محیط‌زیست طبیعی، مجلهٔ منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۲، ص ۸۷-۱۰۰

ارزیابی کیفیت آب رودخانهٔ لیقوان‌چای براساس شاخص‌های زیستی

نادر حبیب‌زاده [۱]، محمد باباپور [۱*]، امیرحسین حمیدیان [۲]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه محیط‌زیست، تبریز، ایران

۲. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۴

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور آشکارکردن میزان تأثیرات ورود فاضلاب ناشی از توسعهٔ صنایع لبنیات، دامپروری و نیز توسعهٔ جوامع انسانی بر کیفیت آب رودخانهٔ لیقوان‌چای، با بررسی جوامع بی‌مهرگان کفزی و غلظت نیترات و فسفات، انجام گرفت. برای این منظور تعداد ۷ ایستگاه، باتوجه به نتایج عملیات پیش‌نمونه‌برداری، از بین ۱۰ ایستگاه انتخاب شدند. نمونه‌برداری‌های اصلی در بهار ۱۳۸۹ در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد انجام شد. به‌طورکلی ۱۷ خانوادهٔ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شدند. خانواده‌های Chironomidae و Simoliidae در همهٔ ایستگاه‌ها غالب بودند. نتایج نشان‌دهندهٔ نوسانات بارز ترکیبات نیترات و فسفات از فروردین تا خرداد است. این ترکیبات در ایستگاه ۱ تغییری را نشان ندادند و همواره مقدار آن‌ها برای نیترات و فسفات به‌ترتیب ۰/۰ و ۰/۱ بود. در آخرین و آلوده‌ترین ایستگاه، این ترکیبات در فروردین‌ماه به‌ترتیب از ۶/۷ و ۵/۸ برای نیترات و فسفات، به ۸/۲ و ۷/۳ میلی‌گرم در لیتر در خردادماه افزایش یافته است. خانواده‌های Beatidae (P<۰/۰۱) و Leptoceridae، Chironomidae و Siimoliidae (P<۰/۰۵) به‌طور معنی‌داری طی ماه‌های گوناگون از ایستگاه ۱ تا ۷ تغییر یافته‌اند. به موازات این تغییرات، شاخص آلودگی وضعیت سلامت رودخانه طبق شاخص هیلسنهوف (FBI) در بدترین حالت در خردادماه از ایستگاه ۱ تا ۷ به‌ترتیب از ۳/۳۰ به ۷/۶۱ رسیده است. این اعداد نشان‌دهندهٔ قرار گرفتن آب ایستگاه ۱ در کلاس بسیار پاک و عالی و آب ایستگاه ۷ در کلاس ضعیف است. تحقیق انجام‌شده گویای وضعیت نسبتاً سالم آب رودخانه از ایستگاه ۳ به بالادست است.

واژه‌های کلیدی: درشت بی‌مهرگان کفزی، رودخانهٔ لیقوان‌چای، شاخص زیستی، کیفیت آب.

* نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۱۴۳۰۲۷۲۳۰ E-mail: mohammadbabapour@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

۱. مقدمه

گسترش روزافزون جوامع بشری، توسعهٔ صنایع، کشاورزی و انواع کاربری اراضی موجب تغییر در محیط‌زیست در راستای توسعهٔ انسانی می‌شود. این تغییرات ممکن است برای محیط‌زیست و رفاه انسان مضر باشد و فاکتورهای سلامت منطقه را تغییر دهد (Wetzel, 2001; Baxter, 1985). از جملهٔ این تغییرات، تغییر در وضعیت سلامت رودخانه است (Sabet Sabet Raftar & Mostafapour, 2005). شایان ذکر است که رودخانه‌های یک حوزهٔ آب‌خیز شریان‌های حیاتی محسوب می‌شوند و هرگونه فعالیت بشری مستقیم یا غیرمستقیم بر آن تأثیر می‌گذارد.

به‌منظور پی‌بردن به این تغییرات، می‌توان در سه بخش فیزیکوشیمیایی، باکتریولوژیکی و بیولوژیکی پژوهش کرد. در این میان، مطالعات زیستی قضاوت منطقی‌تر و دقیق‌تری از اکوسیستم ارائه می‌دهد (Ahmadi & Nafisi Behabadi, 2001)، زیرا اندازه‌گیری عوامل فیزیکوشیمیایی آب رودخانه‌ای که در جریان است، فقط می‌تواند وضعیت لحظه‌ای رودخانه و آن هم در نقطهٔ نمونه‌برداری را نشان دهد.

از طرف دیگر با توجه به تعدد شاخص‌های قابل اندازه‌گیری، غالباً نمی‌توان بین تمامی عوامل رابطهٔ منطقی برقرار کرد. ازاین‌رو برخی پژوهشگران موجودات زنده را با استناد به اینکه این موجودات می‌توانند کارنامه‌ای از وضعیت گذشتهٔ محیط آبی بیان کنند، مورد توجه قرار می‌دهند. البته شرط لازم برای این‌گونه مطالعات این است که موجودات زندهٔ کف‌زی از طول عمر نسبتاً طولانی (حداقل یک فصل) برخوردار باشند.

در این راستا، یکی از روش‌های مطالعهٔ زیستی بر خصوصیات کیفی آب بررسی جانوران آب‌زی، به‌خصوص کف‌زیان و به‌طور ویژه‌ای درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی[1]، است. درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی (ماکروبنتوزها) بی‌مهرگان آب‌زی ساکن در کف بستر بوم‌سازگان‌های آبی‌اند که با چشم غیرمسلح مشاهده نمی‌شوند. در بوم‌سازگان‌های آبی با بار آلودگی ناچیز، جوامع درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی خانواده‌های بیشتری داشته و خانواده‌های با مقاومت کم غلبه دارند، اما در بوم‌سازگان‌های آبی با درجهٔ کیفی آب پایین‌تر خانواده‌های با مقاومت بالا غلبه دارند. در مطالعهٔ این جوامع روش‌های متعددی وجود دارد که براساس این روش‌ها، شاخص‌های زیستی تعریف می‌شوند.

یکی از این موارد شاخص زیستی هیلسنهوف است (Hilsenhoff, 1988). ارتباط بین مطالعات فیزیکوشیمیایی و یافته‌های شاخص‌های زیستی در مطالعات زیادی در ایران بررسی و مشخص شده است که شاخص زیستی هیلسنهوف با شرایط اکولوژیکی ایران مطابقت دارد و نتایج استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف از روش‌های فیزیکوشیمیایی بسیار قوی‌تر است (Mollazadeh, 2005; Bazrafshan, 2007; Mahdavi *et al*., 2009; Babapour *et al*., 2011).

در پژوهشی در زمینهٔ نقش فاضلاب شهری در ساختار و تنوع گونه‌ای جوامع آب‌زیان، مشاهده شد که ورود فاضلاب‌های شهری در مناطق جزر و مدی، بر تنوع و غالب بودن ساختار جوامع شکم‌پایان تأثیر می‌گذارد، نتایج این تحقیق حاکی از آلودگی بالای سواحل مورد بررسی به مواد آلی ناشی از فاضلاب بود (Vaziri Zadeh & Hosseyni, 2006).

