مطالعه اکولوژیک زی شناوران جانوری در رودخانه کن

سیامک باقری*، جلیل سبک آرا و مرضیه مکارمی

موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی پروری آب های داخلی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۰

چکیده

این مطالعه برای شناسائی زئوپلانکتون، فراوانی و ارتباط بین پارامترهای زیستی و غیر زیستی در رودخانه کن در ۳ ایستگاه در سال ۱۳۹۳ انجام گردید. در این مطالعه ۲۶ گروه زئوپلانکتونی شامل Annelida (۱ جنس)، Diptera (۱ جنس)، Rotatoria (۱۱ جنس)، Nematoda (۱ جنس)، Protozoa (۶ جنس) Tardigrada (۱جنس) و Arthropoda (۵ جنس) شناسائی گردید. یافته ها نشان داد، گروه های Protozoa و Rotifera با میانگین به ترتیب فراوانی ۱۸± ۱۹ و ۱۰± ۱۱ عدد در لیتر زئوپلانکتون غالب رودخانه کن بودند و میانگین تراکم سالانه زئوپلانکتون ۲۶ ± ۳۴ عدد در لیتر بود. آنالیز PCA نشان داد، گروه های Protozoa و Rotatoria با بیشترین Component loading، کمترین واریانس و بیشترین تراکم را در اجتماعات زئوپلانکون بخود اختصاص دادند. براساس CCA همبستگی محسوسی بین تراکم گروه های زئوپلانکتون با فاکتورهای محیطی مشاهده نگردید. نتایج حاصله از گروه های زئوپلانکتون نشان داد، رودخانه کن با میزان شاخص تنوع گونه ای بین ۱/۸ و ۲ در رده آب های نیمه پاکیزه قرار گرفته است. همچنین امکان روند یوتریفیکاسیون در رودخانه کن در آینده وجود دارد.

واژگان کلیدی: زئوپلانکتون، ساختار، کیفیت آب، رودخانه کن

***نگارنده پاسخگو:** siamakbp@gmail.com

مقدمه

رودخانه ها و نهر ها مهم ترین منبع انتقال نوترینت ها به داخل دریاچه ها و اقیانوس ها بوده و وابسته به شرایط توپوگرافی، اقلیم، رژیم هیدرولوژی، فعالیت های کشاورزی حوضه آبریز و شرایط اکولوژیک محیط بوده اند. نوترینت ها فاکتورهای مهم برای تولیدات اولیه هر اکوسیستم آبی بوده و شامل نیتروژن، فسفات و سیلیکون بوده است و شدیدا تحت تاثیر فعالیت های انسانی در حوضه آبریز می باشند (Wetzel & Likens, 1991).

