



بررسی اثر عوامل محیطی بر توزیع و فراوانی بی‌مهرگان کفزی در رودخانه چهل چای استان گلستان

سیدعلی رضوانی^۱، محمد قلی زاده^{۲*}، رحمان پاتیمار^۳، محمد فرهنگی^۴

۱. سیدعلی رضوانی: دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

۲. محمد قلی زاده: استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

۳. رحمان پاتیمار: دانشیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

۴. محمد فرهنگی: استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۶

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۱۱/۲۹

چکیده

مطالعه کیفیت آب سطحی و روند تغییرات آلودگی با شاخص‌های زیستی، تاثیرات زیست‌محیطی را بهتر نشان می‌دهد. هدف از این تحقیق بررسی جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی و ارتباط آنها با عوامل محیطی در رودخانه چهل چای مینودشت، استان گلستان بود. بررسی فراوانی و پراکنش بزرگ بی‌مهرگان کفزی در سال ۱۳۹۶ به صورت فصلی در ۵ ایستگاه منطقه سرچشمه، جنگل، تفرجگاه، کشاورزی و شهری با استفاده از نمونه بردار سوربرسمپلر (۰/۰۹ مترمربع) با ۳ تکرار انجام شد. در این بررسی، در مجموع فون کفزیان شامل: ۲ شاخه، ۲ رده، ۴ راسته و ۱۰ خانواده شناسایی شدند. بیشترین فراوانی مربوط به رده حشرات و راسته Ephemeroptera و خانواده Baetidae بود. بالاترین فراوانی گونه-ای در فصل زمستان و کمترین فراوانی گونه در فصول بهار مشاهده شد. بیشترین میزان شاخص هلسینهوف در فصل تابستان و در منطقه شهری (۷/۱۹) و کمترین مقدار آن نیز در فصل پاییز در منطقه بالادست (۴/۰۶) مشاهده گردید. نتایج میانگین شاخص HFBI، کیفیت آب رودخانه چهل چای ۵/۴۴ را در کلاسه کیفی متوسط با آلودگی آلی نشان داد، که این رودخانه در ایستگاه‌های پایین دست به دلیل افزایش مواد آلی از مناطق کشاورزی، پساب شهری و منطقه گردشگری باعث افزایش گونه‌های مقاوم به آلودگی از جمله خانواده‌های Tubificidae و Chironomidae شد که نشان دهنده کیفیت پایین آب در این منطقه است.

واژگان کلیدی: درشت بی‌مهرگان کفزی، شاخص هلسینهوف، عوامل محیطی، رودخانه چهل چای.



The effect of environmental factors on the distribution and abundance of benthic macroinvertebrates in Chehel Chai River in Golestan province

Seyed Ali Rezvani¹, Mohammad Gholizadeh^{2*}, Rahman Patimar³, Mohammad Farhangi⁴

1. Seyed Ali Rezvani, Department of Fisheries, Gonbad Kavous University, Iran

2. Mohammad Gholizadeh^{}, Assistant Professor, Department of Fisheries, Gonbad Kavous University, Iran*

3. Rahman Patimar, Associate Professor, Department of Fisheries, Gonbad Kavous University, Iran

4. Mohammad Farhangi, Assistant Professor, Department of Fisheries, Gonbad Kavous University, Iran

Received: 18-Feb-2020

Accepted: 29-Feb-2020

Abstract

Some macroinvertebrates have been identified as bio-indicators indices of stream health and are as the most useful and efficacious. The purpose of this study was to investigate the macroinvertebrate communities and their relationship with environmental factors in the Chehel Chai River of Minoodasht, Golestan province. The study of the abundance and distribution of macroinvertebrate in 2017 seasonally at 5 stations in upstream, forest, tourism area ,agricultural and urban areas was performed with 3 replications using Surber sampler (0.09 m²). In this study in total fauna including 2 phylum, 2 class, 4 order and 10 families were identified. The most frequent species were Ephemeroptera and Baetidae. The highest species abundance and the lowest species abundance were observed in winter and in spring, respectively. The highest Hilsenhoff index recorded in summer in urban area (7.19) and the lowest in autumn in upstream area (4.06). The Results from the mean HFBI index 5.44 showed Chehel Tea River with organic pollution class of water quality resulting that an increase in organic matter in the downstream stations due to agricultural activities in this area, release of urban wastewater and tourism affairs. Increase of pollution resistant species such as Tubificidae and Chironomidae families, indicated low water quality in this area.

Keywords: Identification, Benthic macroinvertebrates, Hilsenhoff index, Environmental factors, Chehel Chai River.

۱. مقدمه

مورد خسارت وارده به محیط وجود دارد. این موجودات در محیط زیست نشانه‌هایی را نشان می‌دهند تا با تکیه بر آنها بتوان وضعیت اکولوژیک منطقه را ارزیابی نمود (Gholizadeh and Heydarzadeh, 2019). بنابراین بررسی خصوصیات فون کفزی نه تنها ارزیابی مستقیمی از شرایط کیفی محیط آبی را فراهم می‌کند، بلکه می‌تواند انعکاس دهنده آشفستگی‌ها و فعالیت‌های انسانی و طبیعی حوزه اطراف نیز باشد (Karr, 2005).