در پژوهشی بر ساختار جوامع ماکروبنتوز برای ارزیابی زیستی رودخانه، برای شناخت جوامع کف‌زیان و ساختار جمعیتی آن‌ها، تأثیر جوامع ماکروبنتوز

[1] Benthic Macro Invertebrate

Archive of SID

www.SID.ir

باتوجه به غنای کل ارزیابی شد و شاخص EPT (تعداد جنس‌های متعلق به سه راستهٔ Ephemeroptera، Plecoptera و Trichoptera) و نسبت فراوانی EPT (فراوانی اعضای افراد متعلق به خانوادهٔ Chironomidae)، شاخص شانون و شاخص هیلسنهوف مورد استفاده قرار گرفت. شاخص هیلسنهوف مقادیر طبقهٔ کیفی خوب و خیلی خوب را نشان می‌دهد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز خوشه‌ای و طبقه‌بندی کیفی آب براساس شاخص هیلسنهوف با هم مطابقت داشتند و ایستگاه‌های تحت تأثیر عوامل آلاینده در یک گروه قرار گرفتند (Ghanea *et al*., 2006).

آلودگی حاصل از مزارع تولید ماهی قزل‌آلا روی خودپالایی رودخانه بررسی شد، نتایج این مطالعه نشان داد که مزرعهٔ تولید ماهی بر کیفیت آب، جانداران و خودپالایی طبیعی رودخانه تأثیر کمی داشته است که احتمالا به‌دلیل قدرت خودپالایی بالای رودخانه است (Sani, 1996).

نتایج مطالعه‌ای با عنوان «کف‌زیان بی‌مهرهٔ تالاب و ارتباط آن‌ها با مواد آلی بستر» نشان داد درصد کل مواد آلی در ماه‌های گوناگون در تالاب تغییرات چندانی نداشته و با جمعیت ماکروبنتوزها رابطه‌ای ندارد (Mirzajani *et al*., 1998).

به‌منظور زهکشی دریاچه در یک دورهٔ سه‌ساله روی درشت‌بی‌مهرگان دریاچه تحقیقی صورت گرفته است. تغییرات تنوع و ساختار جامعهٔ ماکروبنتوزی دریاچه با توجه به تغییر فصل‌ها، تغییر سال، تغییر محل ایستگاه‌ها و تغییرات شیمیایی آب بررسی شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که بین جانوران ایستگاه‌ها باتوجه به تغییر فصل و سال و تغییر ایستگاه‌ها و شیمی آب تفاوت بارزی وجود دارد. نتیجهٔ نهایی این تحقیق بیانگر این است که با توجه به تغییرات واضح ماکروبنتوزها در ایستگاه‌ها و سال‌های گوناگون و پاسخ‌گویی مشهود ماکروبنتوزها به تغییرات کیفی آب، این ارگانیزم‌ها ابزار بسیار مناسبی برای مطالعهٔ کیفیت آب هستند (Lenz & Rheum, 1995).

در بررسی کیفیت آب با شاخص زیستی، مشخص شد که استفادهٔ صرف از شاخص زیستی ممکن است سبب به تأخیر افتادن بازسازی اکوسیستم رودخانه شود، زیرا میزان آلودگی با این روش تعیین نمی‌شود و همچنین نبودن کلید رده‌بندی و شناسایی ثابت در این زمینه مشکل را دوچندان می‌کند. از طرف دیگر، استفادهٔ صرف از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، صرفاً وضعیت آلودگی آب را در زمان نمونه‌برداری نشان می‌دهد. درنتیجه ترکیب دو روش، یعنی استفاده از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و شاخص زیستی، در طول زمان ممکن است به‌درستی منعکس‌کنندهٔ وضعیت سلامت رودخانه باشد (DOE, 2002).

به‌دلیل رابطه‌ای که کف‌زیان با شرایط زیستی خود دارند، پژوهشگران زیادی در جهان در زمینهٔ ارتباط این گروه جانداران باکیفیت آب مطالعاتی انجام داده‌اند. در ایران تحقیقات محدودی در این زمینه صورت پذیرفته است، که جا دارد جهت پایش دائمی کیفیت آب و تعیین تغییرات در منابع آبی کشور پژوهش‌های وسیع‌تری انجام شود. باتوجه به پیشینهٔ تحقیق که در بالا به بعضی موارد اشاره شد، در این مطالعه از بررسی جوامع بی‌مهرگان بزرگ کف‌زی در قالب شاخص زیستی هیلسنهوف جهت طبقه‌بندی کیفیت آب در زمان‌ها و ایستگاه‌های گوناگون با کمک این جانداران استفاده شد. علاوه‌برآن، در هر ایستگاه میزان آلودگی آلی آب نیز اندازه‌گیری شد، تا صحت به‌کارگیری جانداران که منعکس‌کنندهٔ سلامت

Archive of SID

www.SID.ir

رودخانه‌اند تأیید شود. بدیهی است در این تحقیق فقط شاخص‌های زیستی در نظر گرفته شده و به خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب که به نظر می‌رسد ناپایدارترند، به‌مثابهٔ شاخص کمکی و تأییدکننده پرداخته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه بخشی از رودخانهٔ لیقوان‌چای، محدود به اولین ایستگاه قبل از آبگرم و آخرین ایستگاه (پایین‌دست) بعد از روستای لیقوان، است. رودخانهٔ لیقوان که با ارتفاع بین ۱۳۰۰ تا ۳۲۰۰ متر از سطح دریا در جنوب شرقی تبریز در جریان است، در ۳۷/۲۲-۳۷/۴۰ درجهٔ عرض شمالی و ۴۶/۲۲-۴۶/۳۰ درجهٔ طول شرقی از ارتفاعات شمال شرقی کوه‌های شیله‌داغی (ارتفاع ۳۱۱۰ متر)، یانیخ‌داغی و ناخیرداغی (ارتفاع ۳۰۵۰ متر)، شیرشیرداغی (ارتفاع ۳۲۳۶ متر) و دامنه‌های شرقی علی وریداغی (ارتفاع ۳۲۰۸ متر) که از ارتفاعات متعدد مجموعهٔ کوه‌های سهندند، سرچشمه گرفته است و حوضهٔ اصلی آبریز آن حدوداً ۱۲۰۰ هکتار است که عموماً از کوه‌های ذکرشده تشکیل شده است. این رودخانه زیستگاه نوعی قزل‌آلای خال‌قرمز (*Salmo trutta*) منحصر به فرد است که دارای خال‌های قرمز درشت و متعددی است و ارزش ژنتیکی دارد. برخی پژوهشگران معتقدند ممکن است زیرگونهٔ خاصی از قزل‌آلای خال‌قرمز باشد (Abdoli, 2000).

در انتخاب ایستگاه از روش پیش‌نمونه‌برداری استفاده شد. ابتدا ۱۰ ایستگاه با توجه به بازدید و نمونه‌برداری اولیه بر مبنای تغییرات در کلاسه‌های کیفی شاخص زیستی هیلسنهوف انتخاب شدند. سپس با توجه به نتایج، در بین آن‌ها ۷ ایستگاه انتخاب شدند. مختصات ایستگاه‌ها در جدول ۱ ذکر شده است.

