



Original Research Paper

The use of macroinvertebrates functional feeding groups in biological assessment of little Zab River

Ebrahim Taghinezad , Mohammadreza Ahmadi , Abolghassem Kamali , Mehdi Naderi Jolodar , Homan RajabiEslami

'HSDUWPHQW RI)LVKHULHV 6FLHQFH DQG 5HODQJLQJ QFK , VODPLF \$] 'HSDUWPHQW RI \$TXDWLF \$QLPDO +HDOYKHU\DLFK\ORM\ 7HIK9HVOH 7HOKDQ\QO H G D & DVSLDQ 6HD (FRORJ) 5DQVHDOQ 7KVKHODWHW 6FLHQFH 5HVHDUFK , QVWLWXWH Extension Organization (AREEO) of Iran

Key Words

Benthic
Macroinvertebrates
Functional feeding groups
Water quality index
Little Zab River

Abstract

Introduction: The aim of this study was to evaluate the impact of human activities on health and determination of water quality macroinvertebrates functional feeding groups as indices of biological assessment.

Materials & Methods: A field sampling campaign was carried out at four stations each month on 2017. The study entailed sampling of benthic macroinvertebrate using a Surber sampler.

Result: Throughout the sampling period, 46475 number per sampler unit of macroinvertebrates were collected Which were belonging to 16 orders, 35 families and 49 genera. Macroinvertebrates included five functional feeding groups including Collector-Filterer (CF), Collector-Gatherer (CG), Scraper (SCR), Shredder (SHR), Predator (PRD). CG and CF groups had the highest relative abundances in all study stations, except station 3, where CG and PRD groups were dominant, respectively. In stations with high pollution (especially station 1), the abundance of CG feeding group has increased significantly compared to other stations (especially stations 2 and 4). Based on the results obtained from the distribution of macroinvertebrates and their Feeding groups, the impact of human activities including the effluent of agricultural, urban, and rural wastewaters to the little Zab river is quite evident and the stations affected by different types of effluents (Station 1 and 4) had the most unfavorable conditions respect to the other ones.

Conclusion: Therefore, the assessment of macroinvertebrates functional feeding groups are a useful way (with a least cost) to evaluate the consequence of human activities on water quality as it has been observed on Little Zab river ecosystem.

* Corresponding Author's email: kamali.abolghasem@yahoo.com

کاربرد گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ارزیابی زیستی رودخانه زاب کوچک

ابراهیم تقی‌نژاد^۱، محمدرضا احمدی^۲، ابوالقاسم کمالی^{۱*}، مهدی نادری‌جلودار^۳، هومن رحبی‌اسلامی^۱

^۱ گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲ گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

مقدمه: هدف از این مطالعه ارزیابی تاثیر فعالیتهای انسانی بر سلامت و تعیین کیفیت آب با استفاده از شاخص زیستی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی در رودخانه زاب کوچک، آذربایجان غربی می‌باشد.
مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در چهار ایستگاه با استفاده از نمونه‌بردار سوربر به ابعاد ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر با چشمه تور ۳۶۰ میکرومتر به‌صورت ماهانه در سال ۱۳۹۷ انجام شد.

بزرگ بی‌مهرگان کفزی
گروه‌های تغذیه‌ای
شاخص کیفیت آب
رودخانه زاب کوچک

نتایج: تعداد ۴۶۴۷۵ عدد در واحد نمونه‌بردار جاندار کفزی جداسازی شدند که به ۱۶ راسته، ۳۵ خانواده و ۴۹ جنس و گونه تعلق داشتند. بزرگ بی‌مهرگان کفزی شامل ۵ گروه تغذیه‌ای (Collector-Filterer (CF)، Collector-Gatherer (CG)، Scraper (SCR)، Shredder (SHR)، Predator (PRD) بودند. گروه‌های CG و CF به‌ترتیب در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی (به‌جز ایستگاه ۳ که به‌ترتیب گروه‌های CG و PRD غالب بودند) از بیش‌ترین فراوانی نسبی برخوردار بودند. فراوانی گروه تغذیه‌ای Collector/Gatherer در ایستگاه‌هایی با آلودگی زیاد (به‌ویژه ایستگاه ۱) افزایش معنی‌داری نسبت به سایر ایستگاه‌ها (به‌ویژه ایستگاه‌های ۲ و ۴) داشته است. براساس نتایج به‌دست آمده از پراکنش بزرگ بی‌مهرگان کفزی و رفتار غذایی آن‌ها، تاثیر فعالیتهای انسانی از جمله ورود فاضلاب‌های کشاورزی، شهری و روستایی روی رودخانه زاب کوچک کاملاً مشهود بوده و ایستگاه‌هایی که تحت تاثیر انواع پساب‌ها قرار داشتند (ایستگاه‌های ۱ و ۴)، دارای نامطلوب‌ترین شرایط از نظر آلودگی بودند.

نتیجه‌گیری و بحث: بنابراین، با بررسی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی با کم‌ترین صرف هزینه می‌توان به ناهنجاری‌های احتمالی ناشی از فعالیتهای انسانی و تغییر در کیفیت آب بوم‌سازگان رودخانه زاب کوچک پی برد.

