

شناسایی و بررسی تنوع ماکروبتوزهای رودخانه کرج

زهرا شکری پور^۱ و آریا اشجع اردلان^{۲*}

^۱ تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی تهران

^۲ تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۱۹

چکیده

رودخانه کرج بعنوان یکی از مهمترین منابع تأمین آب استان تهران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعه حاضر مشتمل بر شناسایی و پراکندگی ماکروبتوزها در رودخانه کرج می‌باشد، که از مهر سال ۱۳۹۳ شروع و در تیر سال ۱۳۹۴ پایان یافت. در این منطقه، در مجموع پنج ایستگاه مطالعاتی براساس شرایط تأثیرگذاری محیطی انتخاب و فون ماکروبتوزهای آن با تواتر فصلی توسط کوادرات با ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر و با ۵ تکرار در هر ایستگاه نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها توسط فرمالین ۴٪ تثبیت و در آزمایشگاه جداسازی، شناسایی و شمارش گردیدند. در بررسی‌های انجام‌شده، ۲۳ جنس از ۲۱ خانواده و ۵ رده ماکروبتوز شناسایی گردیدند. نتایج نشان می‌دهد که، ایستگاه ۴ در فصل زمستان با ۱۰۶۷ عدد در مترمربع بیشترین فراوانی و ایستگاه ۵ در فصل بهار با ۲۵۴ عدد در مترمربع کمترین فراوانی را دارا بودند. در میان ماکروبتوزهای شناسایی‌شده، رده *Insecta* با ۸۸/۸٪ فراوانی بیشترین تعداد و رده *Malacostraca* با ۰/۱٪ از کمترین فراوانی برخوردار بودند. جنس *Simulium* با فراوانی ۸۷۹ عدد در مترمربع بیشترین تعداد و جنس‌های *Asellus* و *Atherix* با فراوانی ۱ عدد در مترمربع کمترین تعداد را داشتند. در طی این مطالعه میانگین شاخص تنوع گونه‌ای شانون وینر ۱/۷۳، غالبیت گونه‌ای سیمپسون ۰/۷۴ و غنای گونه‌ای مارگالف ۳/۳۱ محاسبه شد. براساس شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI)، وضعیت کیفی آب رودخانه کرج در ایستگاه‌های ۲ و ۳ عالی، ایستگاه‌های ۱ و ۴ خیلی خوب و ایستگاه ۵ خوب ارزیابی شد. بطور کلی با توجه به نتایج بدست آمده، مشخص گردید که حشرات آبی، جمعیت غالب جانداران کفزی رودخانه کرج را تشکیل می‌دهند. در فصل زمستان رده‌های: *Gastropoda*, *Turbellaria*, *Insecta* و *Malacostraca* از بیشترین تراکم و تنوع نسبت به سایر فصول برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: شناسایی، پراکنش، حشرات آبی، بزرگ بی‌مهرگان کفزی، رودخانه کرج.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۴۴۹۶۸۰۱۷، پست الکترونیکی: A_ashjaardalan@yahoo.com

مقدمه

بطوریکه در بسیاری از رودخانه‌های آلوده، جوامع زیستی با محدودیت مواجه شده‌اند و ذخایر آنها نظیر ماهیان بومی، بی‌مهرگان کفزی و سایر جوامع ساکن آنها رو به نابودی هستند (۲).

بنا به عقیده روزنبرگ در سال ۱۹۹۹، مهمترین ذخایر آبی نهرها و رودخانه‌ها، بی‌مهرگان کفزی ساکن آنها می‌باشند که در شبکه غذایی و تولیدات رودخانه نقش اساسی دارند.

نیاز و وابستگی انسان به آب باعث شده است که اکثر تمدن‌های بشری در کنار رودخانه‌ها شکل بگیرند. رودخانه‌ها، زیستگاه‌های طبیعی گونه‌های فراوانی از آبزیان هستند و هریک دارای فون و فلور مخصوص به خود می‌باشند. احداث بناها و سازه‌هایی مانند سد و پل بدون در نظر گرفتن قواعد زیست‌محیطی، ماسه‌برداری، تخلیه پسابها (کشاوزی، صنعتی، خانگی و...) از عوامل مهم در تغییر و کاهش کیفیت این اکوسیستم‌های باارزش می‌باشند

نظر می‌گیرند (۱۷). در واقع تنها راه عملی و به‌صرفه اقتصادی برای تعیین سلامت اکولوژیک آب‌ها و تعیین اینکه آیا فعالیتهای انسانی موجب کاهش کیفیت آنها می‌شود، ارزیابی و پایش زیستی است (۱۶).

ماکروبتوزها، موجوداتی هستند از جوامع جانوری، که در داخل و یا روی بستر آب‌ها زندگی می‌کنند. بی‌مهرگان کفزی جانوری یا زئوبنتوزها ساکنان رایج در محیط‌های آبی بوده و حداقل بخشی از چرخه زندگی خود را در بستر آبیگرها سپری می‌کنند و در جمع‌آوری برای بررسی، بر روی الک‌های با منافذ ۵۰۰ میکرون (نیم میلی‌متر) باقی می‌مانند (۱۷).