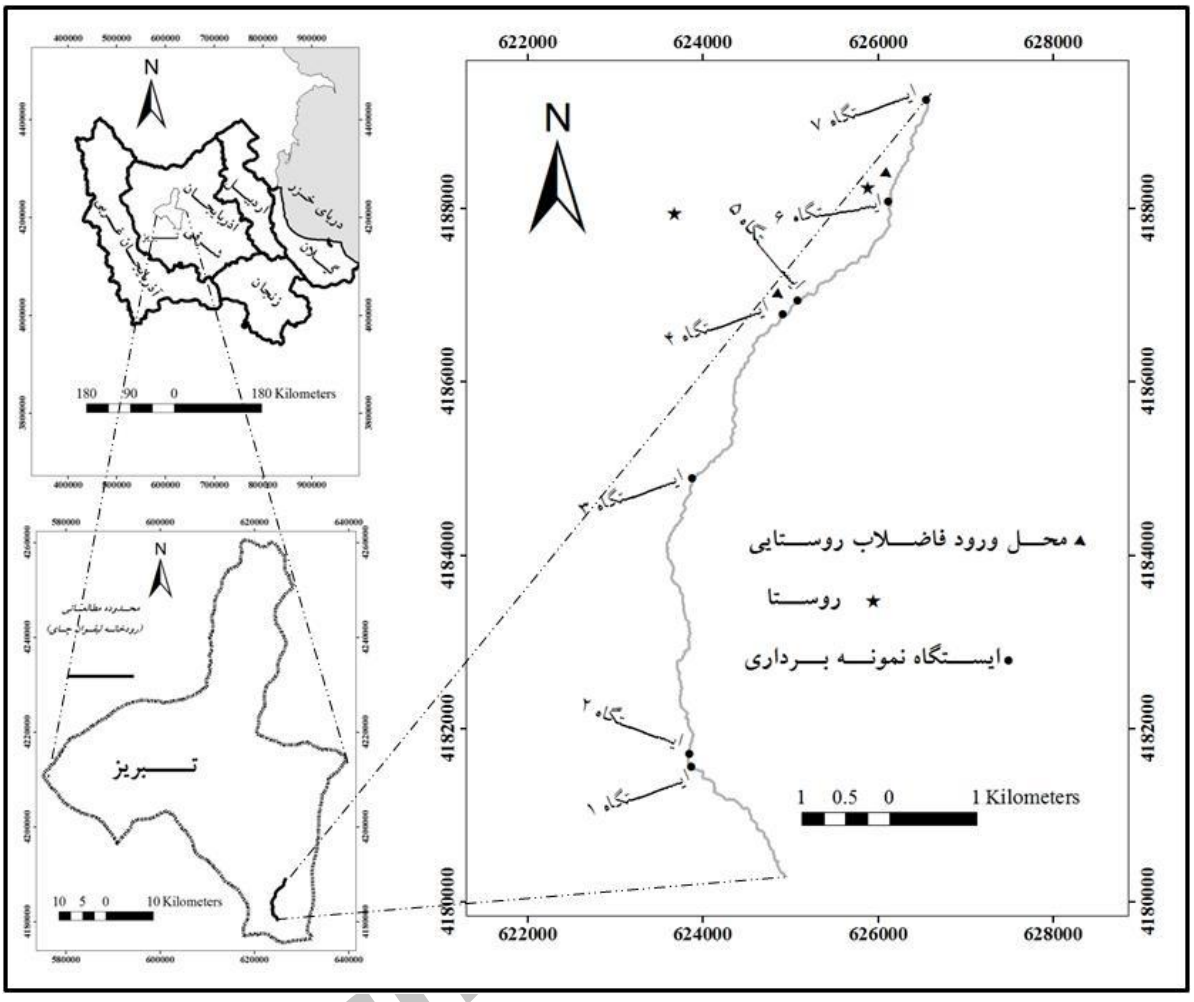
در این ۷ ایستگاه، نمونه‌برداری در میانهٔ سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد و با ۳ تکرار در هر ایستگاه به‌روش کمی- کیفی انجام شد. در نمونه‌برداری کمی- کیفی، نمونه‌ها از زیر سنگ‌های با اندازهٔ مناسب و یکسان جمع‌آوری شدند (Timothy *et al.*,1987)، به این ترتیب که سنگ‌های مناسب برداشته و داخل ظرف پلاستیکی بزرگی گذاشته شدند، سپس به‌وسیلهٔ تیغ جراحی یا پنست نمونه‌ها به‌طور کامل و سالم از سنگ جدا شدند و درون ظرف قرار گرفتند و درنهایت به ظروف نگهداری نمونه منتقل شدند.

موقعیت ایستگاه‌ها در شکل ۱ ارائه شده است. فاکتورهای فیزیکوشیمیایی مورد مطالعهٔ آب شامل فسفات، نیترات و هدایت الکتریکی آب است. برای این منظور، نمونه‌های آب با فرو بردن ظروف شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری درون آب و پرکردن آن‌ها تهیه شدند. بلافاصله بعد از پرکردن بطری‌ها، مقدار ۱۰ درصد حجم کل ظرف، الکل اتانول اضافه شد و بعد از ۱ الی ۴ ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند. در آنجا، پس از عبور از کاغذ واتمن شمارهٔ ۴۲، به بطری منتقل شدند و تا زمان اندازه‌گیری با دستگاه اسپکتروفتومتر، که ۲-۷ روز بعد از نمونه‌برداری بود، به‌طور منجمد نگهداری شدند.

نمونه‌های کف‌زیان بعد از جمع‌آوری به ظروف نگهداری منتقل و سپس با فرمالین ۴ درصد فیکس شدند و درنهایت روی هر ظرف مشخصات آن ثبت شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در زیر آب سرد در الک‌های چشمه‌ریز شسته شدند. سپس محلول الکل ۷۵ درصد جایگزین شد و تا زمان بررسی، نمونه‌ها در یخچال در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. بعد از آخرین نمونه‌برداری در زیر لوپ دوچشمی شناسایی انجام شد. برای شناسایی هرچه دقیق‌تر

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. نقشهٔ موقعیت محدودهٔ مطالعاتی (رودخانهٔ لیقوان‌چای) و ۷ ایستگاه انتخابی

جدول ۱. مختصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر رودخانهٔ لیقوان‌چای

شمارهٔ ایستگاه	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
ایستگاه ۱	ایستگاه قبل از آبگرم	"۲۳' ۴۶° ۳۷	"۲۳' ۲۴° ۴۶
ایستگاه ۲	ایستگاه بعد از آبگرم	"۲۷,۵' ۴۶° ۳۷	"۲۲,۵' ۲۴° ۴۶
ایستگاه ۳	ایستگاه مقابل آسیاب قدیمی	"۱۰,۵' ۴۸° ۳۷	"۲۵,۹' ۲۴° ۴۶
ایستگاه ۴	ایستگاه قبل از ورودی پساب روستای اسپراگون	"۱۳,۹' ۴۹° ۳۷	"۱۲,۵' ۲۵° ۴۶
ایستگاه ۵	ایستگاه بعد از ورودی پساب روستای اسپراگون	"۱۶' ۴۹° ۳۷	"۱۴,۵' ۲۵° ۴۶
ایستگاه ۶	ایستگاه قبل از روستای لیقوان- پل بالا	"۵۳' ۴۹° ۳۷	"۵۹,۵' ۲۵° ۴۶
ایستگاه ۷	ایستگاه بعد از روستای لیقوان- روبه‌روی کارگاه لبنیات	"۳۱' ۵۰° ۳۷	"۱۸' ۲۶° ۴۶