مقدمه

بزرگ بی‌مهرگان کفزی می‌توان به ناهنجاری‌های احتمالی ناشی از ورود مواد آلی و تغییر در کیفیت آب بوم‌سازگان رودخانه پی برد (Uwadiae, 2010). نادری جلودار (1385) با بررسی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی در رودخانه هراز، توانست به ناهنجاری احتمالی ناشی از ورود مواد آلی و تغییر در کیفیت آب رودخانه پی برد. این مطالعه با هدف بررسی توزیع گروه‌های مختلف تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان مبنای ارزیابی زیستی رودخانه زاب کوچک، آذربایجان غربی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

طول رودخانه زاب کوچک 400 کیلومتر بوده که از کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته و به رودخانه دجله می‌ریزد (دیانت و همکاران، 1398). تعداد 4 ایستگاه در این پژوهش با در نظر گرفتن انواع آلودگی‌های کشاورزی، شهری و روستایی ناشی از فعالیت‌های انسانی در مسیر رودخانه، امکان دسترسی به بخش‌های مختلف آن و شرایط محیطی از قبیل شیب بستر و ارتفاع از سطح دریا در نظر گرفته شد (شکل 1).



شماره ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۴۵° ۹۴' ۹۷"	۳۶° ۳۴' ۹"
۲	۴۵° ۹۴' ۷"	۳۶° ۳۴' ۹"
۳	۴۵° ۹۷' ۴۳"	۳۶° ۲۸' ۵۳"
۴	۴۵° ۹۵' ۳۳"	۳۶° ۲۸' ۳۶"

شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی روی رودخانه زاب کوچک همراه با مختصات جغرافیایی آن‌ها

نمونه‌برداری جهت تعیین دانه‌بندی ذرات در بسترهای رسی، شنی و سنگریزه‌ای با سه تکرار در هر ایستگاه انجام شده که اندازه و نوع

شهرنشینی، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی با همه مزایایی که در افزایش تولید داشته است، همواره با آثار مخرب خود از طریق ایجاد آلاینده‌ها و پساب‌ها، سلامت زیست‌بوم‌ها به‌ویژه آب‌های سطحی را به خطر می‌اندازد (Karr, 1998). آلودگی آب رودخانه‌ها را در حقیقت می‌توان شاخص آلودگی محیط‌زیست در اثر فعالیت‌های انسانی به‌شمار آورد، زیرا رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که مسیر طولانی را از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی طی می‌کنند (Sharma و Chowdhari, 2011). سه نوع آلودگی شامل آلاینده‌های صنعتی ناشی از کارخانجات و صنایع، آلودگی کشاورزی حاصل از سموم کشاورزی مورد استفاده در مزارع کشاورزی و آلودگی شهری شامل فاضلاب‌های خانگی و شهری وجود دارند که وارد رودخانه‌ها می‌شوند (Sharma و Chowdhari, 2011). شاخص‌های متعددی برای تعیین کیفیت آب استفاده می‌شود (Cummins و Merritt, 1996؛ Karr, 1998؛ Bode و همکاران، 2002؛ Kenny و همکاران، 2009). با توجه به این‌که جریان آب خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن را در بوم‌سازگان‌های آب جاری در هر لحظه تغییر می‌دهد، بی‌مهرگان کفزی به دلیل توان حرکتی محدود و پاسخگویی نسبت به شرایط موقتی و زودگذر محیطی نظیر آلودگی‌ها و عوامل تنش‌زا بهتر می‌توانند وضعیت کیفی بوم‌سازگان آب‌های جاری را نسبت به خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشان دهند (Kenny و همکاران، 2009؛ Sharifinia و همکاران، 2016). اگرچه بوم‌شناسان برای تعیین کیفیت جویبارها و رودخانه‌ها از موجودات آبی به‌عنوان شاخص کیفی آب استفاده نموده و عکس‌العمل آن‌ها را نسبت به شرایط محیطی در نظر می‌گیرند، بزرگ بی‌مهرگان کفزی از رایج‌ترین موجودات برای فعالیت‌های پایشی می‌باشند (Cummins و Merritt, 1996؛ Bode و همکاران، 2002). بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان مصرف‌کنندگان حدواسط سطوح تغذیه‌ای نقش اساسی در بوم‌سازگان‌های آبی ایفا نموده (Cremona و همکاران، 2010) و از منابع غذایی مختلفی استفاده می‌کنند که می‌توان بر این اساس آن‌ها را در گروه‌های مختلف تغذیه‌ای قرار داد (Taylor و Baily, 1997). بدین ترتیب آلودگی آلی ناشی از ورود فاضلاب‌های کشاورزی، شهری و روستایی به رودخانه‌ها طی فرایندهای مختلف می‌تواند منابع غذایی بوم‌سازگان رودخانه را تغییر داده و شرایط جدیدی را برای بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه ایجاد نماید (شریفی‌نیا و همکاران، 1391؛ شیرودمیرزایی و همکاران، 1397). یکی از نشانه‌های جریان انرژی حاصل از آلودگی به مواد آلی در بین سطوح مختلف غذایی شامل تغییر در فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی و گروه‌های تغذیه‌ای به‌واسطه ارتباط بین ساختار جمعیت و پایه انرژی می‌باشد (Allan, 1995). بنابراین با بررسی گروه‌های تغذیه‌ای

توام با ذرات رسی، شنی و گلی بود. بستر ایستگاه ۲ شبیه به ایستگاه ۱ بوده ولی ذرات شنی بیش تری داشت. ایستگاه ۳ سنگلاخی توام با ذرات رسی، گلی و شنی بود، اما ایستگاه ۴ بیش تر سنگلاخی و قلوه سنگی توام با ذرات شن بود. تعیین دانه بندی ذرات به کمک طبقه بندی اداره کشاورزی ایالات متحده آمریکا (USDA: United States Department of Agriculture) به شرح جدول ۱ انجام پذیرفت (بایوردی، ۱۳۸۸).