مطالعات گوناگونی توسط محققان بر روی رودخانه‌های مختلفی انجام شده است. در سال ۱۳۸۳، خاتمی و همکاران مطالعه‌ای بر روی رودخانه کرج انجام دادند که طی آن ماکروبتوزهای شناسایی شده متعلق به ۲۸ خانواده از ۵ راسته و ۳ رده بودند که در تمامی ایستگاه‌ها خانواده‌های *Chironomidae* و *Baetidae*, *Planariidae* است (۹). همچنین آخوندزاد و همکاران در سال ۱۳۹۲ به مطالعه بررسی آلودگی رودخانه زرد در محدوده منبع آب قدیم تا رود زرد ماشین با استفاده از جوامع ماکروبتیک کم تاران وزالوها پرداختند (۱). حیدری و همکاران در سال ۱۳۹۱، به تحقیقی تحت عنوان ارزیابی زیستی رودخانه کشکان رود براساس تنوع و ساختار جمعیتی ماکروبتوزها پرداختند (۸). پیروزی و توکلی در سال ۱۳۹۱ به بررسی تنوع زیستی ماکروبتوزهای رودخانه‌های کاکارضا، کشکان، دواب الشتر و گهررود در استان لرستان پرداختند (۶). میررسولی و قربانی در سال ۱۳۹۰، در بررسی ارزیابی زیستی رودخانه زرین گل (استان گلستان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبتوزها نشان دادند که ۱۴ راسته و ۸۱ گروه (جنس و خانواده) از بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شد (۱۲).

نقش بی‌مهرگان آبی در انتقال انرژی در اکوسیستم‌های آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، و مطالعه جوامع بنتوزی معیار مناسبی برای ارزیابی اکولوژیک یک اکوسیستم آبی است.

تنوع و تراکم ماکروبتوزها در فصول مختلف متغیر است. در بسترهای مختلف راسته‌های مختلف بنتوزی زندگی می‌کنند. بیشترین فراوانی در بین ماکروبتوزها، مربوط به حشرات می‌باشد. حشرات در آب‌های جاری غذای اصلی ماهیان گوشتخوار و همه‌چیز خوار و کفزی را تشکیل می‌دهند. بنتوزها تحت شرایط محیطی مختلف دچار تغییرات متفاوتی در تراکم و پراکنش می‌شوند، که چسبیدن به بستر در شرایط روشنایی و یا در جریان شدید آب یکی از مهمترین آن‌هاست (۷).

شناسایی ماکروبتوزها می‌تواند بعنوان ابزاری کارآمد در استفاده سیستماتیک از موجودات زنده جهت ارزیابی کیفیت محیط‌زیست و سلامت اکوسیستم منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرارگیرد. از آنجایی که بررسی کیفیت منابع آب براساس پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، اطلاعاتی لحظه‌ای از میزان آلودگی موجود در منطقه را در اختیار قرار می‌دهند، از این رو نمی‌توانند وضعیت کیفی و واقعی منابع آب را با توجه به سلامت اکوسیستم بازتاب نمایند. از مزایای ارزیابی‌های زیستی آن است که می‌توان به کمک آن‌ها ضعف‌های موجود در زیست‌بوم را که ناشی از بروز آلودگی‌ها یا تخریب زیستگاه‌ها می‌باشد، شناسایی نمود. استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی (ماکروبتوزها) بدلیل تحرک کم، طول عمر زیاد و غنای گونه‌ای بالا با عکس‌العمل‌های متفاوت در تبادل عوامل محیطی از جمله عوامل اصلی در استفاده از این موجودات در ارزیابی بوم‌شناختی اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (۸). همچنین برای تعیین کیفیت محیطی رودخانه‌ها و پایش زیستی آنها به کار می‌روند. در این راستا، موجودات شاخص و عکس‌العمل‌های زیستی آنها را نسبت به شرایط محیطی در

آن‌هایی که تحت فشار آلودگی قرار دارند تنوع کمتری داشته و گونه‌های مقاوم غالبند (۱۱).

با توجه به اینکه رودخانه کرج، دربرگیرنده بسیاری از گونه‌های مختلف ماکروبتوزها است، این مطالعه باهدف شناسایی و بررسی وضعیت تنوع جامعه زیستی ماکروبتوزها و همچنین کنترل وضعیت کیفی رودخانه با اندازه‌گیری شاخص‌های زیستی انجام پذیرفت.

مواد و روشها

برای انجام این تحقیق، که در پاییز و زمستان ۱۳۹۳ و بهار و تابستان ۱۳۹۴ به‌صورت فصلی، و در هر فصل یکبار از ایستگاه‌های تعیین‌شده در طول مسیر رودخانه کرج با نمونه‌برداری صورت گرفت، در ابتدا مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها به کمک GPS تعیین شد (جدول ۱) و بروی نقشه ثبت گردید (شکل‌های ۱ و ۲).

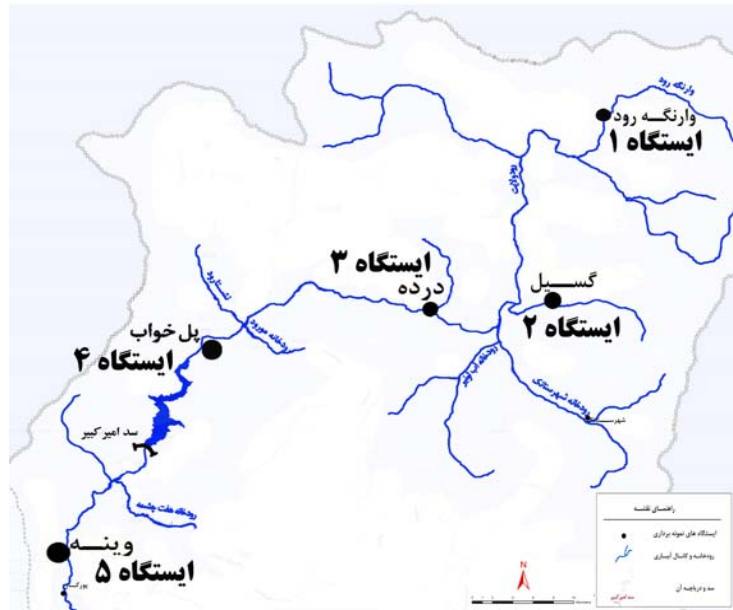
رودخانه کرج در سلسله کوه‌های البرز واقع شده است. این منطقه، از شمال به خط تقسیم آب رودخانه‌های حوضه آبریز دریای مازندران از مغرب به دشت قزوین، از جنوب به ارتفاعات سنگی کم‌ارتفاع و از شرق و جنوب‌شرقی به دشت تهران و رباط‌کریم محدود می‌گردد. رودخانه کرج، رودخانه‌ای دائمی است که ۲۲/۳ درصد حوضه آن متعلق به شاخه‌های فصلی است. شبکه شاخه‌بندی این رودخانه بسیار متراکم است که نشان‌دهنده فرسایش قابل‌ملاحظه در حوضه است. شاخه‌های واقع در ارتفاعات بالاتر بعلت وجود برف، دارای آب زیاد و دائمی هستند. بنابراین، رژیم کلی هیدرولوژیک رودخانه کرج را می‌توان در طبقه‌بندی برفی-بارانی قرارداد (۹). استفاده از بی‌مهرگان کفزی برای فرض استوار است که نهرها و رودخانه‌هایی که تحت تأثیر عوامل آلاینده نیستند تاکسون‌های کفزیان بیشتری داشته و گونه‌های غیرمقاوم در آن‌ها غالبیت دارند و برعکس