نمونه‌ها از دو کلید شناسایی متفاوت استفاده شد (Zimmerman, 1993; Ahmadi & Nafisi Behabadi, 2001). تراکم آن‌ها در هر مترمربع کف بستر رودخانه به‌دست آمد (Azrina, 2006). جهت

www.SID.ir

تعیین آلودگی آلی آب، هریک از فاکتورها در ماه‌ها و ایستگاه‌های گوناگون در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. سپس مقادیر به‌دست‌آمدهٔ حاصل از آزمایش آب با جدول استاندارد کیفیت آب رودخانه (EPA, 1997)[1] مقایسه شدند.

$$\text{تراکم هر خانواده} = \frac{N \times 10000cm^2}{A} \qquad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

با شناسایی بی‌مهرگان آب‌زی در سطح خانواده، تراکم هر خانواده محاسبه شد. بر پایهٔ رابطهٔ (۲) میزان شاخص زیستی در سطح خانواده[2] (FBI) به‌دست آمد. TV[3] برابر ارزش تحمل هر خانواده و n شامل تعداد کل نمونه از هر خانواده و N شامل تعداد کل نمونه‌های کل خانواده است.

$$FBI = \sum[(TV_i)(ni)] / N \qquad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

براساس رده‌بندی‌های انجام‌شده هر چه مقدار عددی شاخص هیلسنهوف بالاتر باشد، بیانگر حضور جاندارانی با مقاومت بالاست و این به معنای آلودگی بالای منبع آبی مورد مطالعه است (Hilsenhoff, 1988). در جدول ۲ دامنه‌های مربوط به رده‌بندی شاخص هیلسنهوف ارائه شده است.

برای مقایسهٔ فراوانی کل درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی بین ایستگاه‌ها و ماه‌های گوناگون نمونه‌برداری از آنالیز واریانس یک‌طرفهٔ ANOVA و آزمون توکی استفاده شد.

۳. نتایج

براساس جدول ۵، آزمون مقایسهٔ میانگین کف‌زیان (ANOVA و توکی) در فصل‌های و ایستگاه‌های گوناگون نشان می‌دهد، در سطح اعتماد ۹۹ درصد، بین فراوانی کل در هر ماه در ایستگاهای گوناگون و نیز فراوانی کل در هر ایستگاه در سه ماه مطالعه اختلاف معناداری وجود دارد ($P < ۰/۰۱$). نتایج آنالیزهای آماری مربوطه در جدول ۴ ذکر شده است.

با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از نمونه‌برداری‌های گوناگون هر ماه، روند تغییرات فراوانی کل جوامع ماکروبنتوزی در تمام ایستگاه‌ها به‌دست آمد؛ نتایج حاکی از آن بود که در تمام ایستگاها، به‌جز ایستگاه ۵، روند کاهش فراوانی کل جوامع ماکروبنتوزی در ماه اردیبهشت وجود دارد، درحالی‌که در ایستگاه ۵ در ماه اردیبهشت افزایش جمعیت مشاهده می‌شود. همچنین در این ایستگاه برخلاف دیگر ایستگاه‌ها، دوباره فراوانی کل جوامع ماکروبنتوزی کاهش می‌یابد، درحالی‌که در بقیهٔ ایستگاه‌ها در خردادماه افزایش جمعیت به چشم می‌خورد (نمودار ۱). درکل می‌توان گفت که الگوی تغییر جمعیت در ایستگاه ۵ از الگوی کلی تغییرات فراوانی جوامع کف‌زیان در ایستگاه‌های دیگر پیروی نمی‌کند.

با نگاهی کلی به نمودار روند تغییرات میانگین دمای آب و دمای هوا و همچنین تغییر فراوانی تجمعی کف‌زیان در ماه‌های گوناگون مشاهده می‌شود که روند تغییرات دمای آب و دمای هوا کاملا شبیه هم است، همچنین روند تغییرات فراوانی تجمعی کف‌زیان در تمام ماه‌ها به‌جز اردیبهشت از روند تغییرات دمای آب تبعیت می‌کند (نمودار ۲).

تغییرات جوامع ماکروبنتوزی حاکی از آن است که در ماه اردیبهشت با اینکه دمای هوا و آب تغییر چندانی نکرده، در میزان فراوانی (تراکم) جوامع ماکروبنتوزی کاهش مشاهده می‌شود و درکل، تغییرات آن بعد از اردیبهشت با تغییرات دمای آب مطابقت دارد که در هر دو مورد روند تغییرات افزایشی است (نمودار ۳).

[1] Environmental Protection Agency
[2] Family Biotic Index, FBI
[3] Tolerance Value

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. رده‌بندی کیفیت آب براساس شاخص زیستی هیلسنهوف (Zimmerman, 1993)

درجهٔ آلودگی با مواد آلی (Degree of Organic Pollution)	کیفیت آب (Water Quality)	شاخص زیستی (FBI)
وجود نداشتن مواد آلی	عالی	۰/۰۰-۳/۵۰
مواد آلی جزئی	بسیار خوب	۳/۵۱-۴/۵۰
مقدار مواد آلی	خوب	۴/۵۱-۵/۵۰
میزان متوسط مواد آلی	متوسط	۵/۵۱-۶/۵۰
مقدار زیاد مواد آلی	نسبتاً ضعیف	۶/۵۱-۷/۵۰
میزان بسیار زیاد مواد آلی	ضعیف	۷/۵۱-۸/۵۰
آلودگی آلی شدید	بسیار ضعیف	۸/۵۱-۱۰/۰۰

جدول ۳. میانگین مقادیر عددی شاخص هیلسنهوف در هر ایستگاه در ماه‌های گوناگون

زمان	فروردین ۱۳۸۹		اردیبهشت ۱۳۸۹		خرداد ۱۳۸۹	
ایستگاه	مقدار عددی شاخص	کیفیت آب	مقدار عددی شاخص	کیفیت آب	مقدار عددی شاخص	کیفیت آب
۱	۳/۳۱	عالی	۳/۴۷	عالی	۳/۳۰	عالی
۲	۴/۱۸	بسیار خوب	۴/۱۵	بسیار خوب	۴/۰۸	بسیار خوب
۳	۴/۲۶	بسیار خوب	۴/۰۸	بسیار خوب	۶/۲۶	متوسط
۴	۵/۹۳	متوسط	۵/۲۷	خوب	۵/۷۴	متوسط
۵	۵/۵۵	متوسط	۵/۲۱	خوب	۶/۳۲	متوسط
۶	۶/۵۴	نسبتاً ضعیف	۴/۶۷	خوب	۶/۶۵	نسبتا ضعیف
۷	۶/۸۰	نسبتاً ضعیف	۵/۵۲	متوسط	۷/۶۱	ضعیف

جدول ۴. آزمون مقایسهٔ میانگین فراوانی کل جوامع کف‌زیان در رودخانهٔ لیقوان‌چای در ایستگاه‌ها و فصل‌های گوناگون- سطح معنی‌داری گروه‌ها با علامت ستاره نشان داده شده است