زئوپلانکتون یکی دیگر از پارامترهای زیستی است که نقش مهمی را در اکوسیستم دریاچه ها و زنجیره غذائی ایفا می نماید. برخلاف فیتوپلانکتون و جلبک ها، زئوپلانکتون موجودات میکروسکوپی هستند که قادر به تولید در زنجیر غذائی خودشان نمی باشند. آنها مصرف کننده میلیون ها جلبک و کنترل کننده وضعیت شکوفائی جلبکی هستند. البته زئوپلانکتون قادر به مصرف سیانوباکترها نیستند که در طبیعت می تواند مشکل ساز باشد. زئوپلانکتون منبع غذائی با ارزش برای ماهیان پلانکتون خوار و سایر آبزیان می باشند. سلامتی رده های پائینی هرم غذائی همچون زئوپلانکتون تضمینی برای حفاظت و بقا موجودات رده های بالاتر هرم غذائی همانند ماهیان، نهنگ ها و حتی انسان است (Bagheri, 2012). زئوپلانکتون همانند یک پمپ بیوژلویک عمل کرده و مسیر انتقال انرژی از فیتوپلانکتون (تولید کننده گان اولیه) به مصرف کننده گان سطوح بالا همچون ماهیان و پستانداران دریائی است (Richardson, 2008). جوامع زئوپلانکتون در برابر تغییرات محیطی واکنش بسیار سریع نشان می دهند(Bagheri *et al*. 2014). ساختار جمعیت پلانکتون به شدت به میزان مواد مغذی وابسته است (*et al*. Bagheri 2010). به طورکلی جوامع زئوپلانکتون در مکان و زمان های متفاوت ثابت نبوده و تغییرات فصلی و سالانه تراکم را باعث می شوند (Bagheri *et al*. 2011 ; 2011 , Bertoni) و به دلیل دوره زندگی کوتاه شاخص مهم برای آلودگی های زیست محیطی و تغییرات اقلیمی بشمار می رود (Richardson, 2008). لذا هر گونه آلودگی ها و اثرات مخرب زیستی به جوامع پلانکتونی تاثیر مستقیم بر ذخایر آبزیان خواهد گذاشت (Bagheri *et al*., 2012). مطالعه جوامع پلانکتونی اکوسیستم های آبی بدلیل اهمیت آنها در هرم غذائی (تولید کننده گان اولیه و ثانویه) دارای ضرورت ویژه است. سابقه مطالعات زئوپلانکتون بر روی رودخانه ها و دریاچه های پشت سد از دهه سال ۱۳۵۰ توسط مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان آغاز گردید. از مهم ترین آنها می توان به بررسی لیمنولوژیک، منابع آلاینده و جایگاه های تخم ریزی ماهیان خاویاری رودخانه سفید رود طی سال های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۹، بررسی های زیستی و غیر زیستی رودخانه های حویق (افراز و قانع، ۱۳۷۴ ؛ قانع، ۱۳۸۲) و شفارود (افراز و جمالزاد، ۱۳۷۴؛ قانع و همکاران، ۱۳۸۵)، بررسی لیمنولوژیک رودخانه چافرود استان گیلان (قانع و همکاران ۱۳۸۵) و مطالعات جامع شیلاتی رودخانه های زاینده رود و بازفت توسط پژوهشکده آبزی پروری کشور اشاره نمود.

رودخانه کن از مهم ترین رودخانه های استان تهران به شمار می رود که سرچشمه اصلی آن از آب چشمه ها و آب ناشی از ذوب برف در ارتفاعات کوهستانی است. این رودخانه اهمیت ویژه ای در تغذیه سفره آب زیر زمینی غرب و جنوب غربی تهران دارد. رودخانه کن به طول تقریبی ۳۳ کیلومتر است که از دامنه‌های قله توچال واقع در شمال شهر تهران سرچشمه می گیرد. این رودخانه در جهت جنوب غربی جاری شده و پس از عبور از روستاهای امامزاده داوود و کیگا وارد اراضی سولقان می‌شود (جعفری، ۱۳۸۴). مطالعه جوامع زئوپلانکتون رودخانه کن می باشد که، با اهداف شناسائی، تعیین تنوع گونه ای، ساختار جمعیت زئوپلانکتون، بمنزله حفظ کیفیت آب رودخانه انجام شده است.

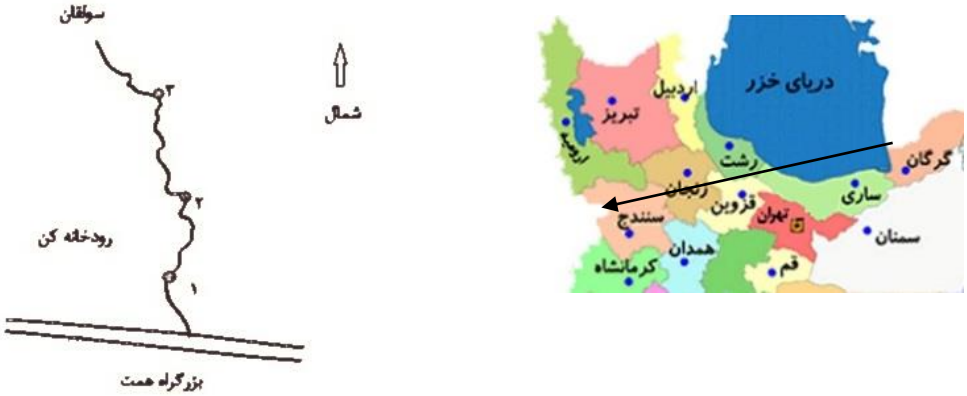
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه کن امروزه با میانگین دبی ۸۸ میلیون متر مکعب بر سال یا حدود ۲۷۰۰ لیتر بر ثانیه پرآب‌ترین رود تهران است و از تجمع آب برف تمام قلل کوه توچال، بازارک، سیاسنگ، لوراک پشت بندو لیچه و چشمه های دامنه آنها که ارتفاع مرتفع ترین شان از سطح آب های آزاد حدود ۳۱۰۰ متر سرچشمه می گیرد.