ذرات نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از شیکر الک آزمایشگاهی (Sieve Shaker) تعیین گردید. دانه بندی ذرات در بسترهای سنگی، قلوه سنگی و تخته سنگی پس از انجام نمونه برداری به صورت تصادفی-سیستماتیک و با قرار دادن سنگها روی یک پارچه مربعی شکل به طول و عرض ۷۵ سانتی متر و عکس برداری از نمونه ها تعیین شد. اندازه سنگها سپس با استفاده از نرم افزار Digimizer تعیین گردید. ایستگاه ۱ تخته سنگهای کمتری داشته و بیش تر قلوه سنگی

جدول ۱: تعیین دانه بندی ذرات با استفاده از طبقه بندی USDA

رس	سیلت	شن			سنگریزه	قطر (میلی متر)
		خیلی نرم	شن نرم	متوسط		
کمتر از ۰/۰۰۲	۰/۰-۰۰۲/۰۵	۰/۰-۰۰۵/۱	۰/۰-۱/۲۵	۰/۰-۲۵/۵	۰/۱-۵	۲-۱

(Duncan multiple range test) در سطح کم تر از ۵ درصد ($P < 0.05$) صورت پذیرفت. محاسبه داده ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۱ و ترسیم شکلها با بسته نرم افزاری Excel انجام شد.

جدول ۲: فراوانی نسبی گروه های تغذیه ای در چهار سطح کیفی آب (Baily و Taylor, ۱۹۹۷).

ضعیف	متوسط	خوب	عالی	
<۱	<۱	<۱	۲	Shredder
<۱	۴	۳۷	۴۵	Scraper
۹۵	۷۰	۹	۲۱	Gatherer
۱	۷۰	۳۹	۲۲	Filterer
۴	۱۸	۱۵	۹	Predator

نتیجه

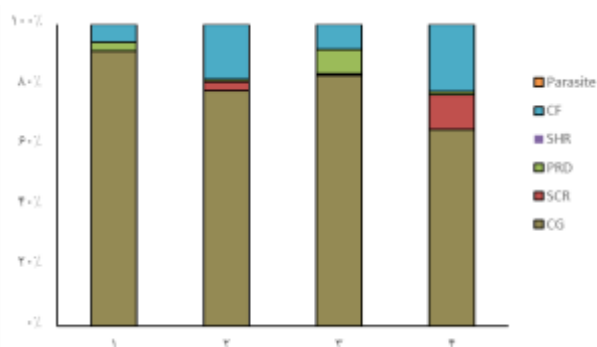
تعداد ۴۶۴۷۵ عدد در واحد نمونه بردار ($30/5 \times 30/5$ سانتی متر) بزرگ بی مهره کفزی طی یک سال نمونه برداری در منطقه مطالعاتی جداسازی شدند که به ۱۶ رده، ۳۵ خانواده و ۴۹ جنس تعلق داشتند. کمترین و بیشترین فراوانی بزرگ بی مهرگان کفزی به ترتیب با ۷۷۲۸ و ۱۶۵۶۷ عدد در مترمربع مربوط به ایستگاه ۴ و ۲ بود. فراوانی نسبی راسته دوبالان (Diptera) در تمامی ایستگاههای مورد مطالعه رتبه نخست را تشکیل داد (جدول ۳). بعد از این راسته، رده کم تاران (Oligochaeta) در ایستگاههای ۱ و ۳ و راسته زودمیران (Ephemeroptera) در ایستگاههای ۲ و ۴ رتبه بعدی را تشکیل دادند. سپس در ایستگاه ۱ به ترتیب فراوانی نسبی رده Hirudinea، راسته های Trombidiformes و Tricoptera از بیشترین مقدار برخوردار بودند. در ایستگاههای ۳ و ۴ به ترتیب فراوانی نسبی راسته های Tricoptera، Trombidiformes و رده Hirudinea از بیشترین مقدار برخوردار بودند. ترتیب فراوانی نسبی در ایستگاه ۲ با Tricoptera، Hirudinea و Trombidiformes بود.

نمونه برداری از بزرگ بی مهرگان کفزی به وسیله نمونه بردار سوربر به ابعاد $30/5 \times 30/5$ سانتی متر با چشمه تور ۳۶۰ میکرومتر انجام شد. سه نقطه رودخانه در هر ایستگاه برای این کار انتخاب و نمونه برداری در کناره ها و وسط رودخانه صورت گرفت. دستگاه برای این منظور در جهت خلاف جریان آب رودخانه مستقر گردید و نمونه های جمع آوری شده بزرگ بی مهرگان کفزی با فرمالین ۴ درصد تثبیت گردیدند (Pennak, ۱۹۵۳؛ Loch و همکاران، ۱۹۹۹). نمونه ها سپس جهت شناسایی به آزمایشگاه زکریای رازی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی انتقال داده شدند. مواد و موجودات کفزی جمع آوری شده در ظروف نمونه ها به داخل یک الک آزمایشگاهی با قطر چشمه ۲۵۰ میکرومتر منتقل شده و زیر جریان ملایم آب قرار داده شدند تا ذرات ریزمواد آلی و فرمالین آنها شسته شود. برای شناسایی موجودات از دستگاه استریومیکروسکوپ مدل D5000 و کلیدهای شناسایی معتبر استفاده شد (Pennak, ۱۹۵۳؛ Edmonson, ۱۹۵۹؛ Needham, ۱۹۷۶؛ Quigley, ۱۹۸۶؛ Tachet و همکاران، ۲۰۰۰). فراوانی افراد مربوط به هر گروه تغذیه ای در هر واحد نمونه گیری محاسبه شده، سپس ترکیب گروه های مختلف تغذیه ای شامل CF (Collector-Filterer)، SHR (Shredder) بر حسب درصد برای محاسبه شاخص FFG بر حسب عملکرد تغذیه ای بزرگ بی مهرگان کفزی بیان گردید (Merritt, ۱۹۹۶؛ Taylor و Baily, ۱۹۹۷؛ Mandaville, ۲۰۰۲). فراوانی نسبی گروه های تغذیه ای در چهار سطح کیفی آب در ذیل مشخص شد. در نهایت تغییرات درصد فراوانی گروه های شاخص در ایستگاه های مطالعاتی با استفاده از نرم افزار Systat 11 مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲). نرمال سازی داده ها با روش کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. مقایسه میانگینها به کمک آنالیز واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) و تعیین محل اختلافها توسط آزمون چنددانه ای دانکن