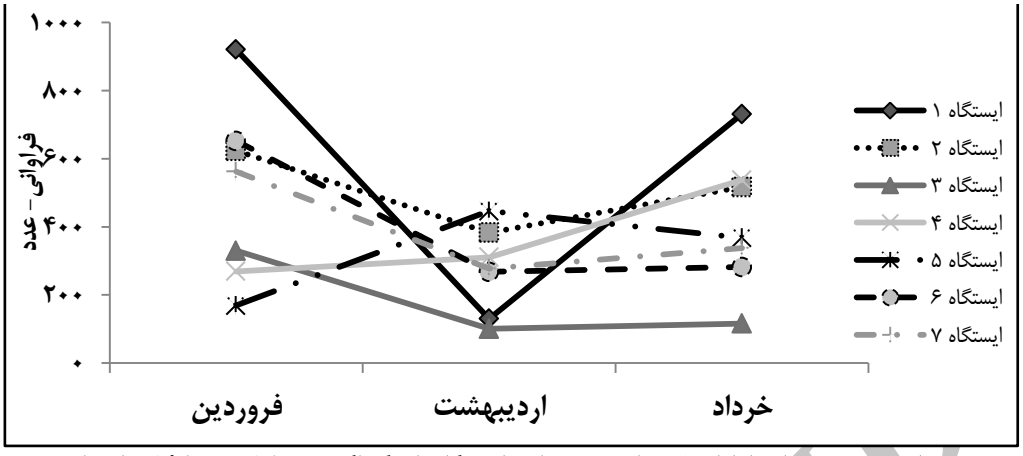
متغیرها	میانگین	F	Sig	اختلاف میانگین
** فراوانی کل در ایستگاه‌های گوناگون	۱۵۳۶۷۰/۲۷۵	۳/۸۸	۰/۰۰۳	P <۰/۰۱
** فراوانی کل در فصل‌های گوناگون	۲۸۱۴۹۵/۱۱۱	۶/۵۶۶	۰/۰۰۳	P <۰/۰۱

جدول ۵. آزمون مقایسهٔ میانگین فراوانی خانواده کف‌زیان در رودخانهٔ لیقوان‌چای- سطح معنی‌دار بودن گروه‌ها با علامت ستاره نشان داده شده است.

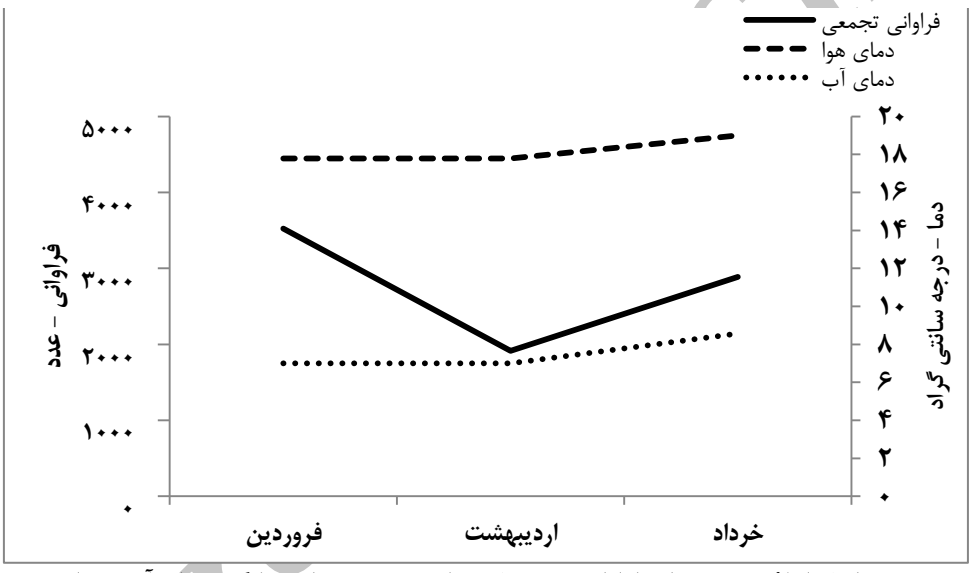
متغیرها	میانگین	F	Sig	اختلاف میانگین
Ephemeridae - Epeorus	۲۷۵/۵۲۷	۱/۹۸۷	۰/۱۴۵	P >۰/۰۵
Blepharoceridae	۱۶۱۳/۵۹۷	۳/۰۵۱	۰/۰۵۴	P >۰/۰۵
Beatidae **	۳۵۵۹۳/۵۹۷	۴۱/۰۴۱	۰/۰۰۰	P <۰/۰۱
Leptoceridae *	۲/۳۴۷	۴/۰۵۳	۰/۰۲۲	P <۰/۰۵
Simuliidae *	۲۹۴/۶۸۱	۶/۳۷۳	۰/۰۳	P <۰/۰۵
Chironomidae *	۲۳/۵۱۴	۳/۳۵۵	۰/۰۴۱	P <۰/۰۵

Archive of SID

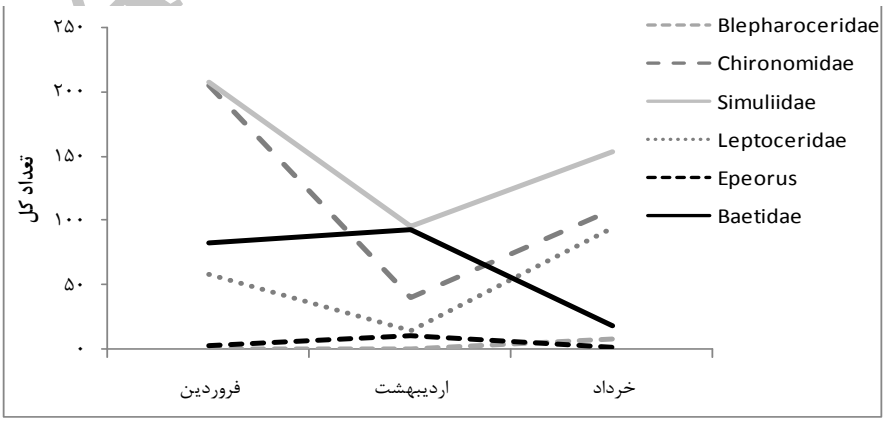
www.SID.ir



نمودار ۱. روند تغییرات فراوانی کل ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های گوناگون در طول رودخانهٔ لیقوان‌چای



نمودار۲. رابطهٔ روند تغییرات فراوانی تجمعی کف‌زیان و روند تغییرات میانگین دمای آب و هوا



نمودار۳. تغییرات فراوانی خانواده‌های گوناگون ماکروبنتوزی در ماه‌های گوناگون

www.SID.ir

تغییرات فراوانی خانواده‌های کف‌زیان در هر ایستگاه تحت تأثیر شرایط تغییر ماه (تغییرات زمانی) است. در خصوص تغییرات زمانی خانواده‌ها براساس جدول ۵، آزمون مقایسهٔ میانگین کف‌زیان نشان می‌دهد که بین فراوانی خانواده‌های Beatidae، Leptoceridae، Chironomidae و Siimliidae در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معناداری وجود دارد ($P < ۰/۰۵$).

ولی بین فراوانی دیگر خانواده‌ها در ماه‌های گوناگون نمونه‌برداری اختلافی وجود ندارد. خانواده‌های Chironomidae و Siimliidae ماکروبنتوز در تمام ایستگاه‌ها در ماه‌های گوناگون غالب بودند (نمودار ۳).

در نمودار ۳ مشاهده می‌شود که خانواده‌های Beatidae و Ephemeridae (Epeorus) دارای تغییرات متفاوتی در مقایسه با دیگر خانواده‌ها هستند. روند کاهش جمعیت این خانواده با روند افزایش فراوانی دیگر خانواده‌های ماکروبنتوزی مطابقت ندارد و در خردادماه نه‌تنها افزایش فراوانی در این خانواده مشاهده نمی‌شود، بلکه کاهش شدیدی در فراوانی آن‌ها نیز رخ داده است.