بی‌مهرگان کفزی به دلیل داشتن خصوصیات خاص از جمله داشتن غنای گونه‌ای بالایی عکس‌العمل‌های متفاوتی را در قبال عوامل محیطی، در مقایسه با سایر جانداران آبی (ماهیان و جلبک‌ها)، از خود نشان می‌دهند، ساکن بودن، داشتن چرخه زندگی طولانی، برخلاف اندازه‌گیری فیزیکی و شیمیایی، فقط گویایی وضعیت زمان نمونه‌برداری نیستند و در ارزیابی زیستی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار می‌گیرند (Spellman and Drinan, 2002). برای ارزیابی خطرات وارد شده بر منابع آبی اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آب از دقت کافی برخوردار نبوده و از سنجش بیولوژیک موجودات در محل زندگی‌شان استفاده می‌شود (Adams, 2002). کاربرد شاخص‌های زیستی در ارزیابی کیفیت آب بر این اساس استوار است که ساختار اجتماعات کفزی ممکن است بر اثر آشفستگی‌های محیطی تغییر کند (زیرا برخی از گونه‌ها بیش از سایرین تأثیر می‌پذیرند) و آلودگی‌ها از تنوع بزرگ بی‌مهرگان بکاهد. کاهش تنوع خانواده‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی انعکاس‌دهنده شدت فشارهای محیطی خواهد بود. بنابراین، شاخص‌های زیستی ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌ها جهت ارزیابی سریع منابع آبی تلقی می‌شود و با ارایه یک شاخص به صورت یک عدد واحد آلودگی قابل ارزیابی است (Abbaspour et al., 2013). اکثر شاخص‌های مورد استفاده، متمرکز بر اندازه‌گیری فراوانی (تراکم و بیومس)، تنوع (غنای گونه‌ای و شاخص شانون-وینر) و توان تحمل آلودگی (هیلسنهوف) است (Beck et al., 2010). با توجه به شرح بالا، هدف از این مطالعه تعیین میزان آلودگی در ایستگاه‌ها و فصول مختلف در

در اکولوژی نهرها، درک ارتباط بین عوامل زیستی و غیر زیستی بسیار مهم است چون محیط‌های آب شیرین تحت تأثیر حوزه آبخیز قرار دارند (Wear et al., 1998) و مدیریت موفق کاملاً وابسته به تعیین چگونگی تأثیر فاکتورهای محیطی روی عوامل زیستی است. عوامل غیر زیستی مانند دما، سرعت جریان و بستر همگی روی فراوانی و پراکنش موجودات آبی مانند ماهیان، بزرگ بی‌مهرگان کفزی و پریفیتون‌ها تأثیر می‌گذارند (Stoddard et al., 2006). از آنجاکه وجود هر گونه آلودگی در منابع آبی به‌طور مستقیم بر جوامع موجودات آبی تأثیرگذار است، لذا در نظر گرفتن تغییرات ایجادشده در جوامع موجودات آبی در هر زیستگاه، می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزیابی کیفیت آب بر اساس آلودگی‌ها مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات زیست‌شناختی و بوم‌شناختی منابع آب، اساسی‌ترین موضوع در تحقیقات و بررسی‌های علمی محسوب می‌شود، که شناسایی موجودات زنده و فاکتورهای زیست‌محیطی حاکم بر هر بوم‌سازگان، گام نخست در این تحقیقات علمی است (Leunda et al., 2009).

مطالعات فراوانی در خصوص پاسخ اکولوژیک اکوسیستم‌های طبیعی بر آلودگی‌های ناشی از ضایعات انجام شده است (Rosenberg et al., 1999). در بین اجتماعات آبی رودخانه‌ها بزرگ بی‌مهرگان کفزی در این مقوله بسیار مورد توجه‌اند، موجودات زنده‌ای که در اکوسیستم آب‌های جاری زندگی می‌کنند، عمدتاً موجود کفزی اند و هر یک از این موجودات می‌توانند بیانگر تغییر وضعیت کمی و کیفی رودخانه در طی گذر زمان باشند. معمولاً برای شناخت شرایط محیط در پایش‌های زیستی از گونه‌ها یا جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی استفاده می‌شود. در واقع بزرگ بی‌مهرگان کفزی می‌توانند به‌عنوان موجودات شاخص منطقه، معرف وضع زیستی محیط آبی باشند. با ارزیابی جمعیت و تنوع این موجودات، امکان ارزیابی اولیه و هشدار در

سطح دریا ۱۳۵ متر و حداکثر ارتفاع آن ۱۹۳۰ متر از سطح دریا است. سطح آبخیز را جنگل و اراضی زراعی پوشانده است. عوامل طبیعی (مانند شیب زیاد، سیل-خیزی و وجود سازندهای حساس به فرسایش) و انسانی (مانند تغییر کاربری اراضی جنگلی و تبدیل آن به زمین زراعی، استفاده نادرست از زمین و کشاورزی روی اراضی با شیب زیاد، چرای بی‌رویه دام در جنگل و جاده‌سازی غیر اصولی) موجب بروز انواع فرسایش و حرکات توده‌ای در سطح آبخیز چهل چای شده است. عوامل مذکور به همراه مواردی نظیر ورود فاضلاب‌ها، زباله‌ها و دیگر زائدات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند موجب آلودگی آب‌های سطحی و تنزل شدید کیفیت در این آبخیز شود و با رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی این معضل هر روز وخیم‌تر خواهد شد. شکل ۱ حوضه و رودخانه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



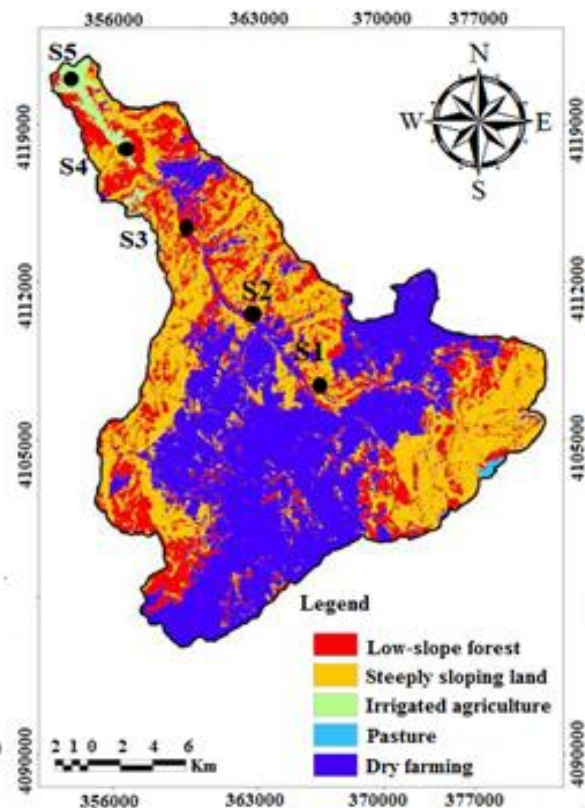
شکل ۱ - منطقه ارزیابی و ایستگاه‌های نمونه برداری از رودخانه چهل چای