براساس ویژگی های رودخانه، ۳ ایستگاه با فواصل ۲ کیلومتر در مناطق مختلف رودخانه کن انتخاب گردید، ایستگاه شماره ۱ در بالا دست رودخانه (عرض شمالی ۷۹۷۹۱۵ .۳۵ ، طول شرقی۲۵۲۵۰۶ .۵۱) ، ایستگاه شماره ۲ (عرض شمالی ۷۸۰۸۱۲ . ۳۵ طول شرقی ۲۶۳۱۶۰. ۵۱) در زیر اولین پل جاده سولقان و ایستگاه شماره ۳ (عرض شمالی۷۶۵۰۶۲

.۳۵ ، طول شرقی ۲۶۵۲۳۶ . ۵۱) در منطقه بند انحرافی واقع در پائین دست رودخانه قرار داشت. نقاط جغرافیای ایستگاه های نمونه برداری با استفاده از GPS مدل 60) *Garmin* (CSx) ثبت گردید (شکل ۱). نمونه برداری از زئوپلانکتون در ماه های اردیبهشت (۹۳/۲/۳۰)، خرداد (۹۳/۳/۲۵)، مرداد (۹۳/۵/۲۰)، شهریور (۹۳/۶/۲۴) و آبان (۹۳/۸/۵) انجام گردید.



شکل ۱- ایستگاه های نمونه برداری از زئوپلانکتون در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

روش نمونه برداری و شمارش زئوپلانکتون

برای نمونه برداری زئوپلانکتون در ایستگاه های تعیین شده، میزان ۳۰ لیتر آب توسط تور زئوپلانکتون با اندازه چشمه ۵۵ میکرومتر فیلترگردید. نمونه های برداشته شده داخل دبه های پلاستیکی ریخته شد و توسط فرمالین به نسبت ۴ درصد تثبیت و برای مطالعه به آزمایشگاه انتقال داده شدند. بعد از تعیین حجم‌نمونه ها و آماده‌سازی در محفظه های شمارش ۵ میلی‌لیتری ، بررسی آنها بطورکمی وکیفی با میکروسکوپ اینورت انجام گردید (APHA, 2005; Harris *et al.*, 2000). در آزمایشگاه نمونه های زئوپلانکتونی پس از همگن سازی در محفظه های ۵ میلی لیتری رسوب داده شده و با استفاده از کلید های معتبر (Thorp & Covich, 2001; Bledzki & Rybak, 2016) شناسایی شده و سپس شمارش گردیدند. تعداد آنها در واحد حجم یک لیتر با استفاده از فرمول محاسبه گردید (APHA, 2005). برای ارزیابی اکولوژیک زئوپلانکتون و نشان دادن همبستگی آنها با عوامل محیطی؛ دمای آب، pH، اکسیژن محلول (DO)، نیتروژن کل (T.N)، فسفات کل (T.P) بکار گرفته شده در این مطالعه، از گزارش بررسی لیمنولوژیک رودخانه کن، تهران اخذ گردیده است (باقری، ۱۳۹۶).

آنالیز آماری

برای آنالیز آماری از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس برای مقایسه نوسانات تراکم زئو پلانکتون در ماه های نمونه برداری استفاده شد. از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ استفاده شد. آنالیز PCA جهت دسته بندی داده ها انجام گردید، محورهای PC1 و PC2 بیشترین واریانس را در نمونه ها نشان داد. برای تعیین همبستگی و ارتباطات بین فاکتورهای زیستی و متغیرهای محیطی از آنالیز CCA استفاده شد. برای اجرای آنالیزهای PCA و CCA از نرم افزار MVSP نسخه ۳/۱۳ استفاده گردید (Krebs, 1994). برای تعیین تنوع گونه ای از شاخص Shannon wiener و برای تعیین یکنواختی گونه ای شاخص، Evenness استفاده شد.