مقادیر شاخص هیلسنهوف در هر ایستگاه به‌دست آمد و با توجه به مقادیر ارائه‌شده در روش استاندارد استفاده از شاخص هیلسنهوف، برای هر کدام از مقادیر عددی مذکور کیفیت آب خاصی مشخص شد. تغییرات شاخص زیستی هیلسنهوف در طول رودخانه حاکی از این بود که مقادیر این شاخص طی ماه‌های گوناگون برای تمام ایستگاه‌ها، به‌جز ایستگاه‌های ۱ و ۲، دچار تغییر بارزی شده و حداقل یک طبقهٔ کیفی تغییر رخ داده است که در جدول ۳ منعکس شده است.

با گذر زمان مقدار عددی شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های ۱ و ۲ درون یک طبقهٔ کیفی تغییر کرده و همواره کیفیت آب در ایستگاه‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب عالی و بسیار خوب است. در بقیهٔ ایستگاه‌ها با حرکت در طول رودخانه مقدار عددی شاخص افزایش یافته که به معنی کاهش کیفیت آب رودخانه در طول مسیر است. همچنین نتایج فوق نشان می‌دهد که در هر ایستگاه در گذر زمان مقدار عددی شاخص از فروردین به اردیبهشت کاهش و سپس دوباره افزایش یافته است، این تغییرات به معنی بهبود کیفیت آب در ماه اردیبهشت در ایستگاه‌های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ و سپس افت کیفیت آب رودخانه است.

تغییرات مکانی مربوط به میزان مواد مغذی مثل نیترات و فسفات در طول رودخانه نیز در نمودارهای ۴ و ۵ ارائه شده است. مقدار نیتروژن و فسفات از ایستگاه ۱ تا ۷ افزایش یافته است. این روند افزایشی در ابتدای محدودهٔ مورد مطالعه به‌تدریج رخ داده، اما از ایستگاه ۳ بعد به افزایش شدیدتر است؛ به‌طوری‌که مقدار نیترات از تقریبا صفر در ایستگاه‌های ۱ و ۲ به ۸/۲ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه ۷ و مقدار فسفات از ۰/۱ به ۷/۳ میلی‌گرم بر لیتر در همین ایستگاه‌ها افزایش یافته است.

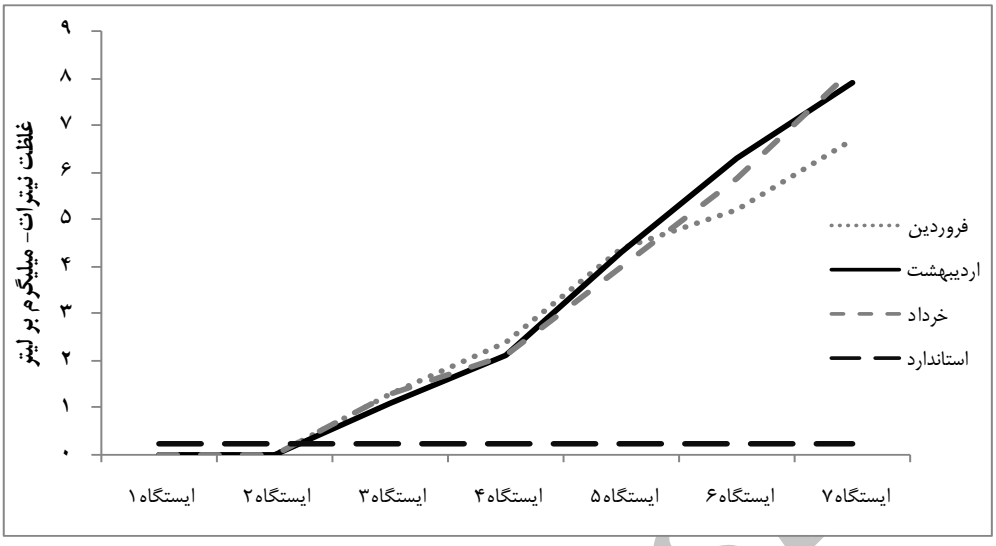
۴. بحث و نتیجه گیری

مطالعات دانشمندان علوم زیست‌محیطی نشان می‌دهد که حضور، وضعیت و تعداد انواع ماهی‌ها، حشرات، جلبک‌ها و گیاهان دربارهٔ سلامت و یا آلودگی یک رودخانه، نهر، دریاچه، مصب و یا تالاب اطلاعات دقیقی می‌دهد. ارگانیزم‌های آبی وضعیت فعلی و همچنین تغییرات در گذر زمان و اثرات تجمع آلودگی و اثرات زیست‌محیطی پنهان را نشان می‌دهند (Ahmadi, 1989).

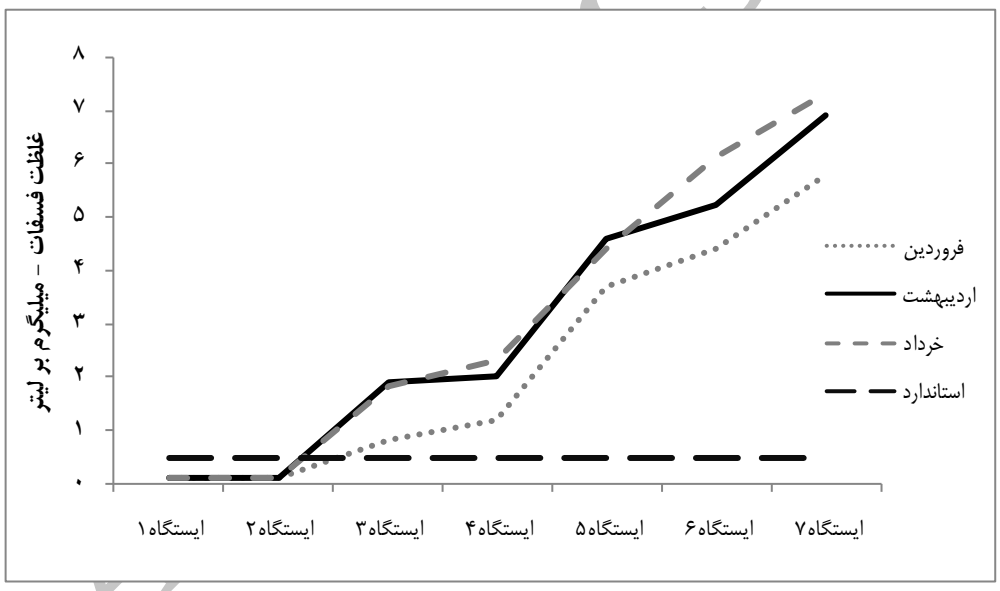
اندازه‌گیری شرایط محیطی و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در محل جمع‌آوری نمونه‌های کف‌زیان بسیار مفید است، زیرا بسیاری از تفاوت‌های مربوط به فراوانی و تنوع کف‌زیان با شرایط فیزیکوشیمیایی آب ارتباط مستقیم دارد. شایان ذکر

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۴. روند تغییرات مکانی نیترات در رودخانهٔ لیقوان‌چای



نمودار ۵. روند تغییرات مکانی فسفات در رودخانهٔ لیقوان‌چای

است که نمونه‌برداری به‌منظور برداشت داده‌های فیزیکی و شیمیایی از آب رودخانه‌ها به صورت لحظه‌ای بوده است. به همین دلیل، شاخص‌های زیستی‌ای که مورد بررسی قرار گرفته‌اند، سابقهٔ مداوم‌تری را از وضعیت گذشته نشان می‌دهند و احتمال بارهای آلودگی را در خود ثبت می‌کنند.