جدول ۱- موقیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی در رودخانه کرج

عنوان	محل	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
ایستگاه ۱	وارنگه رود نرسیده به پاسگاه محیط زیست	۵۱° ۲۰' ۱۷/۸"	۳۶° ۰۶' ۱۵/۸"	۲۲۷۸
ایستگاه ۲	کسیل بعد از تونل شماره ۹	۵۱° ۱۸' ۰۵/۲"	۳۶° ۰۱' ۱۷/۳"	۲۰۲۷
ایستگاه ۳	درده	۵۱° ۱۶' ۲۲/۲"	۳۶° ۰۱' ۰۴/۳"	۱۹۸۰
ایستگاه ۴	پل خواب	۵۱° ۰۸' ۴۰/۷"	۳۶° ۰۰' ۵۰/۶"	۱۸۱۲
ایستگاه ۵	وینه	۵۱° ۰۲' ۳۵/۲"	۳۵° ۵۴' ۲۹/۶"	۱۵۴۰



شکل ۱- نقشه رودخانه کرج (تهیه از شرکت مهندسی مشاور لار-۱۳۹۰)



شکل ۲- نقشه ایستگاه‌های نمونه برداری شده در رودخانه کرج (تهیه از شرکت مهندسی مشاور لار-۱۳۹۰)

(HFBI)، شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای مارگالف، شانن-وینر و سیمپسون در حد جنس و گونه‌های شناسایی شده، محاسبه، تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 انجام پذیرفت. شاخص غنای گونه‌ای شناخته شده در این زمینه، شاخص مارگالف است که بصورت زیر محاسبه می‌گردد (۱۵).

$$R = S - 1 / \ln(n) \quad (1)$$

S = تعداد کل گونه‌ها = R، شاخص مارگالف، n = افراد تشکیل دهنده گونه‌ها

همچنین شاخص تنوع شانن - وینر نیز از معادله‌ی زیر محاسبه گردید (۱۸).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (2)$$

H = شاخص تنوع گونه‌ای شانن، S = تعداد کل گونه‌ها، Pi = نسبت فراوانی هرگونه به فراوانی کل

جهت محاسبه شاخص زیستی در سطح خانواده از روش هیلسنهوف برای ایستگاه‌های مختلف در فصول مختلف استفاده شد (۱۴).

لازم بذکر است براساس ویژگی‌هایی چون: پوشش گیاهی، سرعت جریان آب، شیب رودخانه و تزریق آلاینده‌ها، نسبت به انتخاب ایستگاه‌ها اقدام گردید، در هر ایستگاه بمنظور دقت بیشتر با ۵ تکرار از سه نقطه رودخانه در کناره‌ها و وسط نمونه برداری توسط نمونه بردار کوادرات با ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی متر صورت گرفت.

در حین نمونه برداری بوسیله کوادرات، تمامی نمونه‌هایی که در سطح و زیر قلوه سنگ‌ها پراکنده بودند، برداشته شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظروفی که مشخصات ایستگاه، محل و تاریخ نمونه برداری بر روی آنها ثبت شده بود، متمرکز و توسط فرمالین ۴٪ تثبیت شدند. پس از جمع‌آوری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در آزمایشگاه جداسازی و به کمک کلیدهای شناسایی معتبر (۳)، مورد شناسایی قرار گرفتند و از آن‌ها تصویربرداری شد.

نمونه‌های هر ایستگاه با تفکیک گونه شمارش و پس از شمارش، تراکم و درصد فراوانی هرگونه از هر ایستگاه محاسبه و به کمک آن تراکم و درصد فراوانی گونه‌ها در هر ایستگاه و نسبت به سایر ایستگاه‌ها تعیین گردید. سپس به کمک اطلاعات فوق، شاخص زیستی هیلسنهوف

می‌شدند. از میان خانواده‌های شناسایی‌شده در این نمونه‌برداری، پانزده خانواده به رده Insecta، یک خانواده به رده Turbellaria، دو خانواده به رده Gastropoda، دو خانواده به رده Clitellata و یک خانواده به رده Malacostraca تعلق داشتند.

با بررسی، فراوانی و درصد فراوانی بتوزها در ایستگاه‌های مختلف مشخص شد که، تراکم ماکروبتوزها در فصل زمستان با حداکثر ۳۸۶۵ عدد در مترمربع و در پاییز با حداقل ۱۹۵۰ عدد در مترمربع نوسان داشته است. همچنین در بین ایستگاه‌ها، بیشترین نمونه‌ها در ایستگاه ۴ (فصل زمستان) با تعداد ۱۰۶۷ عدد در مترمربع و کمترین نمونه در ایستگاه ۵ (فصل بهار) با تعداد ۲۵۴ عدد در مترمربع مشاهده شده است. تراکم نسبی بیشتر فصل زمستان می‌تواند بعلت کاهش دبی و دمای پائین و کاهش سرعت بلوغ لاروها و تراکم نسبی کمتر در فصل بهار به افزایش دبی، شدت جریان شسته شده، حمل شدن نمونه‌های لاروی، سرعت بلوغ لاروها و خروج آنها از سطح آب منوط گردد.