نتایج

ترکیب و تراکم گروه های زئوپلانکتون

چک لیست گروه های زئوپلانکتون رودخانه کن طی سال ۱۳۹۳ در جدول (۷) آمده است. در این بررسی تعداد ۲۶ گروه زئوپلانکتون در دریاچه شناسایی گردید ، بیشترین گروه متعلق به شاخه Rotatoria با تعداد ۱۱ جنس و کمترین را Nematoda، Annelida، Diptera و Tardigrada با تعداد ۱ گروه شامل بوده است (جدول های ۱ و ۲) . بیشترین تعداد گروه های زئوپلانکتونی در خرداد و مرداد با تعداد ۱۵ و

۱۴ جنس و کمترین در ماه شهریور با تعداد ۶ جنس بوده است (جدول ۱) گروه روتاتوریا (Rotatoria) در همه ماه ها از نظر تعداد جنس های زئوپلانکتون غالب بوده است.

جدول ۱ - تعداد گروه های زئوپلانکتون شناسائی شده در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

زئوپلانکتون	اردیبهشت	خرداد	مرداد	شهریور	آبان	جمع
Annelida	۰	۱	۰	۰	۰	۱
Diptera	۱	۰	۰	۰	۰	۱
Arthropoda	۲	۱	۱	۱	۳	۵
Protozoa	۱	۵	۵	۱	۴	۶
Rotatoria	۳	۸	۸	۳	۷	۱۱
Nematoda	۱	۱	۱	۰	۱	۱
Tardigrada	۰	۰	۰	۱	۱	۱
Total	۷	۱۶	۱۵	۶	۱۶	۲۶

جدول ۲ - لیست گروه های زئوپلانکتون شناسائی شده و تراکم (سلول در لیتر) در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

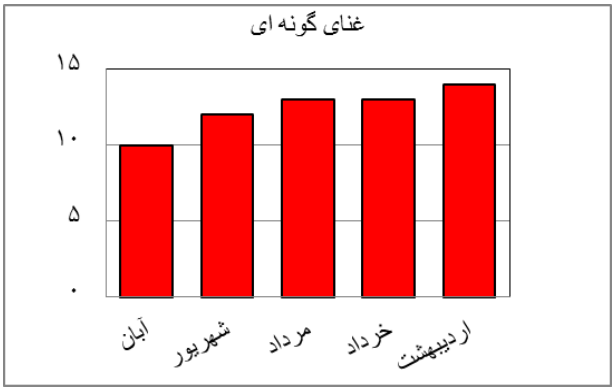
تعداد	شاخه زئوپلانکتون	گروه زئوپلانکتون	اردیبهشت	خرداد	مرداد	شهریور	آبان	سالانه
۱	**Annelida**	*Aeolosoma*	۰/۰	۰/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲
۲	**Diptera**	Chironomidae	۲/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲
۳	**Arthropoda**	*Cyclops*	۴/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۴
۴		*Harpacticoidae*	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۳	۰/۴
۵		Copepoda nauplii	۰/۰	۰/۰	۱/۰	۲/۰	۰/۳	۰/۶
۶		Copepoda	۰/۰	۱/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۴
۷		Ostracoda	۲/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۳	۰/۷
۸	**Protozoa**	Ciliophora	۱۶/۰	۲۹/۳	۲۱/۰	۰/۰	۳/۳	۱۴/۲
۹		*Arcella*	۰/۰	۳/۳	۲/۰	۲/۰	۲/۷	۲/۴
۱۰		*Centopyxis*	۰/۰	۰/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲

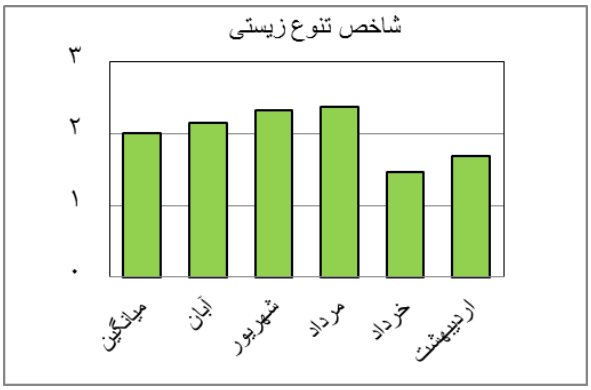
ادامه جدول ۲ - لیست گروه های زئوپلانکتون شناسائی شده و تراکم (سلول در لیتر) در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

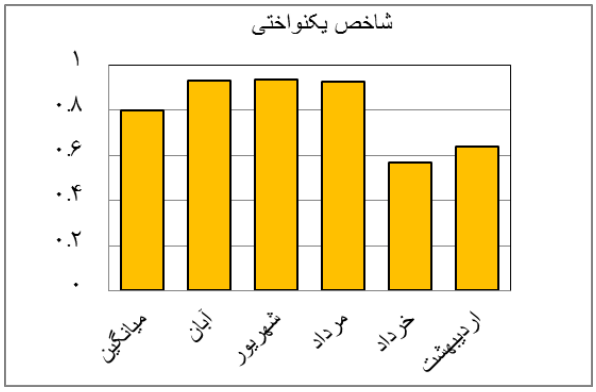
۱۱		*Cyphoderia*	۰/۰	۲/۷	۱/۰	۰/۰	۳/۳	۱/۸
۱۲		*Difflugia*	۰/۰	۰/۰	۱/۰	۰/۰	۴/۰	۱/۳
۱۳		*Euglypha*	۰/۰	۰/۷	۲/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۵
۱۴	**Rotatoria**	*Cephalodella*	۰/۰	۲/۰	۰/۰	۴/۰	۱/۳	۱/۶
۱۵		*Colurella*	۲/۰	۲/۷	۱/۰	۰/۰	۲/۷	۱/۸
۱۶		*Euchalanis*	۰/۰	۰/۰	۱/۰	۰/۰	۰/۰	۲/۰
۱۷		*Lecana*	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۰/۱
۱۸		*Lepadella*	۰/۰	۰/۷	۳/۰	۰/۰	۱/۳	۱/۱
۱۹		*Monostyla*	۰/۰	۰/۷	۶/۰	۴/۰	۴/۰	۳/۱
۲۰		*Pedalia*	۰/۰	۰/۰	۲/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۴
۲۱		*Philodina*	۴/۰	۰/۳	۲/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۵
۲۲		*Polyarthera*	۰/۰	۲/۰	۲/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۸
۲۳		*Rotaria*	۰/۰	۲/۰	۰/۰	۲/۰	۲/۰	۱/۵
۲۴		*Trichocerca*	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۰/۰	۰/۷	۱/۳
۲۵	**Nematoda**	*Nematod*	۲/۰	۲/۰	۱/۰	۰/۰	۲/۰	۱/۵
۲۶	**Tardigrada**	*Hypsibius*	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۲/۰	۱/۳	۰/۷

تنوع زیستی

شاخص شانون (Shannon's method) در ماه های مختلف دارای نوسانات محسوسی بود، شاخص تنوع زیستی بین ۱/۴۶ و ۲/۳۷ در ماه های بترتیب خرداد و مرداد متغییر بوده است (شکل ۲۰). میانگین شاخص شانون ۰/۸ ± ۲ در رودخانه کن بوده است. بیشترین غنای گونه ای زئوپلانکتون در اردیبهشت با میزان ۱۴ عدد بود، کمترین غنای گونه ای زئوپلانکتون در آبان با میزان ۱۰ ثبت گردید (شکل ۲). شاخص یکنواختی همچون شاخص شانون در خرداد در کمترین (۰/۵۷) میزان بوده است، با سپری شدن بهار و افزایش دمای آب، در ماه های مرداد تا آبان افزایش یافت و میزان آن بیش از ۰/۹ رسید (شکل۲).