رودخانه چهل چای از طریق شناسایی بی‌مهرگان کفزی بود. بررسی تاثیر عوامل انسانی مختلف بر جوامع کفزیان و بررسی رابطه بین عوامل محیطی با فراوانی بی‌مهرگان کفزی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

رودخانه چهل چای یکی از سرشاخه‌های بزرگ گرگان‌رود است که از لحاظ تقسیمات سیاسی در محدوده شهرستان مینودشت قرار گرفته است. مساحت آبخیز این رودخانه برابر ۲۵۶۸۰ هکتار است و در بین $37^{\circ}13'$ تا $36^{\circ}59'$ طول شرقی و $55^{\circ}23'$ تا $55^{\circ}38'$ عرض شمالی واقع شده است. میزان بارندگی سالانه منطقه تقریباً ۷۶۰ میلی‌متر است. حداقل ارتفاع از



هیلسنهوف (Hilsenhoff) در سطح خانواده از معادله ۱ استفاده شد (Hilsenhoff, 1988).

$$(1) \sum \frac{(X_i \times T_i)}{N}$$

X_i : تعداد افراد در یک خانواده

T_i : درجه مقاومت همان خانواده

N : تعداد کل موجودات در نمونه

سپس از جدول ۱ که راهنمای کلی جهت تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها بوده و با توجه به آن درجه آلودگی آلی نیز مشخص شد، در بررسی کیفیت رودخانه چهل جای از تعیین مقدار بار آلودگی آلی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری نیز استفاده گردید.

روش نمونه‌برداری از بی‌مهرگان کفزی رودخانه با استفاده از سوربرسمپلر و مخصوص آب‌های جاری و تند، انجام شد که از دو قالب فلزی هر کدام به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر تشکیل شده بود. نمونه‌برداری از ۳ نقطه جناح چپ، راست و وسط رودخانه در جهت خلاف جریان آب صورت گرفت و باهم مخلوط گردید. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در فرمالین ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. کفزیان جمع‌آوری شده با استفاده از الک آزمایشگاهی با قطر چشمه ۵۰ میکرون شستشو داده شدند، سپس محتویات الک به داخل سینی جهت جداسازی موجودات از مواد زمینه در زیر لوپ منتقل شدند (Stark, 1998). پس از جداسازی نمونه‌ها، بزرگ بی‌مهرگان کفزی بر اساس کلیده‌های معتبر (Needham, 1976; Thorp and Covich, 2009) تا حد راسته، خانواده، جنس و گونه شناسایی گردید.

در پایان نیز برای محاسبه شاخص زیستی

جدول ۱- تعیین کیفیت آب با استفاده از شاخص زیستی به روش هلسینهوف

شاخص زیستی در سطح خانواده	کیفیت آب	درجه آلودگی آب
۳/۰-۷۵	عالی	عدم وجود آلودگی آلی
۴/۲۵- ۳/۷۶	خیلی خوب	احتمال وجود آلودگی آلی در حد بسیار جزئی
۵/۴-۰۰/۲۶	خوب	احتمال وجود آلودگی آلی در حد جزئی
۵/۵-۷۵/۰۱	نسبتاً خوب	احتمال وجود آلودگی آلی در حد متوسط
۶/۵-۵/۷۶	نسبتاً بد	احتمال وجود آلودگی آلی در حد زیاد
۷/۶-۲۵/۵۱	بد	احتمال وجود آلودگی آلی در حد بسیار زیاد
۱۰/۷-۰۰/۲۶	خیلی بد	وجود آلودگی آلی شدید

نرم‌افزار Excel. Ver 2013 نیز برای رسم نمودارها استفاده گردید. برای تعیین روابط بین بزرگ بی‌مهرگان کفزی و متغیرهای محیطی آزمون CCA مورد استفاده قرار گرفت. طول فلش نشان‌دهنده اهمیت متغیر است و همبستگی منفی یا مثبت با محور نشان داده شد (Abrantes et al., 2006).

برای بررسی بزرگ بی‌مهرگان کفزی از آزمون خوشه‌بندی (Cluster analysis) و مقیاس بندی چندبعدی غیر متریک (n.MDS) از شاخص شباهت نسبتی Bary-curtis، با تبدیل ریشه دوم داده‌ها برای همه نمونه‌ها در ماتریس گونه‌های اصلی درشت بی‌مهرگان در ایستگاه‌ها، از نرم‌افزار Primer.6 استفاده شد (Clarke and Ainsworth, 1993). همچنین از

۳. نتایج

حشرات آبی فراوان ترین در بین جمعیت زیادی از درشت بی مهرگان کفزی بودند. بیشترین تنوع به ترتیب متعلق به Diptera با ۵ خانواده و راسته Ephemeroptera و Gastropoda با ۲ خانواده بود.

در مدت زمان نمونه برداری ۶ راسته با ۱۲ خانواده متشکل از ۲۰۴۰ درشت بی مهرگان کفزی در رودخانه چهل چای ثبت شد (جدول ۲). در این مطالعه Chironomidae (۳۴/۰۷ درصد) و Baetidae (۲۲/۵۵ درصد) خانواده های غالب بودند. لاروهای