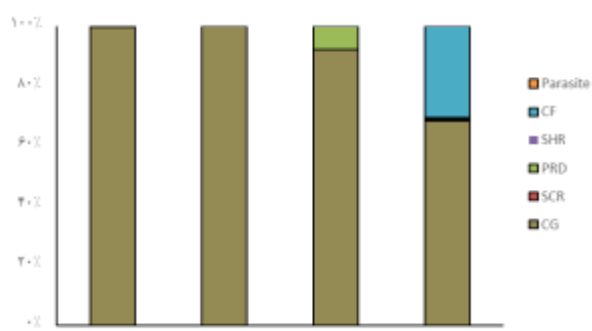
جدول ۳: فراوانی نسبی (تعداد در متر مربع) موجودات کفزی شناسایی شده در رودخانه زاب کوچک

مجموع	۴	۳	۲	۱	جنس و گونه	خانواده	راسته
۱۳	۱۲	۱	-	-	<i>Dugesia gonocephala</i>	Planariidae	Turbellaria
۲	-	-	-	۲	<i>Gordius aquaticus</i>	Gordiidae	Nematoda
۷۰۵	-	۳۲۸	۲	۳۷۵	<i>Tubifex</i> sp.	Tubificidae	
۱۳۶	-	۱۳۶	-	-	<i>Lumbriculus</i> sp.	Lumbriculidae	Oligochaeta
۳۸۶	-	۱۷۴	-	۲۱۲	<i>Stylaria lacustris</i>	Naididae	
۵۱۸۳	۳	۲۹۶۱	۴۷۵	۱۸۴۴	<i>Nais</i> sp.		
۳۳	-	-	-	۳۳	<i>Notonecta</i> sp.	Notonectidae	
۱	-	۱	-	-	<i>Velia currens</i>	Veliidae	Hemiptera
۱	-	۱	-	-	<i>Corixa</i> sp.	Corixidae	
۱	-	-	۱	-	<i>Laccobius bipunctatus</i>	Hydrophilidae	
۲	۲	-	-	-	<i>Noterus</i> sp.		Coleoptera
۵	-	۵	-	-	<i>Agabus</i> sp.	Dyticidae	
۱	۱	-	-	-	<i>Dryops</i> sp.		
۱	۱	-	-	-	<i>Dinocras</i> sp.	Perlidae	
۴	۴	-	-	-	<i>Leuctra</i> sp.	Leuctridae	Plecoptera
۱	۱	-	-	-	<i>Chloroperla</i> sp.	Chloroperlidae	
۶۹۱	۱۰۲	۱۰	۵۳۲	۴۷	<i>Ephemerella</i> sp.		
۱۲۴	۱۲۴	-	-	-	<i>Ephemerella krieghoffi</i>	Ephemerellidae	
۱	۱	-	-	-	<i>Ephemerella belgica</i>		
۳۶۲۷	۱۰۲۷	۴۵۸	۱۳۰۷	۸۳۵	<i>Baetis</i> sp.	Baetidae	Ephemeroptera
۱۸۵۸	۳۵۴	۱۵۴	۱۱۱۷	۲۳۳	<i>Baetis alpinus</i>		
۵۲	-	۴۹	-	۳	<i>Caenis macrura</i>	Caenidae	
۱۵	۸	۶	-	۱	<i>Caenis</i> sp.		
۳۱	۳۱	-	-	-	<i>Ecdyonurus</i> sp.		
۳۲۹	۳۰۳	-	۲۶	-	<i>Epeorus</i> sp.	Heptageniidae	
۱۱۶	۹۷	۱۱	۸	-	<i>Heptagenia</i> sp.		
۸۸۸	۳۱۴	۴۱	۵۳۳	-	<i>Rithrogena</i> sp.		
۶۳	-	-	۳۲	۳۱	<i>Agraylea</i> sp.	Hydroptilidae	
۹۹	۴۲	-	۴۴	۱۳	<i>Oxyethira</i> sp.		Tricoptera
۱۰۵۱	۳۳۶	۲۳۸	۴۷۷	-	<i>Hydropsyche</i> sp.	Hydropsychilidae	
۲۶	۲۶	-	-	-	<i>Rhyacophila</i> sp.	Rhyacophilidae	
۵	۵	-	-	-	<i>Pericoma</i> sp.	Psychodidae	
۱۵	-	-	۱۵	-	<i>Dicranota</i> sp.	Pediciidae	
۴	۱	-	۳	-	<i>Tipula</i> sp.	Tipulidae	
۱۵	۱۴	-	۱	-	<i>Atherix</i> sp.	Athericidae	
۷۳۵۹	۱۸۸۰	۸۵۰	۳۵۸۶	۱۰۴۳	<i>Simulium</i> sp.	Simuliidae	Diptera
۳	۳	-	-	-	<i>Dixa</i> sp.	Dixidae	
۶۹۱	۱۶۳	-	۳۶۹	۱۵۹	<i>Rheotanytarsus</i> sp.	Chironomidae	
۲۲۱۴۰	۲۸۲۸	۵۰۹۸	۷۸۳۸	۶۳۷۶	<i>Chironomus</i> sp.		
۱	۰	۱	-	-	<i>Cordulia</i> sp.	Libellulidae	Odonata
۱۸	-	-	-	۱۸	<i>Physa fontinalis</i>	Physidae	Gastropoda
۷	-	-	-	۷	<i>Argyroseta</i> sp.	Cybaeidae	Arachnida
۴۰۶	۳۷	۲۴۰	۶۱	۶۸	<i>Hydrodroma</i> sp.	Hydrodromidae	Trombidiformes
۱	۱	-	-	-	<i>Arrenurus</i> sp.	Arrenuridae	
۴۵۷	۷	۱۹۵	۱۳۲	۱۲۳	<i>Erpobdella octoculata</i>		
۴۰	-	-	-	۴۰	<i>Erpobdella coccon</i>	Erpobdellidae	Hirudinea
۱	-	-	-	۱	<i>Erpobdella</i> sp.		
۶۶	-	۲۰	۸	۳۸	<i>Hydra</i> sp.	Hydridae	Hydrozoa
۲	۲	-	-	-	<i>Isotomurus palustris</i>	Isotomidae	Collembola
۴۶۴۷۵	۷۷۲۸	۱۰۹۷۸	۱۶۵۶۷	۱۱۲۰۲	۴۹	۳۵	۱۶