تغییرات رده‌های جمع‌آوری‌شده از رودخانه کرج در فصول مختلف در شکل ۳ ارائه شده است. با بررسی این شکل، رده Insecta بیشترین و رده Malacostraca کمترین تغییرات را در منطقه مطالعاتی در فصول مختلف دارا بوده‌اند.

تغییرات راسته‌های شناسایی‌شده در رودخانه کرج در فصول مختلف سال نشان داد که از راسته Trichoptera (بال موی داران) که متنوع‌ترین و بزرگ‌ترین راسته‌های حشرات آبی می‌باشند، ۷ خانواده Hydropsychidae، Polycentropodidae، Rhyacophilidae، Hydroptilidae، و Philopotamidae، Sericostomatidae، و Glossosomatidae شناسایی شده و در مجموع، درصد فراوانی راسته مذکور در ۳ فصل پاییز، زمستان و تابستان غالب بودند.

$$HFBI = \frac{\sum[(T_v)n]}{N} \quad (3)$$

HFBI = شاخص زیستی هیلسنهوف، n = فراوانی هر خانواده، T_v = ارزش مقاومتی هر خانواده، N = فراوانی کل در شاخص یکنواختی گونه‌ها (Species Evenness)، که در آن مقدار شانون محاسبه شده در هر ایستگاه نمونه‌برداری بر لگاریتم تعداد کل گونه‌ها تقسیم می‌گردد و با فرمول زیر محاسبه گردید (۱۸).

$$J = \frac{H'}{\log S} \quad (4)$$

و همچنین استفاده از شاخص سیمپسون که منعکس‌کننده چیرگی است و با فرمول مقابل محاسبه گردید (۱۹).

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2 \quad (5)$$

D = شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون، S = تعداد کل گونه‌ها، P_i = نسبت فراوانی هر گونه به فراوانی کل

نتایج

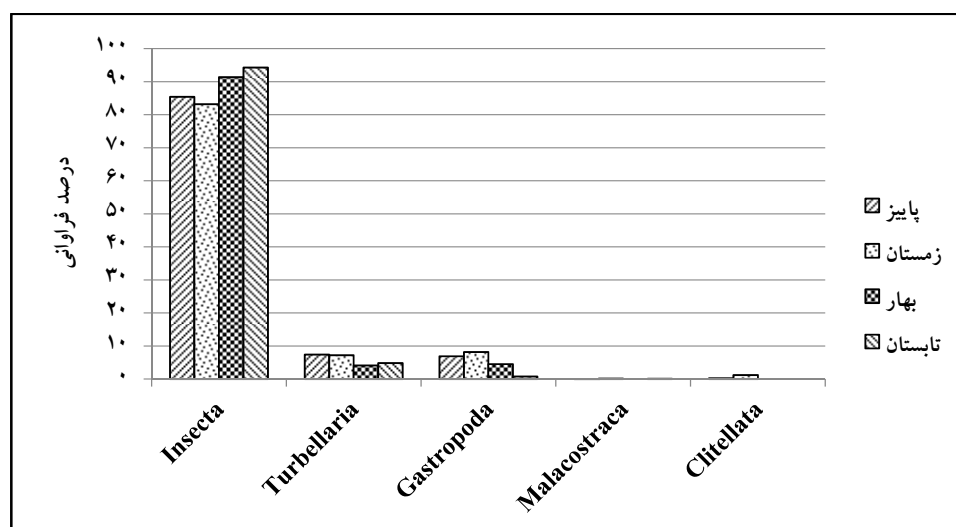
بررسی برخی از خصوصیات فیزیکی رودخانه کرج نشان می‌دهد که این رودخانه دارای بستر قلوه‌سنگی است. ایستگاه اول این بررسی در ارتفاع ۲۲۷۸ متر از سطح دریا انتخاب و بقیه برتیب کاهش ارتفاع از سطح دریا و تراکم بیشتر منابع آلاینده شهری و روستایی در ارتفاعات بعدی قرار می‌گیرند تا نهایت به ارتفاع ۱۵۴۰ متر از سطح دریا ختم گردند.

در این بررسی که بمدت یک سال بطول انجامید از فون ماکروبتوزهای رودخانه کرج، ۲۳ جنس از ۲۱ خانواده و ۵ رده جدا گردید (جدول ۲). که بخش عمده آنها به لارو حشرات آبی تعلق داشت از میان رده‌های شناسایی‌شده در این نمونه‌برداری Insecta (حشرات) = ۸۸/۸ درصد، Turbellaria (تورکیان) = ۵/۹ درصد، Gastropoda (شکم-پایان) = ۴/۹ درصد، Clitellata = ۰/۳ درصد و Malacostraca = ۰/۱ درصد از کل نمونه‌ها را شامل

جدول ۲- نمونه‌های شناسایی شده در رودخانه کرج در فصول پاییز و زمستان ۱۳۹۳ و بهار و تابستان ۱۳۹۴