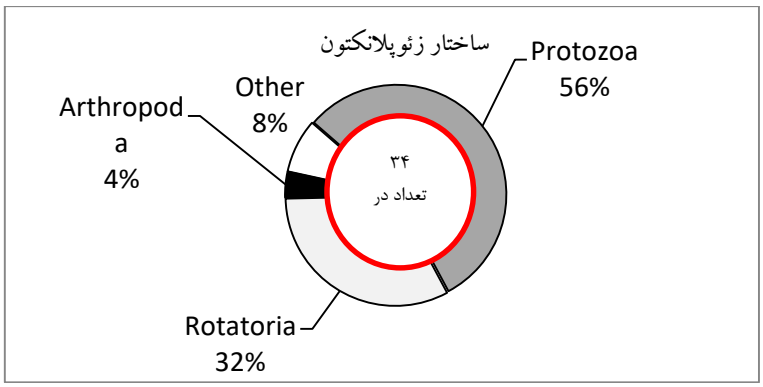




شکل ۲- شاخص تنوع زیستی، غنای گونه ای و شاخص یکنواختی زئوپلانکتون در رودخانه کن، سال۱۳۹۳

ساختار جمعیت زئوپلانکتون

نتایج نشان داد، غالب فراوانی زئوپلانکتون از گروه پروتوزوا (Protozoa) با میزان ۵۶ درصد (تراکم ۱۹ عدد در لیتر) بوده است. گروه روتیفرا (Rotatoria) از نظر فراوانی در مقام دوم با میزان ۳۲ درصد (تراکم ۱۱ عدد در لیتر) و آرتروپودا (Arthropoda) با میزان ۳ درصد (تراکم ۱ عدد در لیتر) در رتبه سوم قرار گرفته بود. سایرگروه های زئوپلانکتون با میزان ۸ درصد فراوانی زئوپلانکتون را به خود اختصاص داده بودند (شکل ۳)، میانگین فراوانی زئوپلانکتون ۳۴ عدد در لیتر طی مدت مطالعه بوده است.



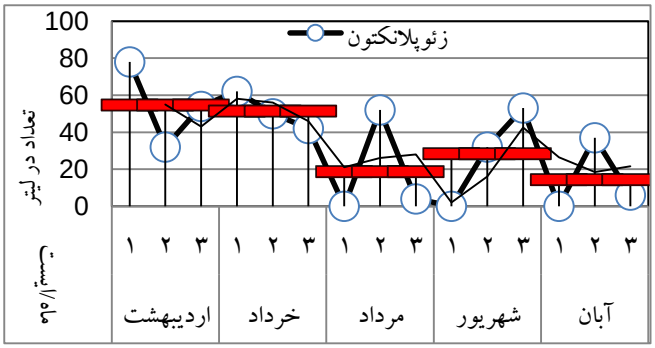
شکل ۳- ترکیب فراوانی زئوپلانکتون در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

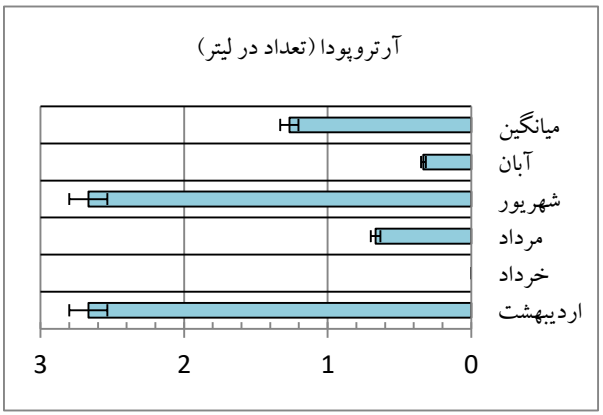
زئوپلانکتون: بیشترین میانگین تراکم زئوپلانکتون در ماه اردیبهشت و خرداد با میزان به ترتیب ۲۳± ۵۵ و ۱۰ ± ۵۱ عدد در لیتر و کمترین میانگین تراکم زئوپلانکتون در ماه آبان با میزان ۱۰ ± ۱۴ عدد در لیتر متغیر بوده است (شکل ۴). نتایج آنالیز آماری نشان داد، اختلاف معنی دار در تراکم زئوپلانکتون در ماه های مختلف موجود است ($P < ۰/۰۵$).