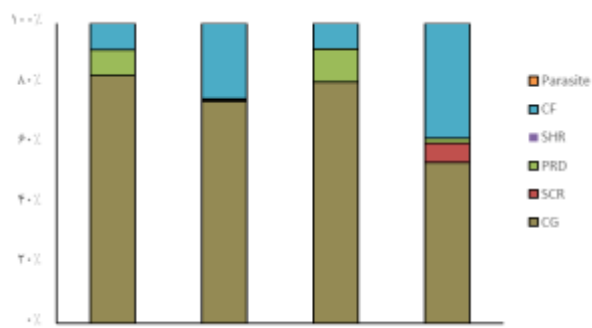
۱، ۲ و ۳ برخلاف گروه CG بوده و میزان فراوانی آن در ایستگاه ۴ تحت تاثیر گروه تغذیه‌ای SCR قرار گرفت. در مطالعه حاضر گروه تغذیه‌ای SHR فراوانی نسبی قابل توجهی نداشت و نوسانات این گروه در ایستگاه‌های مختلف در تمامی فصول سال تعیین‌کننده نبود (شکل‌های ۲ الی ۶).



شکل ۲: ترکیب درصد فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای ایستگاه‌های مختلف در کل سال



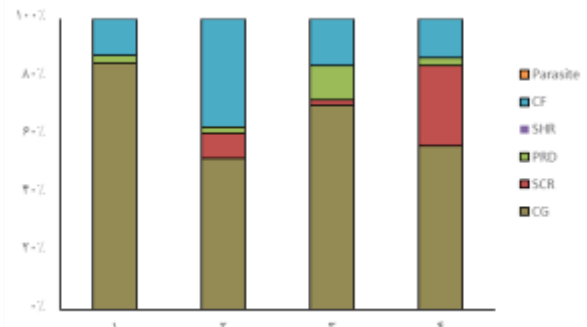
شکل ۳: ترکیب درصد فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای ایستگاه‌های مختلف در فصل بهار



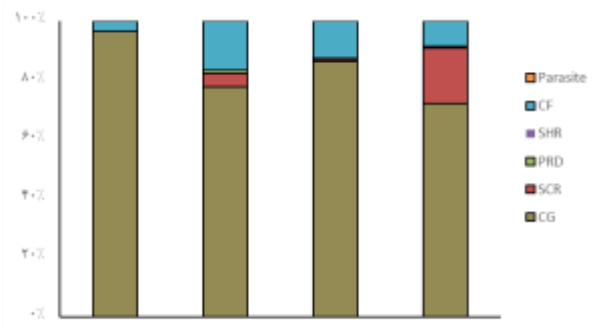
شکل ۴: ترکیب درصد فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای ایستگاه‌های مختلف در فصل تابستان