بنابراین، قطعاً نمی‌توان بین دو روش لحظه‌ای[1] و مداوم[2] رابطهٔ همبستگی ایجاد کرد. شاخص هیلسنهوف از محاسبات عددی و از روی جمعیت موجودات کفزی به‌دست می‌آید. تراکم این موجودات در محیط حاصل شرایط درازمدت رودخانه از نظر

[1] Punctual
[2] Continuous

www.SID.ir

آلودگی و سایر عوامل استرس‌زای محیطی تا لحظهٔ نمونه‌برداری است. درمقابل، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بیانگر محتویات شیمیایی رودخانه در لحظهٔ نمونه‌برداری است نه قبل و نه بعد از نمونه‌برداری. در صورتی این دو گروه می‌توانند با یکدیگر رابطهٔ همبستگی داشته باشند که فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب به صورت لحظه‌ای و پی در پی (هر ۵ ثانیه یک‌بار و در دورهٔ زمانی حداقل ۳ ماهه) نمونه‌برداری شود (Ghanea *et al.*, 2006).

نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین کف‌زیان در فصل‌ها و ایستگاه‌های گوناگون نشان می‌دهد که زمان نمونه‌برداری و محل ایستگاه در میزان فراوانی کل کف‌زیان رودخانهٔ لیقوان‌چای تأثیر معناداری داشته است و این به مفهوم یکسان نبودن شرایط اکولوژیکی ایستگاه‌های نمونه‌برداری است و می‌تواند مؤید انتخاب محل مناسب ایستگاه در این تحقیق باشد.

کاهش فراوانی کل جوامع ماکروبنتوزی در تمام ایستگاه‌ها از فروردین تا اردیبهشت به این دلیل بود که افزایش سریع شدت جریان و ثابت ماندن دمای آب در این دوران، از یک طرف موجب شست‌وشوی ماکروبنتوزها شده و از طرف دیگر، به‌واسطهٔ اینکه هنوز افزایش دمایی در محیط رخ نداده است، میزان متابولیسم و میزان رشد و تولید مثل در این دوران ثابت مانده است. این دو عامل در کنار هم موجب شده تا فراوانی افراد گونه‌های مختلف در نمونه‌برداری اردیبهشت‌ماه کاهش یابد. در خصوص افزایش جمعیت کف‌زیان در خردادماه نیز باید گفت ازآنجاکه در منطقهٔ لیقوان‌چای افزایش دمای آب از اواسط بهار شروع می‌شود، جوامع ماکروبنتوزی موقع نمونه‌برداری خردادماه فرصت تولید مثل و افزایش جمعیت را پیدا کرده و توانسته است جمعیت خود را بازسازی کند (نمودار ۱). روند تغییرات متفاوت در ایستگاه ۵ را می‌توان ناشی از به‌هم‌خوردن شرایط کیفی آب رودخانه تحت تأثیر ورود پساب روستای اسپراگون دانست؛ به این ترتیب که به‌واسطهٔ ورود پساب روستای اسپراگون، اندکی قبل از این ایستگاه، شرایط اکولوژیکی متفاوتی با سایر نقاط ایستگاه ایجاد شده است و لذا روند تغییرات این ایستگاه با تمام ایستگاه‌ها متفاوت است. البته دلیل اصلی این تغییرات مشخص نیست و بایستی مطالعات دقیق‌تری دراین ایستگاه انجام شود تا نوع ترکیبات آلاینده در این ایستگاه مشخص شود.

مطالعات ماهانهٔ دمای آب و دمای هوا نشان داد که دمای هوا از روند تغییری تقریبا خطی تبعیت می‌کند و این روند در مورد دمای آب نیز مشاهده می‌شود. در هر دو مورد دما تا اردیبهشت تقریبا ثابت بوده است و روند افزایشی آن از اردیبهشت به بعد شروع می‌شود. شایان ذکر است که معمولاً دمای آب رودخانه‌ها با تغییر دمای هوا به نحوی تغییر می‌کند که در اکثر موارد بین دمای آب رودخانه و دمای هوا رابطه‌ای خطی وجود دارد (Wetzel, 2001)، با نگاهی کلی به نمودار ۲، رابطهٔ خطی بین دمای هوا و دمای رودخانه را می‌توان اثبات کرد.

مطابقت نداشتن روند تغییرات دو مورد از خانواده‌های ماکروبنتوزی ((Ephemeridae(Epeorus و Beatidae) در ماه اردیبهشت حاکی از متفاوت بودن واکنش این دو خانواده به عوامل بوم‌شناختی در این ماه است. در این ماه پدیدهٔ توجه‌برانگیز افزایش دبی آب رودخانه است که موجب شست‌وشوی بیشتر کف‌زیان و کاهش جمعیت خانواده‌ها شده است. خانوادهٔ Ephemeridae (Epeorus) بدنی پهن با مقاومت بسیار پایین در برابر شست‌وشو دارد؛ لذا در این ماه نه‌تنها افزایش دبی آب موجب کاهش جمعیت این خانواده نشده است، بلکه به‌واسطهٔ کاهش سایر خانواده‌ها شرایط رقابتی به نفع این خانواده تغییر

Archive of SID

www.SID.ir

یافتـه و ایـن خـانواده در فاصـلهٔ فـروردین مـاه تـا اردیبهشت اندکی افزایش یافته است. در مورد افزایش جمعیت خانواده Beatidae علت مشخصی یافت نشد.