شاخه	رده	راسته	خانواده	جنس	پاییز	زمستان	بهار	تابستان		
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia</i>	*	*	*	*		
Annelida	Clitellata	Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>	*	*				
			Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>		*				
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Macronychus</i>			*	*		
			Diptera	Athericidae	<i>Atherix</i>		*		*	
		Blepharoceridae		<i>Blepharicera</i>			*	*		
		Chironomidae		<i>Chironomus</i>	*	*	*	*		
		Simuliidae		<i>Simulium</i>	*	*		*		
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>		*	*	*	*	
			Heptageniidae	<i>Epeorus</i>	*	*	*	*		
				<i>Rhithrogena</i>	*	*	*	*		
		Plecoptera	Taeniopterygidae	<i>Taeniopteryx</i>	*	*				
		Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Agapetus</i>	*	*	*	*		
			Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	*	*	*	*		
				<i>Macrostemum</i>	*	*	*	*		
			Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	*	*				
			Philopotamidae	<i>Philopotamus</i>		*				
			Polycentropidae	<i>Polycentropus</i>	*					
			Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>			*			
			Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i>	*					
		Malacostraca	Isopoda	Asellidae	<i>Asellus</i>	*	*		*	
		Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Limnaeidae	<i>Limnaea</i>	*	*	*	
					Physidae	<i>Physa</i>	*	*	*	*

* قسمتهایی از جدول که با علامت * نشان داده شده است جنس‌های مشاهده شده در فصول مختلف می‌باشد.



شکل ۳- درصد فراوانی رده‌های شناسایی شده در رودخانه کرج در فصول مختلف سال «۹۴-۱۳۹۳»

فوق‌الذکر قرار گرفت. از این راسته ۲ خانواده *Heptageniidae* و *Baetidae* شناسایی گردیدند. راسته *Coleoptera* از کمترین درصد فراوانی در طول سال برخوردار است (جدول ۳).

پس از راسته بال موی‌داران راسته *Diptera* (دوبالان) بیشترین درصد فراوانی را به خود اختصاص دادند که از این راسته، ۴ خانواده *Chironomidae*، *Athericidae*، *Simuliidae* و *Belphariceridae* شناسایی شدند. راسته *Ephemeroptera* (یک‌روزه‌ها) نیز بعد از دو گروه

جدول ۳- درصد فراوانی راسته‌های شناسایی شده ماکروبتوزها در رودخانه کرج در فصول مختلف «۹۴-۱۳۹۳»

فصل راسته	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
Trichoptera	۳۹/۷۹	۳۹/۱۳	۲۶/۲۴	۳۹/۷۳
Diptera	۲۷/۵۶	۲۷/۰۵	۲۷/۷۲	۳۳/۱۳
Ephemeroptera	۱۷/۹۲	۱۶/۹۲	۳۷/۰۷	۲۱/۳۰
Tricladida	۷/۳۸	۷/۲۴	۳/۹۵	۴/۸۴
Pulmonata	۶/۸۹	۸/۱۷	۴/۴۵	۰/۷۱
Hirudinea	۰/۲۵	۰/۹۱	۰	۰
Plecoptera	۰/۱۶	۰/۱۲	۰	۰
Isopoda	۰/۰۴	۰/۱۷	۰	۰/۰۷
Coleoptera	۰	۰	۰/۳۳	۰/۱۱

در میان جنس‌های *Clitellata* های شناسایی شده، جنس‌های *Helobdella* و *Erpobdella* با فراوانی ۲۰ عدد در مترمربع و ۰/۱۷٪ از فراوانی کل ارزیابی شدند.

از میان نمونه‌های شناسایی شده جنس *Asellus* تنها نمونه شناسایی شده از رده *Malacostraca* بود که دارای فراوانی ۱۰ عدد در مترمربع با حدوداً ۰/۰۸٪ از فراوانی کل می‌باشد.

به استناد این شاخص‌های بیولوژیک:

▪ ایستگاه ۱ (وارنگه رود)، در فصول مختلف سال دارای کیفیت آبی مطلوب و قابل شرب بوده است. البته در فصل بهار تراکم نسبی افراد خانواده‌ی شیرونومیده در این ایستگاه بیانگر ورود مواد آلی به رودخانه می‌باشد. لیکن حضور تاکسون‌های حساس به بار آلودگی مثل *Epeorus*، *Blepharicera*، *Dugesia*، *Rhithrogena* و نیز وجود *Baetis* (بدلیل شرایط اکسیژن‌گیری مطلوب این رودخانه) نشان‌گر آن است که عملاً ورود مقداری آلودگی آلی در

در میان جنس‌های شناسایی شده، بیشترین فراوانی متعلق به جنس *Chironomus* با فراوانی کل ۱۷۲۹ عدد در مترمربع و ۱۴/۲۷٪ فراوانی کل و کمترین فراوانی متعلق به جنس‌های *Polycentropus* و *Rhyacophila* با فراوانی ۲ عدد در مترمربع بود که ۰/۰۱٪ از فراوانی کل را شامل می‌شدند که بترتیب جنس اول متعلق به راسته دوبالان (*Diptera*) و جنس دوم متعلق به راسته بال موی‌داران (*Trichoptera*) و هر دو جنس‌ها متعلق به رده *Insecta* بودند.

در میان *Gastropoda* های شناسایی شده بیشترین فراوانی متعلق به جنس *Limnaea* با ۳۱۰ عدد در مترمربع و کمترین فراوانی متعلق به جنس *Physa* با فراوانی ۲۸۶ عدد در مترمربع بود.

جنس *Dugesia*، تنها جنسی است که در طی این مطالعه از رده *Turbellaria* جدا و فراوانی آن ۷۰۵ عدد در مترمربع با ۵/۸۲٪ از فراوانی کل را محاسبه گردید.

جنس *Physa* حکایت از این دارد که احتمالاً مقداری آلودگی آلی در این ایستگاه وجود دارد ولی با این حال، حضور تاکسون‌های حساس به آلودگی در این ایستگاه نیز مشاهده می‌شود.