راسته قاب‌بالان (Coleoptera) فقط در ایستگاه ۲ و راسته بهاره‌ها (Plecoptera) در ایستگاه ۴ حضور داشتند و سایر گروه‌ها اهمیت کم‌تری به لحاظ میزان فراوانی نسبی داشتند. رده‌های Nematoda، Hemiptera، Gastropoda، Arachnida و Hirudinea فقط در ایستگاه ۱ مشاهده شدند. همچنین به ترتیب خانواده‌های Chironomidae و Simuliidae از راسته Diptera در تمامی ایستگاه‌ها از بیش‌ترین فراوانی نسبی برخوردار بودند و از راسته Ephemeroptera خانواده Baetidae دارای بیش‌ترین میزان فراوانی بود. بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی در منطقه مورد مطالعه چندین گروه تغذیه‌ای را شامل می‌شدند که عبارتند از گروه CF، گروه CG، گروه SCR، گروه SHR، گروه PRD (شکل ۱). در ضمن در مطالعه حاضر تعدادی موجودات Parazita نیز شناسایی شد که در تعیین کیفیت آب رودخانه دخالت داده نشد. گروه‌های تغذیه‌ای CG و CF در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی (به جز ایستگاه ۳) نسبت به سایر گروه‌ها از بیش‌ترین فراوانی نسبی برخوردار بودند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که گروه‌های تغذیه‌ای CG و PRD در ایستگاه ۳ غالب بودند. درصد فراوانی گروه تغذیه‌ای CG در ایستگاه ۱ بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها بوده و این تغییرات در کل دوره بررسی بین ایستگاه‌های ۱ و ۴ اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). میانگین درصد فراوانی گروه تغذیه‌ای CF در ایستگاه‌های ۲ و ۴ بیش‌تر از ایستگاه‌های ۱ و ۳ بوده، ولی این تغییرات بین ایستگاه‌ها معنی‌دار نبود. میانگین درصد فراوانی گروه تغذیه‌ای PRD در ایستگاه ۳ بیش‌تر از ایستگاه‌های ۲ و ۴ بوده، به طوری که مقدار آن در ایستگاه ۳ با ایستگاه‌های ۲ و ۴ دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P < 0.05$). گروه تغذیه‌ای SCR در ایستگاه ۴ از بیش‌ترین میانگین فراوانی نسبی برخوردار بوده و با تمامی ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P < 0.05$). اگرچه درصد فراوانی گروه SHR در مقایسه با سایر گروه‌های تغذیه‌ای در تمامی ایستگاه‌ها کم‌تر بوده، میانگین آن در ایستگاه‌های ۲ و ۴ از مقادیر بیش‌تری برخوردار بود و این تغییرات بین ایستگاه‌ها معنی‌دار نبود. بدین ترتیب نتایج مطالعه حاضر نشان داد که درصد فراوانی گروه تغذیه‌ای CG در ایستگاه ۱ با بیش‌ترین فعالیت‌های انسانی با ورود انواع فاضلاب‌های کشاورزی و خانگی بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها بود. نتایج به دست آمده نشان داد که رفتار تمامی گروه‌های تغذیه‌ای غالب در ایستگاه ۴ در فصول مختلف سال با سایر ایستگاه‌ها متفاوت بود. درصد فراوانی گروه CG در تمامی فصول سال و در تمامی ایستگاه‌ها از حداکثر مقدار برخوردار بود به طوری که در تمامی فصول به جز بهار از روند تغییرات سینوسی برخوردار بوده و همانند PRD (برخلاف گروه تغذیه‌ای SCR) ایستگاه‌های ۱ و ۳ نسبت به ایستگاه‌های ۲ و ۴ دارای بیش‌ترین فراوانی نسبی بود. روند تغییرات گروه تغذیه‌ای CF در ایستگاه‌های

Bowles و Fries (۲۰۰۲) در رودخانه سان‌مارکوس می‌باشد. با توجه به این که گروه‌های CF و CG به ترتیب از مواد آلی ریز معلق در آب و بستر رودخانه استفاده می‌کنند (Blair و Williams، ۱۹۹۲)، به نظر می‌رسد شرایط غذایی مناسب ناشی از انواع فعالیت انسانی، دلیل اصلی افزایش قابل توجه گروه CG در ایستگاه ۱ (شکل ۱) می‌باشد. ضمن این که در شرایط آلوده گونه‌های ماهیان کفزی بیش‌تر از سایرین است، درحالی که ترکیب متعادلی از گونه‌ها در شرایط بوم‌شناختی سالم وجود دارد. هم‌چنین تعداد افراد گونه‌های ماهیان غیربومی نیز افزایش پیدا می‌کند (Karr، ۱۹۸۱؛ Oberdorff و همکاران، ۲۰۰۲)، نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر کاملاً با مطالعات بالا از یک هم‌سویی مناسب برخوردار است. گروه‌های CG، CF و SCR در بررسی حاضر در ایستگاه ۴ بیش‌تر از گروه‌های تغذیه‌ای PRD و SHR بود (شکل ۱). تغییرات ساختاری و تروفیک جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در پایین دست مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در رودخانه لیستون اسپانیا با افزایش قابل توجه گروه تغذیه‌ای Collectors (Filterer و Gathers) تغییر پیدا کرد (Camargo، ۱۹۹۲). بنابراین تحقیق حاضر نشان می‌دهد تاثیر پساب ناشی از فعالیت مزارع پرورش ماهی در رودخانه زاب کوچک سبب افزایش نسبی گروه‌های CF و CG (به‌ویژه CG) گردید. هم‌چنین تفاوت‌های زیستگاهی از جمله نوع بستر، شفافیت آب و پوشش گیاهی در ایستگاه ۴ سبب حضور گروه Scraper شده است که از تولیدات آلگی تغذیه می‌کند (Williams و Blair، ۱۹۹۲). فراوانی بی‌مهرگان کفزی در شرایط محیطی مختلف از قبیل دما، اکسیژن محلول، نوع بستر و کمبود مواد غذایی متفاوت می‌باشد (محمودی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۵). تراکم بی‌مهرگان کفزی به دلیل تغییر بستر و پوشش گیاهی حاشیه بستر، فراسنجه‌های زیست محیطی و عوامل تنش‌زای انسانی مانند مزارع ماهی، شهرنشینی، کشاورزی، معادن شن و ماسه و سد متفاوت می‌باشد. بدین ترتیب ایستگاه‌های مورد مطالعه با توجه به فراسنجه‌های زیستگاهی، خصوصیات کیفی آب و شرایط زیستگاه در نتیجه انواع فعالیت‌های انسانی دارای تفاوت کیفی بودند، به طوری که گروه‌های تغذیه‌ای برحسب شرایط بوم‌سازگان رودخانه و تأثیر انواع فعالیت‌ها دارای تغییرات فصلی بودند که با نتایج مطالعات متعدد قبلی نیز مطابقت دارد (Camargo، ۱۹۹۲؛ Blair و Williams، ۱۹۹۲؛ Ganasan و همکاران، ۲۰۰۲). کاربرد گروه‌های تغذیه‌ای موجودات با استفاده از شاخص‌های چندمعیاره در ارزیابی رودخانه تجن مورد مطالعه قرار گرفت و بدین ترتیب کاربری آب در نواحی و سرشاخه‌های مختلف رودخانه مشخص گردید (Azami و همکاران، ۲۰۱۵). در مطالعه دیگری ارتباط بسیار قوی بین آلودگی آب و نتایج شاخص‌های زیستی گزارش شد (Varnosfaderany و همکاران، ۲۰۱۰). هم‌چنین تاثیر آلودگی‌های مختلف بر گروه‌های