جدول ۲. فراوانی درشت بی مهرگان کفزی شناسایی شده در رودخانه چهل چای

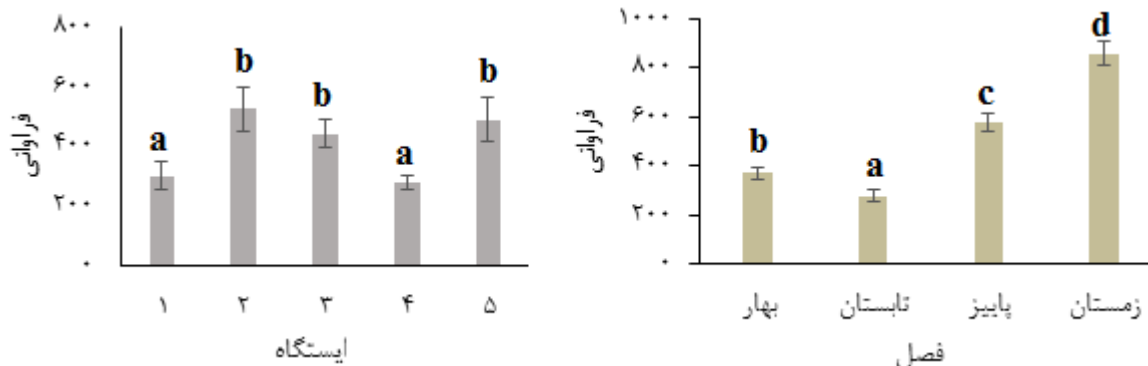
راسته	خانواده	ایستگاه					هلسینهوف	گروه های تغذیه ای
		۱	۲	۳	۴	۵		
Plecoptera	Perlidae	+	-	-	-	-	۲	prd
Ephemeroptera	Baetidae	+	+	+	+	+	۴	c-g
	Caenidae	+	+	+	+	-	۶	c-g
Tricoptera	Hydropsychidae	+	+	+	+	+	۴	c-f
Diptera	Pupa-Chironomidae	-	-	+	+	-	۸	c-g
	Chironomidae	-	+	+	+	+	۸	c-g
	Simuliidae	-	+	+	+	-	۶	c-f
	Ceratopogonidae	-	-	+	+	-	۶	prd
	Psychodidae	-	-	+	+	-	۸	c-g
Gastropoda	Dixidae	-	-	+	+	-	۱	c-f
	Physidae	-	+	-	+	-	۸	c-g
	Lymnaeidae	-	+	-	+	-	۶	c-g
Oligochaeta	Tubificidae	-	-	-	+	+	۹	c-g

میانگین جمعیت بی مهرگان کفزی در طول رودخانه شنبه بازار طی زمان بررسی از فصل تابستان به فصل زمستان روند افزایشی از خود نشان داد. کرم های کم تار فقط در ایستگاه های ۴ و ۵ (پایین دست رودخانه) مشاهده شد. در بررسی زمانی جمعیت کفزیان رودخانه چهل چای بیشترین فراوانی مربوط به فصل زمستان با

در رابطه با تغییرات مکانی مشخص شد که ایستگاه ۲ بیشترین تنوع و فراوانی را با ۵۲۵ تعداد نمونه و ۹ خانواده نسبت به سایر ایستگاه ها دارا بود و کمترین فراوانی را نیز ایستگاه ۴ با ۲۸۰ نمونه و ۷ خانواده به خود اختصاص داد که اختلاف معنی داری را با دیگر ایستگاه ها نشان داد ($p > 0.05$) (شکل ۲). همچنین

نمونه و ۹ خانواده نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارا بود و کمترین فراوانی را نیز ایستگاه ۴ با ۲۸۰ نمونه و ۷ خانواده به خود اختصاص داد که اختلاف معنی داری را با دیگر ایستگاه‌ها نشان داد ($p > 0.05$) (شکل ۲).

۴۸±۸۵۹/۶ عدد و کمترین فراوانی مربوط به فصل تابستان با ۲۷۶±۲۲/۴۸ عدد از بی‌مهرگان کفزی بود (شکل ۴). در رابطه با تغییرات مکانی مشخص شد که ایستگاه ۲ بیشترین تنوع و فراوانی را با ۵۲۵ تعداد



شکل ۲. میانگین (میانگین ± انحراف معیار) جمعیت بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه و فصول مختلف از رودخانه چهل چای

تابستان در ایستگاه ۵ و با میانگین کل $5/44 \pm 0/87$ بوده است (جدول ۳).

در رابطه با تغییرات زمانی و مکانی بررسی شاخص HFBI طی دوره بررسی یک ساله نشان داد که حداکثر این شاخص در فصل پاییز و حداکثر آن در فصل

جدول ۳- تغییرات شاخص HFBI در چهار ایستگاه در رودخانه چهل چای (۱۳۹۶).

	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	
ایستگاه ۱	۴/۲۴	۴/۸	۴/۰۶	۴/۵۲	۴/۴۱ ± ۰/۴۴
ایستگاه ۲	۴/۴۵	۴/۹۵	۴/۳۱	۵/۱	۴/۷۰ ± ۰/۱۹
ایستگاه ۳	۵/۴۹	۵/۷۵	۵/۳۴	۵/۵۸	۵/۵۴ ± ۰/۷۲
ایستگاه ۴	۵/۸۸	۶/۷۳	۵/۷۸	۵/۹۶	۶/۰ ± ۰/۹۲۲
ایستگاه ۵	۶/۱۸	۷/۱۹	۶/۰۶	۶/۳۳	۶/۰ ± ۴۴/۳۵

(۲۸/۰۲) در پایین دست رودخانه از فصل تابستان بود. کمترین و بیشترین میزان اکسیژن محلول به ترتیب در فصول تابستان (۸/۳۶، ایستگاه ۵) و پاییز (۱۱/۴۷، ایستگاه ۱) ثبت شد. کمترین و بیشترین میزان نیتريت، نیتريت، آمونیاک کل و فسفات کل در طول سال به ترتیب در ایستگاه ۱ و ایستگاه ۴ و ۵ ثبت شد. روند تغییرات سایر شاخص های کیفی آب در جدول ۲ قابل مشاهده است. نتایج حاصل از بررسی ارتباط بین

