 2015.** Benthic macroinvertebrates based new biotic score,ethbios for assessing ecological conditions of highland streams and rivers in Ethoiopia. Journal of Limnoligica. Vol. 5, pp: 9-11.

۲۰. **Beatty, J.; Macdonal, l.; Westcott, F. and perrin, C., 2006.** Guidlines for Sampling bentic invertebrates in British Columbia streams. 34 p.

۲۱. **Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. and Ryan, P.D., 2001.** PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis.

۲۲. **Hartmann, A., 2007.** Field key for selected benthic invertebrates from the HKN region.

۲۳. **Krisanti, M.; Wardiatno,Y. and Yam, A., 2017.** Assessing the ecological status of the Cisadane River head waters using benticmacroinvertebrate. Journal of Earth and Environmental Science.

۲۴. **Langdon, P.G.; Ruiz, Z.; Brodersen, K.P. and Foster, I., 2006.** Assessing lake eutrophication using chironomids: understanding the nature of community response in different Lake types. Journal of Freshwater biology. Vol. 13, pp: 62-77.

۲۵. **Li, j.; Dong, S.; Peng, M.; Yang, Z.; Liu, S. and Li, X ., 2013.** Effects of damming on the biological integrity of fish assemblages in the middle Lancang-Mekong River basin. Journal of Ecological Indicator.

۲۶. **Mandavilles, S.M., 2002.** Benthic macroinvertebrates in freshwater-taxa tolerance values, metric and protocol. Soil and water conservation Society of Matro Halifax, New York.

۲۷. **Marzin, A.; Archaimbault, V.; Belliard, J.; Chauvin, C.; Delmas, F. and Pont, D., 2012.** Ecological assessment of running waters: do macrophytes, macroinvertebrates, diatoms and fish show similar responses to human pressures? Journal of Ecological indicators. Vol. 23, pp: 56-65.

۲۸. **Mattson, B.; Kominoski, J.; Rashleigh, B. and Eggert, S., 2007.** Using Long-Term chemical and Biological indicators to Assess Stream Health in the upper Oconee River Watershed. Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, held at university of Georgia.

۲۹. **Mwedzi, T.; Bere, T.S.N.; Mangadze, T. and Bangria, C., 2016.** Longitudinal macroinvertebrate assemblages in contrasting discontinuities: the effects of damming in tropical streams. Journal of African Ecology. Vol. 23, pp: 94-183.

۳۰. **Obot, O.; Ekpo, I.E. and Esau, E.F., 2014.** Physico Chemical Parameters and Macro-Benthos of Ediene Stream, Akwa Ibom State, Nigeria. Journal of American Biology and Life Science. Vl. 12, pp:112-121.

۳۱. **Ortiz, J.D. and Puig, M.A., 2007.** Point source effects on density, biomass and diversity of bentic macroinvertebrate in

a Mediterranean Stream. Journal of River Research and Applications. Vol. 17, pp: 70-155.

۳۲. **Oscoz, J.; Galicia, D. and Miranda, R., 2011.** Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain. Journal of Springer Science and Business Media. Vol. 9, pp: 14-22.

۳۳. **Tello, A.; Corner, R.A. and Telfer, T.C., 2010.** How do land-based salmonid farms affect stream ecology? Journal of Environmental Pollution. Vol. 9, No. 11, pp: 47-58.

۳۴. **Yazdian, H.; Jaafarzaseh, N. and Zagraei, B., 2014.** Relationship between bentic macroinvertebrate bio-indices and physicochemical parameters of water: a tool for water resources managers. Journal of Environmental Health Science and Engineering. Vol. 5, pp: 9-11.

۳۵. **You, Z.; Liu, l.; Cheng, L.; Cai, Y.; Yin, H.; Gao, j. and Gao, Y., 2014.** macroinvertebrate assemblages in streams and rivers of a highly developed region (Lake Taihu basin, China). Journal of Aquatic Biology. Vol. 17, pp: 15-28.

۳۶. **Zaabar, W.; Zakhama-Sraieb, R.; Charfi-Cheikhrouha, F. and Sghaier Achouri, M., 2015.** Abundance and diversity of amphipods on shallow algae and seagrass in lagoon ecosystem of Mediterranean Tunisian coast. Journal of Zoological studies. Vol. 6, pp: 1-11.