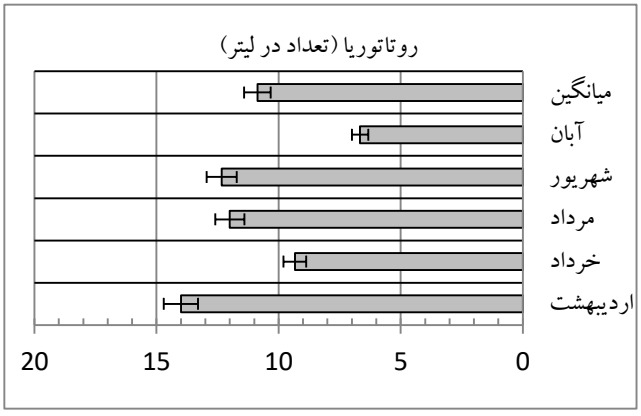
پروتوزوآ: بیشترین میانگین تراکم پروتوزوا در ماه خرداد با میزان میانگین۳ ± ۴۱ عدد در لیتر مشاهده شد (شکل ۴). کمترین میانگین تراکم پروتوزوا با میزان میانگین ۳ ±۴ عدد در لیتر در ماه آبان بوده است (شکل۴). میانگین پروتوزوآ (Protozoa) طی مدت مطالعه در رودخانه کن ۱۸± ۱۹ عدد در لیتر بود. نتایج آماری اختلاف معنی دار بین تراکم پروتوزوآ در ماه های مختلف نشان داده است ($P < ۰/۰۵$).

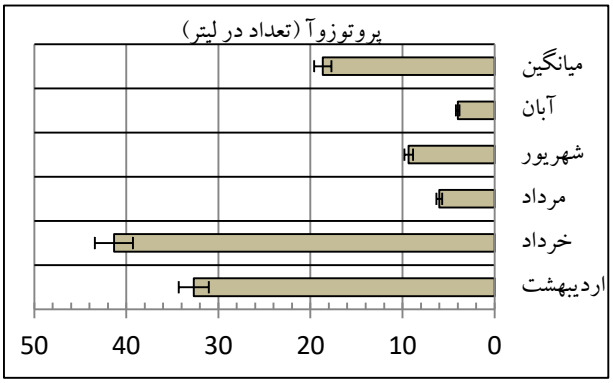
روتاتوریا: بیشترین میانگین تراکم را با میزان ۵ ± ۱۴ عدد در لیتر در اردیبهشت داشته است (شکل ۴). کمترین میانگین تراکم روتاتوریا با میزان ۶ ± ۷ عدد در لیتر در آبان بود. جنس *Monostyle* با میانگین تراکم ۳ عدد در لیتر بیشترین میانگین تراکم داشته و بقیه جنس ها با میزان کمتر از ۲ عدد در لیتر را رودخانه مشاهده شدند. میانگین روتاتوریا (Rotifera) طی مدت مطالعه در رودخانه کن ۱۰± ۱۱عدد در لیتر بود (شکل ۴). آنالیز آماری اختلاف معنی داری را بین فراوانی روتاتوریا در ماه های مختلف نشان داده است ($P < ۰/۰۵$).

آرتروپودا: بیشترین میانگین تراکم آرتروپودا (Arthropoda) در ماه های اردیبهشت و شهریور با میزان مشابه ۲ ± ۳ عدد در لیتر مشاهده شد که نشان دهنده تراکم بسیار کم این موجودات در رودخانه کن بوده است (شکل ۴). تراکم این موجود در ماه خرداد صفر و در ماه آبان کمتر از ۱ بوده است. میانگین تراکم آرتروپودا طی دوره مطالعه با توجه به تراکم کم انها طی ماه های مختلف بسیار ناچیز و در حد یک عدد در لیتر محاسبه گردیده است. آزمون آماری ناپارامتری بین فراوانی آرتروپودا در ماه های مختلف اختلاف معنی دار نشان داد ($P < ۰/۰۵$). پاروپایان (Copepoda) بیشترین حضور را در بین گروه آرتروپودا در رودخانه کن طی مدت مطالعه داشته است (شکل ۴).