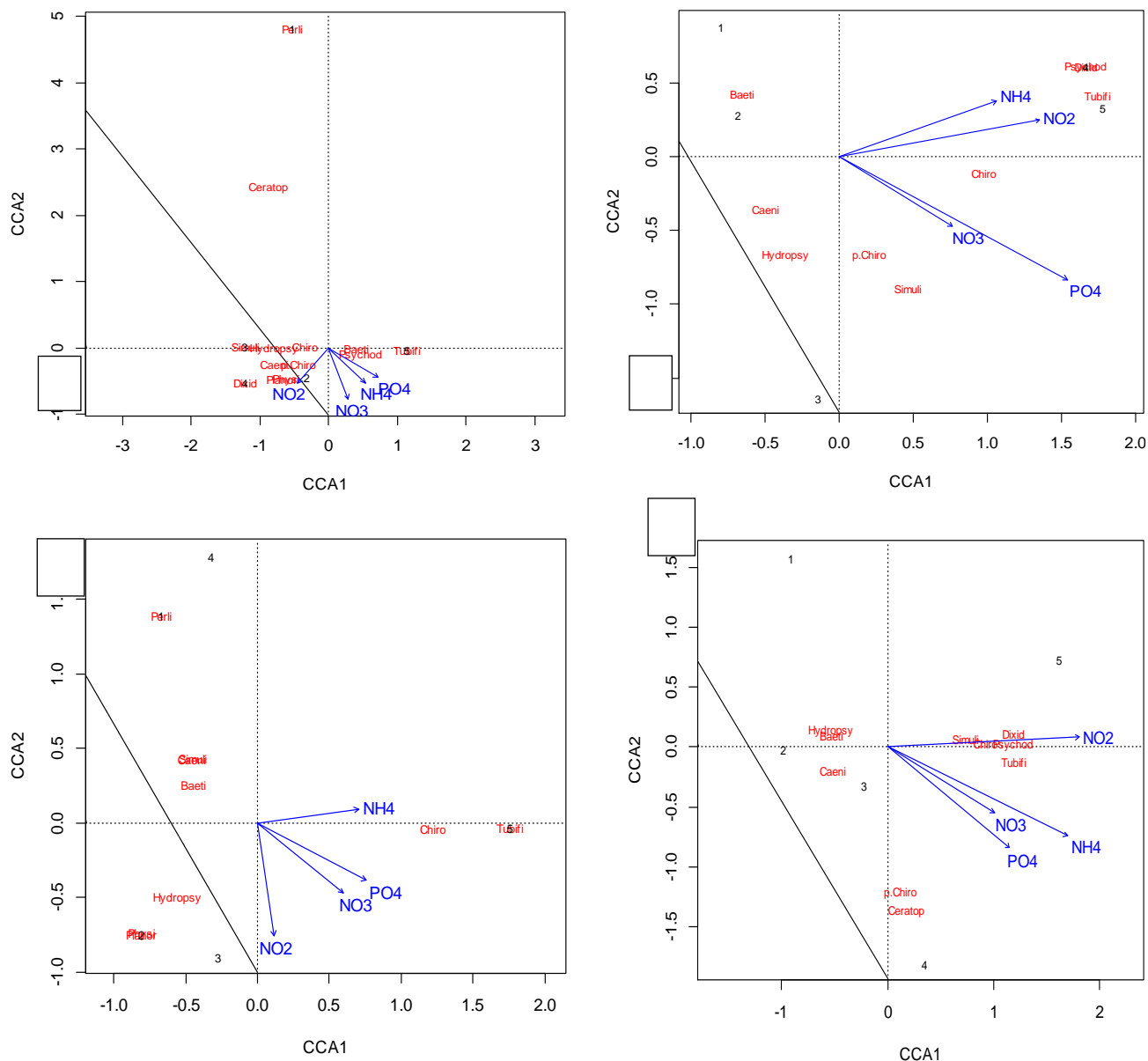
مقادیر عوامل فیزیکی-شیمیایی آب شامل دمای آب (درجه سانتیگراد)، اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر)، نیتريت (میلی گرم در لیتر)، نیتريت (میلی گرم در لیتر)، آمونیاک (میلی گرم در لیتر)، فسفات (میلی گرم در لیتر)، عمق (سانتی متر) و جنس بستر (سانتی متر) به تفکیک فصل و در ایستگاه‌های مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. دامنه دمایی دارای تغییراتی بین ۱ (۱/۱) در فصل زمستان کمترین تا ایستگاه ۵

به ترتیب شامل نیتريت، نیترات، آمونیاک و فسفات است که با گونه‌های مقاوم از جمله خانواده های رده *Diptera* ارتباط بیشتری دارند. آنالیز *CCA* در فصل تابستان نشان می دهد که همبستگی بین جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و متغیرهای محیطی در محورهای اول با واریانس ۷/۲ درصد و دوم با واریانس ۲۳/۴ درصد به ترتیب برابر مقدار ویژه = ۰/۶۹ و مقدار ویژه = ۰/۲۱ بود. طبق تحلیل *CCA* روی گونه‌های *Psychodidae* و *Tubificidae* در فصل تابستان، بیشتر تحت تاثیر عوامل نیتريت و آمونیاک است. همچنین عوامل نیترات و فسفات نیز با گونه‌های *Chironomidae* و *Simuliidae* ارتباط قوی دارد (شکل ۲). تحلیل *CCA* در فصل پاییز نشان می دهد.

فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی و جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و تعیین مهمترین فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی تاثیرگذار بر پراکنش این جوامع در رودخانه چهل چای در مدت یک سال نمونه‌برداری با استفاده از آنالیز تطبیقی متعارفی (*CCA*) در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج تست مونت کارلو با ۹۹۹ جایگشت نشان داد که محورهای ۱ و ۲ در شکل *CCA* دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد اند. در فصل بهار محور اول (مقدار ویژه = ۰/۳) و دوم (مقدار ویژه = ۰/۱۵) به ترتیب میزان ۴۶/۳ و ۲۸/۳ درصد از تغییرات واریانس محیط-گونه را شامل می‌شوند که بیان‌کننده یک ارتباط قوی بین عوامل فیزیکی-شیمیایی و جوامع بزرگ بی‌مهرگان اند. مهمترین عوامل تاثیرگذار در این مطالعه

جدول ۴. خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آب در ۴ فصل مختلف در رودخانه چهل چای