جهت ارزیابی تنوع، غالبیت و غنای ماکروبتوزهای منطقه مورد مطالعه، از شاخص شانون-وینر، شاخص سیمپسون و شاخص مارگالف استفاده گردید (۵). بطور میانگین، مقادیر شاخص‌های زیستی تنوع و کیفی در طول یک سال طبق جدول ۴ بدین شرح می‌باشد: تنوع گونه‌ای شانون وینر ۱/۷۳، غالبیت گونه‌ای سیمپسون ۰/۷۴ و غنای گونه‌ای مارگالف ۳/۳۱ به دست آمد. براساس مقادیر شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI)، ایستگاه‌ها، در ۳ طبقه کیفی، خیلی خوب (ایستگاه ۱)، عالی (ایستگاه ۲ و ۳)، خیلی خوب (ایستگاه ۴) و خوب (ایستگاه ۵) طبقه‌بندی شدند. براساس شاخص تنوع شانون-وینر، روند تغییرات تنوع ماکروبتوزها در پنج ایستگاه بسیار جزئی و اندک بوده است. در طی ارزیابی شاخص‌های زیستی تنوع و کیفی در طول یک سال، کمترین تنوع، غالبیت و غنای ماکروبتوزها در فصل بهار و بیشترین در فصل تابستان مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴ - مقایسه تنوع ماکروبتوزها بر حسب میانگین شاخص‌های تنوع زیستی بطور فصلی در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳

نوع شاخص/فصل	پائیز	زمستان	بهار	تابستان
غنای گونه‌ای مارگالف	۳/۴۱۱	۳/۳۳۲	۲/۹۵۸	۳/۵۳۰
تنوع گونه‌ای شانون-وینر	۱/۷۳۰	۱/۷۲۱	۱/۵۴۴	۱/۹۳۱
یکنواختی شانون-وینر	۱/۷۵۰	۱/۶۸۲	۱/۶۴۵	۱/۸۶۵
غالبیت گونه‌ای سیمپسون	۰/۷۵۳	۰/۷۴۶	۰/۶۹۵	۰/۸۱۳

تراکم و تنوع ماکروبتوزها را در تمام فصول دارا می‌باشد. علت کاهش ماکروبتوزها در فصل بهار را می‌توان به وضعیت سیلابی و افزایش دبی آب رودخانه، نسبت به فصول دیگر نسبت داد. زیرا بین فراوانی و دبی آب رابطه منفی وجود دارد که دبی آب رودخانه هرچه بیشتر باشد مانع از استقرار موجودات کفزی بر روی بسترها می‌شود، که این باعث کاهش تنوع گونه‌ای بتوزها می‌گردد. بدلیل

این فصل، تأثیر چندانی بر کیفیت آب رودخانه نداشته است.

▪ ایستگاه ۲ و ۳ (گسیل و درده)، طی نمونه‌برداری در فصول مختلف سال دارای کیفیت آبی عالی بوده‌اند، که این امر نشان‌دهنده عدم ورود هرگونه آلودگی آلی به درون رودخانه یا توان خودپالایی خوب می‌باشد و این امر سبب می‌شود تا شرایط زیستی بسیار مناسب برای بقاء و تولید مثل بتوزها فراهم گردد. در این دو ایستگاه (ایستگاه ۲ و ۳)، ما شاهد فراوانی بیشتر تاکسون‌های حساس به بار آلودگی هستیم.

▪ تراکم افراد خانواده‌ی سیمولیده و شیرونومیده در ایستگاه ۴ (پل خواب)، طی چهار دوره نمونه‌برداری در فصول مختلف سال بیانگر ورود مقداری مواد آلی است، لیکن حضور تاکسون‌های حساس به آلودگی مانند راسته *Ephemeroptera* و *Trichoptera* (یک‌روزه‌ها) و همچنین خانواده‌های *Planariidae* و *Elmidae*, *Blepharoceridae* باعث می‌گردد تا کیفیت آب این منطقه نیز خیلی خوب ارزیابی گردد.

▪ اما در ایستگاه ۵ (وینه) ما شاهد آب با درجه کیفی خوب هستیم، وجود تعداد زیاد *Pulmonata* بویژه

بحث

نتایج نشان داد که حشرات آبزی، جمعیت غالب جانداران کفزی رودخانه کرج را تشکیل دادند. در فصل زمستان رده‌های *Clitellata*, *Gastropoda*, *Turbellaria*, *Insecta* و *Malacostraca* از بیشترین تراکم و تنوع نسبت به سایر فصول برخوردار هستند. در حالیکه، فصل بهار کمترین

فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت نیست (۵)، باقری توانی و همکاران در سال ۱۳۹۱ مطالعه‌ای با عنوان بررسی اثرات پساب کارخانه شن و ماسه بر روی شاخص‌های زیستی، محیطی و بوم‌شناختی رودخانه تیروم انجام دادند. نتایج شاخص‌های زیستی نشان داد که پساب کارخانه باعث کاهش تنوع و تراکم ماکروبتوزها در ایستگاه ۳ (دهانه ورودی پساب کارخانه) شد ($P < 0/5$). نتایج حاصل از شاخص‌های بوم‌شناختی بطور میانگین مقادیر شانون-وینر در ایستگاه ۳ کمترین و در ایستگاه ۱ بیشترین بود ($P < 0/5$). که نشان‌دهنده آلودگی در سطح بالا رودخانه تیروم می‌باشد (۴).