شکل ۵: ترکیب درصد فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای ایستگاه‌های مختلف در فصل پاییز



شکل ۶: ترکیب درصد فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای ایستگاه‌های مختلف در فصل زمستان

بحث

بزرگ بی‌مهرگان کفزی منطقه مطالعاتی در بررسی حاضر براساس طبقه‌بندی Merritt و Cummins (۱۹۹۶) به چندین گروه تغذیه‌ای تعلق داشتند که عبارت از گروه‌های CF، گروه CG، گروه SCR، گروه SHR، گروه PRD بودند (شکل ۱). انواع آلودگی‌ها در رودخانه زاب کوچک طی فرآیندهای مختلف توانسته منابع غذایی زیست‌بوم رودخانه زاب کوچک را تغییر داده و شرایط جدیدی برای بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه ایجاد نماید. پساب حاوی مواد آلی ریز طی فرآیندهای فیزیکی که غذای مناسبی برای Collector-Filterer، Collector-Gatherer می‌باشد، سبب تغییر ساختار جمعیتی و افزایش فراوانی گروه‌های Collector می‌شود. بنابراین با بررسی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی می‌توان به ناهنجاری احتمالی ناشی از ورود مواد آلی و تغییر در کیفیت آب زیست‌بوم رودخانه پی برد. بدین ترتیب مطالعه اخیر هم‌سو با نتایج مطالعات نادری جلودار (۱۳۸۵) و Banagar و همکاران (۲۰۱۸) در رودخانه هراز، Shokri و همکاران (۲۰۱۴) در رودخانه تجن، Loch و همکاران (۱۹۹۹) در رودخانه کارولینای شمالی و

biological stream monitoring in New York State. Stream Biomonitoring Unit, Bureau of Monitoring and Assessment, Division of Water, New York State Department of Environmental Conservation. Albany. 122 p.

11. **Camargo, J.A., 1992.** Temporal and spatial variations in dominants, diversity and biotic indices along a limestone stream receiving a trout farm effluent. *Water, Air, and Soil Pollution*. Vol. 63, pp: 343-359.
12. **Cremona, F.; Planas, D. and Lucotte, M., 2010.** Influence of functional feeding groups and spatiotemporal variables on the $\delta^{15}\text{N}$ signature of littoral macroinvertebrates. *Hydrobiologia*. Vol. 647, pp: 51-61.
13. **Cummins, K.W. and Merritt, R.W., 1996.** Ecology and distribution of aquatic insects, In: Merritt, R.W. and Cummins, K.W. (eds.) *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (3rd ed). Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. pp: 74-86.
14. **Edmonson, W.T., 1959.** *Freshwater Biology*. John Wiley and Sons Inc. New York. 1248 p.
15. **Fries, L.T. and Bowles, D.E., 2002.** Water quality and macroinvertebrate community structure associated with a sportfish hatchery outfall. *North American Journal of Aquaculture*. Vol. 64, No. 2, pp: 257-266.
16. **Ganasan, V. and Hughes, R.M., 2002.** Application of an index of biological integrity (IBI) to fish assemblages of the rivers Khan and Kshipra (Madhya Pradesh), India. *Freshwater Biology*. Vol. 40, No., 2. pp: 367-383.
17. **Karr, J.R., 1981.** Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*. Vol. 6, No. 6, pp: 21-27.
18. **Karr, J.R., 1998.** Rivers as sentinel: using the biology of rivers to guide landscape management. In: Naiman, R.J. and Bilby, R.E. (Eds.) *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*. Springer. New York. pp: 502-528.
19. **Kenny, M.A.; Sutton-Grier, A.E.; Smith, R.F. and Gresens, S.E., 2009.** Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: The intersection of science and policy. *Terrestrial Arthropod Reviews*. Vol. 2, pp: 99-128.
20. **Loch, D.D.; West, J.L. and Perl mutter, D.G., 1999.** The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*. Vol. 147, pp: 37-55.
21. **Mandaville, S.M., 2002.** Benthic macroinvertebrates in freshwater taxa tolerance values, metrics, and protocols. *Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax, Halifax*. 47 p.
22. **Needham, J.G., 1976.** *A guide to the study of freshwater biology*. Holden day Inc. San Francisco. 107 p.
23. **Oberdorff, T.; Pont, D.; Hugueny, B. and Porcher, J.P., 2002.** Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health in France. *Freshwater Biology*. Vol. 47, No. 9, pp: 1720-1734.
24. **Pennak, R.W., 1953.** *Freshwater invertebrates of the United States*. The Ronald Press Company. New York. 769 p.
25. **Quigley, M., 1986.** *Invertebrates of streams and rivers*. Head of Studies in Environmental Biology. Nene College, Northampton. 83 p.
26. **Sharifinia, M.; Mahmoudifard, A.; Gholami, K.; Namin, J.I. and Ramezanzpour, Z., 2016a.** Benthic diatom and macroinvertebrate assemblages, a key for evaluation of river health and pollution in the Shahrood River, Iran. *Limnology*. Vol. 17, No. 1, pp: 95-109.
27. **Sharifinia, M.; Mahmoudifard, A.; Namin, J.I.; Ramezanzpour, Z. and Yap, C.K., 2016b.** Pollution

تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه شاهرود مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس غالبیت گروه‌ها در شرایط کیفی مختلف رودخانه دارای تغییراتی بود (Sharifinia و همکاران، ۲۰۱۶a، b). همچنین براساس بررسی صورت گرفته در رودخانه ماین (Taylor و Baily، ۱۹۹۷) می‌توان گفت تمامی ایستگاه‌ها در مطالعه حاضر در طبقات متوسط و ضعیف قرار می‌گیرند.

منابع

۱. **بای‌بوردی، م.، ۱۳۸۸.** فیزیک خاک. موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ۶۷۶ صفحه.
۲. **دیانت، م.؛ درج، ح. و قادری، ا.، ۱۳۹۸.** تاثیر هیدروپلیتیک زاب کوچک بر روابط سیاسی ایران و اقلیم کردستان عراق. پژوهش‌های سیاسی جهان اسلام. دوره ۹، شماره ۲، صفحات ۱۳۱ تا ۱۵۸.
۳. **شریفی‌نیا، م.؛ ایمان‌پور، ج. و بزرگی‌ماکرانی، ا.، ۱۳۹۱.** ارزیابی بوم‌شناختی رودخانه تجن با استفاده از گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی و شاخص‌های زیستی. اکولوژی کاربردی. دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۸۰ تا ۹۱.
۴. **شیرودمیرزایی، ف.؛ قربانی، ر.؛ حسینی، س.ع.؛ پرافکنده حقیقی، ف. و نصرالله‌زاده‌ساروی، ح.، ۱۳۹۷.** ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پساب آبی‌پروری بر جوامع کفزی، مطالعه موردی: تالاب گمیشان، استان گلستان. محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۴، صفحات ۴۹۹ تا ۵۱۰.
۵. **محمودی‌فرد، ع.؛ ایمانپورنمین، ج.؛ علاف‌نوبریان، ح. و غلامی‌دشتکی، ک.، ۱۳۹۵.** کاربرد شاخص‌های زیستی-جمعیتی در ارزیابی اکولوژیکی رودخانه شاهرود با استفاده از جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی. محیط زیست جانوری. دوره ۸، شماره ۳، صفحات ۱۴۵ تا ۱۵۸.
۶. **نادری‌جلودار، م.، ۱۳۸۵.** ارزیابی آلودگی مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان رودخانه هراز با استفاده از شاخص‌های زیستی. کنفرانس ملی علوم شیلات و آبزیان. لاهیجان، صفحات ۴۵۲ تا ۴۶۵.
7. **Allan, J.D., 1995.** Stream ecology structure and function of running waters. Chapman & Hall. London. 388 p.
8. **Azami, J.; Sari, A.E.; Abdoli, A.; Sohrabi, H. and Van den Brink, P.J., 2015.** Assessment of ecological quality of the Tajan River in Iran using a multimetric macroinvertebrate index and species traits. *Environmental Management*. Vol. 56, No. 1, pp: 260-269.
9. **Banagar, G.; Riazi, B.; Rahmani, H. and Jolodar, M.N., 2018.** Monitoring and assessment of water quality in the Haraz River of Iran using benthic macroinvertebrates indices. *Biologia*. Vol. 73, No. 10, pp: 965-975.
10. **Bode, R.W.; Novak, M.A.; Abele, L.E.; Heitzman, D.L. and Smith, A.J., 2002.** Quality assurance work plan for

- evaluation in the Shahrood River: Do physico-chemical and macroinvertebrate-based indices indicate same responses to anthropogenic activities? *Chemosphere*. Vol. 159, pp: 584-594.
28. **Sharma, K.K. and Chowdhary, S., 2011.** Macroinvertebrates assemblages as biological indicators of pollution in a Central Himalayan River, Tawi (J&K). *International Journal of Biodiversity and Conservation*. Vol. 3, No. 5, pp: 167-174.
 29. **Shokri, M.; Rossaro, B. and Rahmani, H., 2014.** Response of macroinvertebrate communities to anthropogenic pressures in Tajan River (Iran). *Biologia*. Vol. 69, No. 10, pp: 1395-1409.
 30. **Tachet, H.; Richoux, P.; Oumaud, M. and Usseglio Polatera, P., 2000.** *Invertebrates d Eau Douce*. Systematique, Biologie, Ecologie. CNRS Editions. Paris. 275 p.
 31. **Taylor, B.R. and Baily, R.C., 1997.** Technical evaluations on methods for benthic invertebrate's data analysis and interpretation. Canada Center for Mineral and Energy Technology. Ontario. 90 p.
 32. **Uwadiae, R.E., 2010.** Macroinvertebrates functional feeding groups as indices of biological assessment in a tropical aquatic ecosystem: implications for ecosystem functions. *New York Science Journal*. Vol. 3, No. 8, pp: 6-15.
 33. **Varnosfaderany, M.N.; Ebrahimi, E.; Mirghaffary, N. and Safyanian, A., 2010.** Biological assessment of the Zayandeh Rud River, Iran, using benthic macroinvertebrates. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*. Vol. 40, No. 3, pp: 226-232.
 34. **Williams, D.D. and Blair, W.F., 1992.** *Aquatic insects*. Blackburn Press. Wallingford. 372 p.