فصل	ایستگاه	دما	اکسیژن محلول	نیترات	نیتريت	آمونیاک	فسفات	عمق	جنس بستر
بهار	۱	۲۲/۱±۳/۱	۱۱/۱±۱/۴	۰/۰±۴۴/۱	۰/۰۰۱	۰/۰±۱۱۱/۰۱	۰/۰±۰۱۵/۰۱	۲±۱۲	۴±۱۶
	۲	۲۳/۱±۵/۳	۹/۰±۸/۳	۲/۰±۴/۴	۰/۰۰۳	۰/۰±۰۲۹/۰۱	۰/۰±۰۴۷/۰۱	۲±۱۵	۷±۲۳
	۳	۲۳/۰±۸/۹	۹/۰±۶۴/۳	۴/۰±۱۱/۵	۰/۰۰۳	۰/۰±۰۱۵/۰۱	۰/۰±۰۵۵/۰۲	۵±۲۸	۱۱±۴۷
	۴	۲۴/۱±۶/۶	۹/۰±۹/۴	۳/۰±۱۳/۵	۰/۰۰۴	۰/۰±۰۲۱/۰۱	۰/۰±۰۸/۰۲	۲±۱۲	۴±۳۴
	۵	۲۵/۱±۵/۳	۸/۰±۷۹/۳	۳/۰±۴۱/۴	۰/۰۰۳	۰/۰±۰۲۶/۰۱	۰/۰±۰۷۱/۰۲	۳±۱۱	۳±۱۴
تابستان	۱	۲۳/۱±۲۵/۹	۱۰/۰±۴۵/۵	۰/۰±۵۸/۱	۰/۰۰۳	۰/۰±۰۱۳/۰۱	۰/۰±۰۱۶/۰۱	۲±۸	۲±۱۱
	۲	۲۶/۲±۳۱/۱	۹/۰±۷۷/۴	۲/۰±۸۶/۳	۰/۰۰۵	۰/۰±۰۱۷/۰۱	۰/۰±۰۵۳/۰۲	۳±۱۰	۶±۲۲
	۳	۲۷/۲±۳۳/۵	۹/۰±۱۵/۲	۳/۰±۳۲/۳	۰/۰۰۱	۰/۰±۰۲۵/۰۱	۰/۰±۰۶۲/۰۲	۳±۱۳	۸±۳۶
	۴	۲۷/۱±۵۱/۷	۹/۰±۰۱/۳	۴/۰±۰۵/۶	۰/۰۱۳	۰/۰±۰۲۴/۰۱	۰/۰±۰۸۱/۰۳	۱±۶	۵±۲۰
	۵	۲۸/۱±۰۲/۶	۸/۰±۳۶/۱	۴/۰±۸/۵	۰/۰۱۵	۰/۰±۰۲۸/۰۲	۰/۰±۰۹۲/۰۳	۱±۵	۴±۱۳
پاییز	۱	۱۳/۱±۳/۸	۱۱/۰±۴۷/۶	۰/۰±۳۹/۱	۰/۰۰۱	۰/۰±۰۰۹/۰۱	۰/۰±۰۱۶/۰۱	۲±۱۱	۳±۱۰
	۲	۱۴/۱±۲/۱	۱۰/۰±۸۴/۵	۲/۰±۰۳/۳	۰/۰۰۲	۰/۰±۰۱/۰۱	۰/۰±۰۱۳/۰۱	۳±۱۳	۷±۲۱
	۳	۱۴/۱±۷/۱	۱۰/۰±۵۱/۵	۲/۰±۴۵/۴	۰/۰۰۳	۰/۰±۰۲۴/۰۱	۰/۰±۰۳۲/۰۱	۴±۲۵	۹±۳۹
	۴	۱۵/۱±۳۳/۲	۹/۰±۷۶/۴	۳/۰±۱۲/۴	۰/۰۰۳	۰/۰±۰۳۹/۰۲	۰/۰±۰۵۶/۰۲	۳±۱۴	۶±۲۵
	۵	۱۵/۱±۷۸/۳	۹/۰±۴/۴	۳/۰±۳۵/۵	۰/۰۰۴	۰/۰±۰۳۵/۰۱	۰/۰±۰۵۷/۰۲	۱±۹	۲±۱۵
زمستان	۱	۱۱/۰±۱/۹	۱۱/۰±۴۲/۷	۰/۰±۳۸/۱	۰/۰۰۱	۰/۰±۰۰۸/۰۱	۰/۰±۰۷۵/۰۱	۲±۱۵	۴±۱۱
	۲	۱۱/۰±۵/۷	۱۰/۰±۸۶/۶	۲/۰±۳۶/۴	۰/۰۰۱	۰/۰±۰۱۷/۰۱	۰/۰±۰۳۱/۰۱	۴±۱۸	۷±۲۱
	۳	۱۱/۰±۷/۷	۱۰/۰±۶۵/۷	۲/۰±۶۵/۳	۰/۰۰۱	۰/۰±۰۲۲/۰۱	۰/۰±۰۴۱/۰۱	۶±۳۵	۱۱±۳۷
	۴	۱۲/۰±۵/۸	۱۰/۰±۱۲/۴	۳/۰±۰۶/۴	۰/۰۰۲	۰/۰±۰۳۲/۰۱	۰/۰±۰۵۹/۰۲	۳±۱۶	۱۴±۳۳
	۵	۱۲/۰±۸/۶	۹/۰±۸۱/۵	۳/۰±۵۸/۳	۰/۰۰۳	۰/۰±۰۳۶/۰۲	۰/۰±۰۴۸/۰۱	۲±۱۴	۶±۱۴



شکل ۳- تحلیل تطبیقی متعارفی جهت تعیین مهمترین فاکتورهای تاثیرگذار بر پراکنش بزرگ بی مهرگان کفزی در رودخانه چهل چای - a: فصل بهار، b: فصل تابستان، c: فصل پاییز، d: فصل زمستان.