غالب بودن جنس‌های *Simulium* در پاییز و زمستان و *Chironomus* در بهار و تابستان در رودخانه کرج که از گروه‌های مقاوم به آلودگی می‌باشند، بنظر می‌رسد به نوع تغذیه این گروه که فیلترکننده مواد آلی ریز معلق در آب هستند، مرتبط باشد. افزایش نسبی گروه‌های مقاوم، نشانگر اثر فشارهای محیطی بر اکوسیستم رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب جمعیت کفزیان در جهت مصرف و جبران آشفتگی است. بنابراین برخی از ویژگی‌های فیزیکی آب مانند دبی، سرعت و غیره در این مناطق تحت تأثیر قرار گرفته و ویژگی‌های کیفی زیستگاه و جوامع بیولوژیکی را با تغییراتی مواجه ساخته و در نهایت در تنوع فون و فلور رودخانه نقش عمده‌ای دارد. تغییراتی که در ترکیب جمعیت کفزیان رخ می‌دهد، غالباً در پاسخ به عوامل محیطی و شرایط استرس‌زا در رودخانه و حفظ تعادل اکولوژیکی می‌باشد (۱۳). برطبق نتایج بدست آمده، در ایستگاه‌های ۲ و ۳ (گسیل و درده)، گروه‌های حساس به میزان زیادی دیده شدند، بطوریکه کیفیت آب در این دو ایستگاه طبق شاخص کیفی هیلسنهوف عالی گزارش شد و این امر را می‌توان بدلیل توانایی خودپالایی بالای آب رودخانه کرج و همچنین عدم ورود عوامل استرس‌زا در طی مسیر مورد مطالعه دانست. هرچه به پایین‌دست ایستگاه‌ها نزدیک می‌شویم بویژه ایستگاه ۵ (وینه) که بعد

وضعیت گاهاً سیلابی و افزایش دبی آب و همچنین فرسایش در ماه‌های خرداد و تیر، فراوانی و تنوع گونه‌ای در مقایسه با دیگر ماه‌ها بویژه زمستان، کمتر می‌گردد. چون افزایش دبی و سیلاب، تعداد زیادی از بنتوزها را شسته و با خود می‌برد و زمان برای تشکیل کلنی‌های جدید بنتوزی بر روی سنگ‌های جدید، همانند سنگ‌هایی که در تمام طول سال زیر آب بوده‌اند، کوتاه می‌باشد. در مطالعه‌ای که حیدری و همکاران در سال ۱۳۹۱ بر روی رودخانه کشکان رود انجام دادند، نشان داد که تراکم حداکثری در فصل بهار و حداقل تراکم در فصل زمستان دیده می‌شود (۸).

شکری و همکاران در سال ۱۳۹۰، مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی بعنوان شاخص کیفی آب رودخانه تجن انجام دادند. نتایج نشان داد که تعداد ۱۰۱۱۲ نمونه بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده، به ۳۰ خانواده و ۱۲ راسته تعلق داشتند (۱۰).

شاخص شانون-وینر در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه کرج تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). محققین برای ارزیابی اثرات آلودگی مواد آلی بر روی ساختار جمعیتی منابع آب، عنوان کردند که هرگاه شاخص تنوع شانون-وینر کمتر از ۱ باشد اکوسیستم شدیداً آلوده، بین ۱-۳ اکوسیستم در وضعیت نسبتاً آلوده و هرگاه بیشتر از ۳ باشد غیرآلوده است (۲۰). در مطالعات انجام شده در رودخانه کرج و بررسی میانگین شاخص تنوع شانون-وینر در طول مدت بررسی نشان داد که تمام ایستگاه‌ها در تمام فصول در وضعیت نسبتاً آلوده به سر می‌برند. نتیجه شاخص سیمپسون درجه غالبیت را نشان می‌دهد. معمولاً هرچه غالبیت یک‌گونه در اجتماع بیشتر باشد، این مقدار به سمت ۱ میل می‌کند و برعکس هرچه توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد، این مقدار به سمت صفر میل می‌کند. نتیجه شاخص سیمپسون در منطقه‌ی مورد مطالعه بیشتر به سمت ۱ میل می‌کند. بنابراین توزیع

می‌باشد. کیفیت آب در این ایستگاه طبق شاخص کیفی هیلسنهوف خوب گزارش شد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از راهنمایی‌ها و زحمات جناب آقای مهندس محمدکریم جاذبی زاده کارشناس ارشد محترم شرکت مهندسی لار و جناب آقای مهندس محمد خزاعی نیا به‌واسطه تمهیدات و مساعدت‌های فراوان که در انجام این تحقیق داشته‌اند، نهایت سپاس را دارد.