ارزیابی کیفیـت آب رودخانـه در ایـن روش بـر مبنای تنوع گونه‌ای درشت‌بی‌مهرگان کـف‌زی مسـتقر در کف بستر رودخانه است. تنوع و فراوانی نسبی ایـن موجودات در هر زمان، وضعیت منطقه و کیفیت آب را نشان می‌دهد. بررسی جوامع درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی رودخانـهٔ لیقـوان‌چـای در قالـب شـاخص زیسـتی هیلسنهوف، نشان می‌دهد که کیفیت آب رودخانـه در ایستگاه ۱ طی زمان تغییر نکـرده اسـت؛ ایـن مسـاله حاکی از این است که ایستگاه شاهد در محل مناسـب و به دور از هر گونه آلـودگی انتخـاب شـده اسـت. در ایستگاه ۲ نیز کیفیت آب در طی زمان تغییر نکـرده و همواره در درجهٔ کیفی بسیار خوب قرار داشـته اسـت؛ این مساله نیز حاکی از وجود شرایط اکولوژیکی پایدار در طی زمان‌های نمونـه‌بـرداری اسـت. در ایسـتگاه ۳ کیفیت آب تا اردیبهشت ثابت و در درجهٔ کیفی بسیار خوب بوده است، اما در خرداد ماه افت کیفیت در ایـن ایستگاه رخ داده است. شایان ذکر است که در ایستگاه ۳ مهم‌ترین عامـل تـاثیر بشـر بـر کیفیـت آب شـروع گسترش زمین‌های کشاورزی و باغات در این محدوده است؛ لذا در خردادماه به‌واسطهٔ شروع به‌کارگیری کود و سموم کشاورزی در این محدوده و کـاهش دبـی آب رودخانه، کیفیت آب یک درجه افت کرده و بـه درجـهٔ متوسط رسیده است. اما در ایستگاه‌هـای ۴، ۵، ۶ و ۷ درجهٔ کیفی آب در اردیبهشت یک تا دو درجه بهبـود یافته است که این موضوع ناشـی از افـزایش دبـی آب رودخانه در اردیبهشت‌ماه است. به‌واسطهٔ افزایش دبـی در این مـاه آلاینـده‌هـای کـه قـبلا بـا دبـی ثابـت در محدودهٔ این ایسـتگاه‌هـا وارد رودخانـه مـی‌شـدند در مقدار آب بیشـتری حـل شـده‌انـد و لـذا غلظـت ایـن آلاینده‌ها کاهش یافته و کیفیت آب اندکی بهبود پیدا کرده است. در تمام ماه‌ها کیفیت آب از درجهٔ عـالی و بسیار خوب در ایستگاه‌های ۱ و ۲ در بالادست شـروع شده و به درجه‌های کیفی پایین نظیر نسـبتا ضـعیف، متوسـط و ضـعیف بـه‌ترتیـب در مـاه‌هـای فـروردین، اردیبهشت، خرداد افت کرده است. این مسـئله حـاکی از ورود آلاینده‌ها در طول مسیر در تمام ماه‌هاسـت. از ایستگاه ۱ بـه ۲ تغییـرات شـدیدی در محـیط‌زیسـت اطراف دیده نمی‌شود و علت افت کیفیـت در ایسـتگاه ۲ را می‌تـوان بـه ورود دائمـی آب خروجـی از حمـام آبگرم سنتی مستقر در محدودهٔ ایـن ایسـتگاه ارتبـاط داد. در ایستگاه ۳ افت کیفیت به‌جـز خردادمـاه دیـده نمی‌شود، زیرا با وجود زمـین‌هـای کشـاورزی در ایـن محـدوده، بـه‌واسـطهٔ سـرمای هـوا در فـروردین و اردیبهشت، فعالیت کشاورزی خاصی انجام نمی‌گیرد و فعالیت کشاورزی در این محدوده در خردادماه به‌طـور اساسی آغاز می‌شود. در ایستگاه‌های ۴ و ۵ درجـهٔ آب در مقایسه با ایستگاه ۳ یک درجه افت می‌کند که این عامل به‌واسطهٔ ورود فاضـلاب روسـتای اسـپراگون در این محدوده است. در ایسـتگاه‌هـای ۶ و ۷ نیزکیفیـت آب رودخانـه در هـر کـدام یـک درجـهٔ کیفـی افـت می‌کند، علت این مساله را می‌توان به ورود زهکـش و رواناب زمین‌های کشاورزی، فاضلاب‌هـا و پسـاب‌هـای منازل و کارگاه‌های لبنیاتی در ایـن محـدوده مـرتبط دانسـت. تغییـرات نیتـرات و فسـفات محلـول در آب رودخانه نیز حاکی از ورود آلـودگی تأثیرگـذار بعـد از ایستگاه ۲ است که این مسئله در نتیجه‌گیری از سایر داده‌ها نیز ذکر شده بود. شایان ذکر است که بر اساس استاندارد آب رودخانـه‌هـا (EPA,1997)، هـم غلظـت نیترات و هم غلظـت فسـفات در آب رودخانـه بـه‌جـز ایستگاه‌های ۱ و ۲ در بقیـهٔ ایسـتگاه‌هـا بـیش از حـد استاندارد اسـت و غلظـت آن‌هـا بـا کـاهش دبـی آب،

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش فعالیت کشاورزی، گردشگری، لبنیات و دیگر فعالیت‌های بشری شدیدتر می‌شود.

تشکر و قدرانی

نویسندگان مقاله از مسئولان دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز برای حمایت مالی این طرح پژوهشی تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

Abdoli, Asghar (2000) *The inland water fishes of Iran*, Publication of Natural and wild life museum of Iran, 377.

Ahmadi, M.R (1989) "Study of Polluted waters classification and application," *Journal of natural resources* 43: 34-52.

Ahmadi, M.R., Nafisi Behabadi, M (2001) *Recognition of indicator invertebrates in current water* , Khabir publication, 244.

Azrina, M.Z (2006) "Anthropogenic impacts on the distribuiotion and biodiversity of benthic macro invertebrates and water quality of the Langat River," *Peninsular Malaysia Ecotoxicology and Environmental Safety* 64: 337-347.

Babapour, M., Mahdavi, M., Javanshir, A., Bazrafshan, O.B., Mohammadzade Khani, H (2011) "Impact assessment of dam construction on changes in water quality and macrobenetic-invertebrate communities in Taleghan River," *Journal of Watershed (Iranian Journal of Natural Resources)* 64(2): 129-143.

Baxter, R.M (1985) "Environmental effects of reservoirs: Microbial processes in reservoirs," *Developments in Hydrobiology*, 27: 1-26.

Bazrafshan, O.B (2007) "Taleghan river water quality edintification with use of rapid assessment methods," MS.c thesis, U.T, Iran,118.

DOE (Department of Environment Malaysia). (2002) Malaysia Environmental Quality Report 2001. Department of Environment, Ministry of Science, Technology and the Environment Malaysia.

Environmental Protection Agency (1979) "Water Quality criteria, availability federal register," 44: 43684.

Ghanea, A., Ahmadi, M.R., Esmaeilii Sari, A., Mirzajani. A (2006) "Bioassessment of Jafrood (Guilan Province) utilizing macro invertebrates community structures," *Journal of Agricultural Science and Technologies* 1: 247-258.

Hilsenhoff, W.L (1988) "Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index," Benthol Soc 7(1): 65-68.

Lenz. B. N., Rheum. S. J (1995) "Benthic Invertebrates of Fixed Sites in the Western Lake Michigan Drainages, Wisconsin and Michigan," *US Geological Survey Water-Resource Investigation Report* 5-4211-D, Middleton, Wisconsin 2000.

Mahdavi, M., Bazrafshan, O.B., Javanshir, A., Mosavi Nadoshan, R., Babapour, M (2009) "Study of Benthic community structure of Taleghan River on the determination of water quality," *Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources)* 63 (1): 75-90.

Mirzajani, A., Ghaninajhad, M., Ghanea, A (1998) "Macro invertebrates of Anzali wetland and relative to sediment organic matters," *Iranian Scientific Fisheries Journal* 7: 83-102.

Mollazadeh, N (2005) "Definition of water quality of Haraz river via hilsenholf bioandicator and physicochemical factors," MS.c. thesis, T.M.U.Iran. 76.

Sabet Raftar, A., Mostafapour, S (2005) *Study of Environmental impacts and problems of dams*, Company of Iran Water Recourses Management, 1-8.

Sani, H.A (1996) "Assessment of trout aquaculture waste water impacts on purification of Hazar River(Tonekabon)," MS.c thesis, Natural resources Faculty. University of Tehran. 94.

Timothy, A.M., Mouseau, A., Roff D.A (1987) "Accuracy and precision of secondary production estimates," *Limonlogy and Oceanography* 32(6): 1342-1352.

Vaziri Zadeh, A., Hosseyni S.A (2006) "Municipal Wastewater Effluent Effects on Intertidal Zone Gastropod Communities of Boushehr City Coastal Area," *Water and Waste Water Journal* 30: 65-76.

Wetzel, R (2001) *Limnology: Lake and river ecosystems*, Sanders Collage publishing, 985.

Zimmerman, M.C (1993) "The use of the biotic index as an indication of water quality," *ABLE 5th Conference of the Association for Biology Laboratory Education*, Pennsylvania, USA.

Archive of SID

www.SID.ir