تحلیل نشان داد که گونه های Chironomidae و Tubificidae با عوامل آمونیاک همبستگی بیشتری دارند. تحلیل CCA در فصل زمستان نیز نشان داد که همبستگی بین جوامع بزرگ بی مهرگان کفزی و عوامل

که همبستگی بین جوامع بزرگ بی مهرگان کفزی و عوامل محیطی در محورهای اول با واریانس ۵۵/۵ درصد و دوم با واریانس ۳۰/۸ درصد به ترتیب برابر مقدار ویژه = ۰/۶۳ و مقدار ویژه = ۰/۱۴ بودند. این

جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در فصل زمستان نشان داد که رده Diptera تحت تاثیر نیتريت است (شکل ۳).

اکوسیستم و تا حدی بهبود شرایط محیطی نسبت به فصول قبل باشد، اما همچنان محیط دارای شرایط مساعدی نبود.

در فصل تابستان تعداد بزرگ بی‌مهرگان کفزی سیر نزولی نشان داد که گروه از موجودات مقاوم در این منطقه دیده شد. که می‌تواند به علت افزایش دما و تبخیر و در نتیجه افزایش شوری باشد. در فصل پاییز و بهار دو گروه از صدف‌ها از خانواده Lymnaeidae و Physidae مشاهده شد که باتوجه به دمای تحمل آلودگی پایین‌تر نسبت به بی‌مهرگان کفزی غالب منطقه می‌تواند نشانگر مساعدتر شدن شرایطی آبی باشد (Thorp and Covich, 2009). افزایش چشمگیر Chironomidae در نمونه‌های فصل پاییز و غالبیت این گونه در این فصل نیز حائز اهمیت بود که می‌تواند ناشی از تغییر در شرایط محیطی آبی باشد. به‌طور کلی در ایستگاه ۱ موجودات کفزی فراوانی کمتری از خود نشان دادند و بعضی از گونه‌های حساس در آن‌ها مشاهده شد که می‌تواند به علت اکسیژن محلول بالا و آلودگی کم باشد. در ایستگاه‌ها و در فصل پاییز گونه‌هایی با تحمل آلودگی کمتر نسبت به فصول قبل مشاهده شد که این خود باعث تمایز فصول و تغییرات محیطی می‌تواند باشد. در فصل پاییز وجود خانواده Baetidae و Caenidae نیز باعث تمایز این ایستگاه‌ها نسبت به سایر فصول می‌شود. البته باید توجه داشت که هر گاه تغییرات معنی‌داری در جمعیت بی‌مهرگان کفزی رخ دهد، نتیجه امر در تغییر بیش از یک عامل نمایان می‌شود. مطلبی که در رودخانه چهل چای مشاهده شد حاکی از همین نتیجه‌گیری است.

نتایج حاصل از بررسی‌های میانگین شاخص HFBI دوره تحقیق، کیفیت آب رودخانه چهل چای را در کلاس کیفی نسبتاً خوب (۵/۴۴) در تمام فصول قرار داد (جدول ۵). مقادیر شاخص HFBI در طول رودخانه

محیطی در محورهای اول با واریانس ۴۲/۹ درصد و دوم با واریانس ۲۷/۳ درصد به ترتیب برابر مقدار ویژه = ۰/۴۸ و مقدار ویژه = ۰/۱۱ باند. تحلیل CCA روی

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه در مجموع، شاخه حشرات، راسته دوبالان با ۵ خانواده بیشترین تنوع را به خود اختصاص داد. متنوع‌ترین گروه از رده حشرات راسته دوبالان و خانواده Chironomidae بودند. از بین بی‌مهرگان کفزی، راسته (Oligocheata) از جمله خانواده Tubificidae تنها در ایستگاه‌های ۴ و ۵ مشاهده شد و با یک رده و یک خانواده کمترین تنوع را به خود اختصاص داد. همچنین از شاخه Mollusca یک رده و دو خانواده در ایستگاه‌های ۲ و ۴ مشاهده شد. کمترین میزان فراوانی کفزیان هم مربوط به خانواده Ceratopogonidae از راسته Diptera تعلق داشت. از میان خانواده‌های شناسایی شده بیشترین فراوانی مربوط به خانواده های Baetidae (۶۹۵ عدد) و Chironomidae (۴۶۰ عدد) بودند. تغییر در تنوع و فراوانی موجودات کفزی در فصول مختلف ناشی از نوسانات خصوصیات آب، تغذیه و رقابت است که در چرخه زندگی این موجودات تأثیر می‌گذارد (Dewson *et al.*, 2007). مطالعات نشان می‌دهد که وجود فعالیت‌های انسانی از جمله کشاورزی و پساب شهری در منطقه مورد بررسی باعث افزایش بار آلودگی آلی شده است. و این امر موجب فراوانی بالای گونه‌های مقاوم مانند Oligocheata و Chironomidae بود (Suriano and Fonseca-Gessner, 2013, Werner *et al.*, 2010) چنین نتایجی با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. در طول دوره مطالعه بر رودخانه چهل چای، بیشترین تنوع و فراوانی بی‌مهرگان کفزی به ترتیب در فصل زمستان و پاییز مشاهده شد. خانواده Tubificidae در فصل تابستان دارای حداکثر فراوانی بودند، اما در فصل بهار غالبیت با خانواده Chironomidae و Simuliidae بود، که با توجه به ارزش مقاومتی کمتر در جدول هلسینهوف نسبت به خانواده Tubificidae می‌تواند نشان دهنده تغییر در

آلودگی‌های بسیار زیادی است و پس از عبور از مناطق توریستی و گردشگری (ایستگاه ۳)، منطقه کشاورزی (ایستگاه ۲) و فاضلاب شهری (ایستگاه ۴)، شرایط نسبتاً بد پیدا خواهد کرد. همچنین تغییرات دما در فصول مختلف سال باعث تغییر در تنوع و فراوانی بی‌مهرگان کفزی خواهد شد. به همین دلیل بیش‌ترین و کمترین تراکم و تنوع به ترتیب در فصل پاییز و تابستان دیده می‌شود. در فصل تابستان فراوانی و تنوع گونه‌ها دستخوش تغییرات زیادی است، به طوری که گونه‌های با مقاومت بالا در ایستگاه‌های نمونه برداری در این فصل مشاهده شد و فراوانی آن‌ها کاهش یافت. دلیل آنرا می‌توان به افزایش فعالیت کشاورزی، کاهش دبی و عمق آب نسبت داد. کاهش موجودات کفزی در ایستگاه‌های پایین دست بسیار حائز اهمیت بود و می‌تواند نشانگر وضعیت بد محیط آبی در این ایستگاه‌ها باشد که برای اظهار نظر قطعی در این ارتباط نیاز به تحقیقات بیشتر در زمینه آلودگی است.