منابع

- ۱ - آخوند نژاد، ز.، محمدی روزبهانی، م.، و رجب‌زاده، ا.، ۱۳۹۲. بررسی آلودگی رودخانه زرد در محدوده منبع آب قدیم تا رود زرد ماشین با استفاده از جوامع ماکروبتیک کم تاران و زالوها، اولین همایش ملی برنامه‌ریزی، حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار، انجمن ارزیابان محیط‌زیست هگمتانه (استان همدان).
http://www.civilica.com/Paper-PCEPSD-PCEPSD01_077.html
- ۲ - احمدی، م.، ر.، کرمی، م.، و کاظمی، ر.، ۱۳۷۹. تعیین زیتوده و برآورد تولید در رودخانه‌های آغشت و کردان، مجله منابع طبیعی ایران جلد ۵۳، دوره ۱، صفحات ۳-۲۰.
- ۳ - احمدی، م.، و نفیسی، م.، ۱۳۸۰. شناسایی موجودات شاخص بی‌مهره آبهای جاری، انتشارات خیبر، ۲۴۰ صفحه.
- ۴ - باقری توانی، م.، نوروزی، م.، و فریدی، ش.، ۱۳۹۴. بررسی اثرات پساب کارخانه شن و ماسه بر روی شاخص‌های زیستی، محیطی و بوم‌شناختی رودخانه تیروم (استان مازندران)، مجله پژوهش‌های جانوری، دوره ۲۸، شماره ۱، صفحات ۹-۲۰.
- ۵ - باقری توانی، م.، و جمال زاده، ح.ر.، ۱۳۹۳. بررسی شاخص‌های بوم‌شناختی و زیستی ماکروبتوزهای ناحیه مصبی رودخانه شیروود منتهی به دریای خزر، مجلات شیلات، جلد ۶، شماره ۲۳، صفحات ۸۱-۹۶.
- ۶ - پیروزی، ف.، و توکلی، م.، ۱۳۹۱. بررسی تنوع زیستی ماکروبتوزهای رودخانه‌های مهم استان لرستان، همایش ملی پژوهش‌های آبزیان و اکوسیستم‌های آبی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه. http://www.civilica.com/Paper-AQUATIC01-AQUATIC01_037.html
- ۷ - جلیلی، م.، و رضایی مارناتی، ح.، ۱۳۹۱. بررسی ساختار جوامع ماکروبتوزهای منطقه ساحلی آب‌های جزیره کیش، مجله اقیانوس‌شناسی، سال سوم، شماره ۱۲، صفحات ۹-۱.
- ۸ - حیدری، ن.، یزدیان، ح.، زهرایی، ب.، و جعفرزاده حقیقی فرد، ن.، ۱۳۹۱. ارزیابی زیستی رودخانه کشکان رود براساس تنوع و ساختار جمعیتی ماکروبتوزها، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست (استان همدان). http://www.civilica.com/Paper-NATURE01-NATURE01_327.htm
- ۹ - خاتمی، ه.، ریاضی، ب.، و مدیری آثاری، ع.، ۱۳۸۳. بررسی کیفیت رودخانه کرج بر اساس تنوع خانواده‌های درشت بی‌مهرگان کفزی (ماکروبتوزها)، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره نهم، شماره یک، صفحات ۷۱-۷۸.
- ۱۰ - شگری، م.، رحمانی، ح.، و احمدی، م.، ر.، ۱۳۹۴. ارزیابی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان شاخص کیفی آب رودخانه تجن، مجله پژوهش‌های جانوری، دوره ۲۸، شماره ۱، صفحات ۵۲-۶۱.
- ۱۱ - عباسپور، ر.ا.، علیزاده ثابت، ح.ر.، هدایتی فرد، م.، و مسگران کریمی، ج.، ۱۳۹۰. ارزیابی زیستی رودخانه چشمه کیله تنکابن (استان مازندران) با استفاده از شاخص‌های زیستی، ساختار جمعیتی و زیتوده ای درشت بی‌مهرگان کفزی، مجله آبزیان و شیلات، سال دوم، شماره هشت، صفحات ۶۳-۷۵.
- ۱۲ - میررسولی، ا.، و قربانی، ر.، ۱۳۹۰. ارزیابی زیستی رودخانه زرین گل (استان گلستان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبتوزها، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۴، شماره ۴، صفحات ۳۵۷-۳۶۹.

13- Fore, L.S., and et al., 1996. "Assessing invertebrate responses to human activities:

- evaluating alternative approaches." *Journal of the North American Benthological Society*, PP: 212-231.
- 14- Hilsenhoff, W. L., 1988. "Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index." *Journal of the North American Benthological Society*, PP: 65-68.
- 15- Washington, H. (1984). "Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems." *Water research* 18(6): 653-694.
- 16- Lenat, D.R., 1993. "A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings." *Journal of the North American Benthological Society*, PP: 279-290.
- 17- Rosenberg, D.M., 1999. *Protocoles for Masuring Biodiversity Benthic Macroinvertebrates in Fresh waters*, Department of fisheries and Oceans, Fresh water Institute, Winnipeg, Manitoba, 42p.
- 18- Bass, D. (1995). Species composition of aquatic macroinvertebrates and environmental conditions in Cucumber Creek. *PROCEEDINGS-OKLAHOMA ACADEMY OF SCIENCE, OKLAHOMA ACADEMY OF SCIENCE*. Vol, 75, pp: 39-44.
- 19- Keylock, C. (2005). "Simpson diversity and the Shannon–Wiener index as special cases of a generalized entropy." *Oikos* 109(1): 203-207.
- 20- Wilham, J.L., and Dorris, T.C., 1996. Biological parameters for water quality criteria. *Bioscience*. 18, PP: 477-481.

Identify and evaluate the diversity of Macroenthos in Karaj River

Shokri pour Z.¹ and Ashja Ardalan A.²

¹ Medical Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. of Iran

² North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

Karaj River as one of the most important water sources of Tehran city, has special importance. This study consisted of diversity and distribution of Macroenthos on Karaj River that was conducted during years 2014-2015. It was started in fall 2014 and it was finished in summer 2015. In the mentioned area, the total of five study stations were selected based on environmental impact, Macroenthos fauna samples were taken by Quadrat with dimensions of 50 × 50 cm such that were repeated 5 times at each station with seasonal frequency. Samples were fixed with 4% formalin, were separated in a lab, and then identified and counted. In surveys conducted, 23 genuses from 21 families and 5 orders of Macroenthos were identified. The results show the station 4 in winter season had most abundance (1067) and the station 5 in spring season had the less abundance (254) of specimen. Insecta had the most abundance (88.8 % of total) and Malacostraca had the less abundance (0.1 % of total) between five classes were identified on Karaj River. The genera of the *Simulim* with the number of 879 per square meter the highest abundance and The genuses of the *Asellus* and *Atherix* With the number of 1 per square meter the lowest among the species had been identified. During this study the average of the Shannon-Wiener diversity index was calculated 1.73, Simpson dominance species was calculated 0.74 and Margalef richness species was calculated 3.31. According to the biological values of Hilsenhoff (HFBI), the water quality status of Karaj River at stations 2 and 3 were evaluated excellent, at stations 5 was evaluated very well and at stations 1 and 4 were evaluated well. Overall according to the results, it was determined that aquatic insects constitute the dominant population of the benthic fauna in Karaj River. In winter season the classes: Insecta, Turbellaria, Gastropoda, Malacostraca and Clitellata had the greatest density and diversity compared to other seasons.

Key words: Identification, Distribution, Aquatic insects, Macroenthos, Karaj River.