چهل چای طی یک سال در ایستگاه‌های چهارم (۶/۰۹) و پنجم (۶/۴۴) بیشترین بودند. هر دو ایستگاه در کلاسه کیفی نسبتاً بد قرار می‌گیرند، اما همان‌طور که گفته شد، میزان شاخص در ایستگاه پنجم (۷/۱۹) در فصل تابستان افزایش یافت و در کلاسه آبی بد قرار گرفت، که نشان از فاجعه زیست محیطی و وجود آلودگی بسیار زیاد به علت وجود پساب شهری است. درجات بالاتر شاخص HFBI حاکی از فراوانی بیشتر جمعیت کفزیان بسیار مقاوم به آلودگی آلی مانند Chironomidae و Oligocheta بود و بالعکس مقادیر پایین این شاخص نشانه غالبیت فون کفزیان حساس به آلودگی مانند خانواده‌های Plecoptera و بسیاری از خانواده‌های Ephemeroptera است، (Ehlinger *et al.*, 2007, Rosenberg, 2004) که با درشت بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در این مطالعه مطابقت دارد.

در یک نتیجه گیری کلی می‌توان این‌گونه بیان کرد که رودخانه چهل چای از مبدأ (تالاب انزلی) شامل

۵. منابع

References:

- Abbaspour, R., Hedayatifard, M., Alizadeh Sabet, H., Hassanzadeh, H., Meskaran Karimi, J., 2013. Estimation of Biological and Qualitative Indices of Cheshmeh Kilek Tonekabon River Using Large Benthic Invertebrate Communities and Water Physical and Chemical Factors. *Journal of Environmental Science and Engineering 2* (1), 59-73. (In Persian).
- Adams, S.M., 2002. Biological indicators of aquatic ecosystem stress. *American Fisheries Society*. Bethesda, Maryland. 644p.
- Abrantes, N., Antunes, S.C., Pereira, M.J., Goncalves, F., 2006. Seasonal succession of cladocerans and phytoplankton and their interactions in a shallow eutrophic lake (Lake Vela, Portugal). *Acta Oecologica 29*, 54-64.
- Beck, M. W., Hatch, L. K., Vondracek, B., Valley, R. D., 2010. Development of a macrophyte-based index of biotic integrity for Minnesota lakes. *Ecological Indicators 10*, 968-979.
- Clarke, K. R., Ainsworth, M., 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series 92*, 205-219.
- Dewson, Z. S., James, A. B. W., Death, R.G., 2007. A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society 26*, 401-415.
- Ehlinger, T. J., Sandgren, C. D., Dethorne, L. S., 2003. Monitoring of stream Habitat and Aquatic Biotic Integrity Lincoln Creek Milwaukee Country, Wisconsin, Department of Biological Sciences University of Wisconsin – Milwaukee. 42p.
- Gholizadeh, M., Heydarzadeh, M., 2019. Functional feeding groups of macroinvertebrates and their relationship with environmental parameters (case study: in Zarin-Gol River). *Iranian Journal of Fisheries Sciences 1*-13.
- Hilsenhoff, W.L., 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family – level biotic index. *Journal of the North American Benthological society 7*(1), 65-68.
- Karr, J.R., 2005. Measuring biological condition, protecting biological integrity. Principles of conservation biology essay. Natural Academy Press, Washington, D.C. 110-121.
- Leunda, P. M., Oscoz, J., Miranda, R., Arino, A. H., 2009. Longitudinal and seasonal variation of the benthic macroinvertebrate community and biotic indices in an undisturbed Pyrenean river. *Ecological Indicators 9*

- (1), 52-63.
- Needham, J. G., 1976. A guide to the study of freshwater biology. Holden Sanfrancisco. 107p.
- Rosenberg, D. M., 2004. Biological Monitoring of freshwater- benthic Macro invertebrate, Background, Diversity and Biotic Index, Taxa tolerance value, soil and water conservation society of metro Halifax (SWCSMH).
- Rosenberg, D. M., Davies, I. J., Cobb, D. G., Wiens, A. P., 1999. Protocols for measuring Biodiversity: Benthic macroinvertebrates in Freshwaters. Department of fisheries and Oceans, Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba, 42p.
- Spellman, F.R., Drinan, J. E., 2002. Stream ecology and self-purification, Lancaster Technomic Publication INC., USA, 261p.
- Stark, J. D., 1998. Semi-Quantitative MCI: a biotic index for freshwater macroinvertebrate coded-abundance data. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 32, 55-66.
- Stoddard, J. L., Larsen, D. P., Hawkins, C. P., 2006. Setting Expectations for the Ecological Condition of Streams: The Concept of Reference Condition. *Ecological Applications* 16, 1267-1276.
- Suriano, M., Fonseca-Gessner, A., 2013. Structure of benthic macroinvertebrate assemblages on a gradient of environmental integrity in Neotropical streams. *Acta Limnologica Brasiliensia* 25(4), 418-428.
- Thorpe, J. H., Covich, A. P., 2009. Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. 3rd edition. Academic Press. 1021p.
- Wear, D. N., Turner, M. G., Naiman, R. J., 1998. Land cover along an urban-rural gradient: Implications for water quality. *Ecological Applications* 8, 619-630.
- Werner, I., Markiewicz, D.A., Goding, K., Reece, K., 2010. Benthic macroinvertebrate communities in ephemeral agricultural drainage ditches of California's Central Valley, pp. 1-15In. Moore M.T. Kroger R. Agricultural drainage ditches: mitigation wetlands for the 21st century. Research Signpost, Kerala, India.