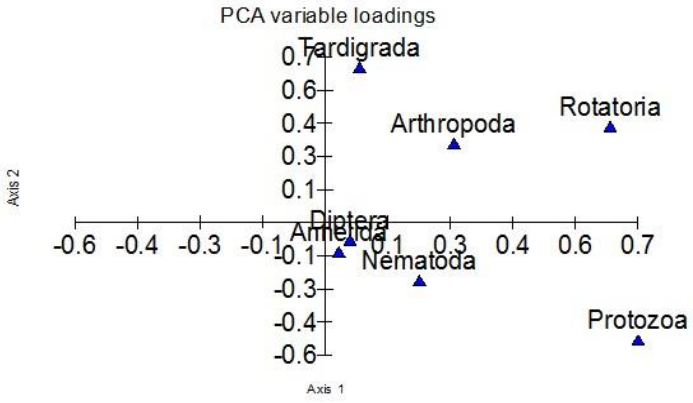




شکل ۴- میانگین تراکم گروه های زئوپلانکتون در ماه های مختلف در رودخانه کن ، سال ۱۳۹۳

آنالیز تحلیل مولفه های اصلی (PCA)

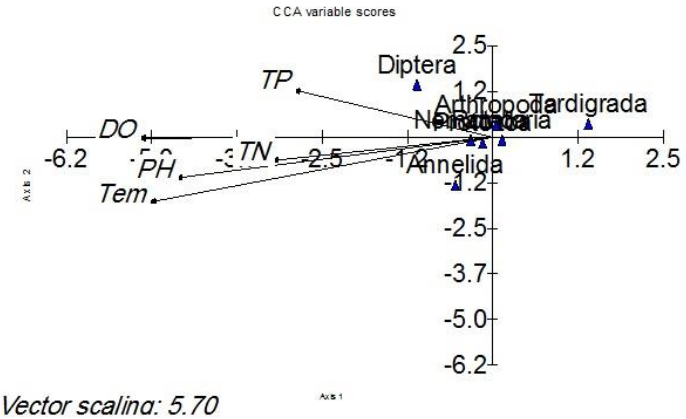
آنالیز PCA بر روی تراکم ۷ گروه زئوپلانکتون بین ماه های اردیبهشت و آبان انجام گردید. نتایج نشان داد، Eigenvalue اولین محور (PC_1) حدود ۳/۹۶ و برای دومین محور (PC_2) حدود ۰/۱۵ محاسبه گردید. این دو محور (PC1 & PC2)، ۹۷ درصد واریانس فراوانی گروههای زئوپلانکتون را تشکیل میدهند. روابط ماتریکس (*Correlation Matrixes*) بر اساس مولفه (*Component loading score*) در محورهای PC1 و PC2 فراوا نی گروه های زئوپلانکتون را در bioplot دسته بندی کرد (شکل ۵). بر این اساس آنالیز PCA نشان داد، گروه های Protozoa و Rotatoria غالب تراکم زئوپلانکتون را با حداکثر امتیاز مولفه (*Component loading score*) در محور PC1 بترتیب ۰/۶۹ و ۰/۶۳ دارا بودند (شکل ۵).



شکل ۵- آنالیز PCA بر روی فراوانی گروه های زئوپلانکتون در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

آنالیز تطبیق متعارف (CCA)

آنالیز CCA بین ۵ فاکتور محیطی (دمای آب، pH، Do، TN، TP) تراکم ۷ گروه زئوپلانکتون (Tardigrada, Protozoa, Rotatoria, Nematoda, Annelida, Diptera و Arthropoda) طی اردیبهشت تا آبان ۹۳ انجام گردید. آنالیز نشان داد، *Eigenvalue* برای اولین محور CCA1 بمیزان ۰/۱۵ و برای دومین محور CCA2 بمیزان ۰/۱۱ بوده است.۵۰ درصد واریانس برای محور CCA1 و ۳۶ درصد واریانس برای محور CCA2 محاسبه گردید. براساس آنالیز CCA برای محورهای CCA1 , CCA2 همبستگی قوی (Strong Correlation, R = 1) بین ۷ گروه زئوپلانکتون و ۵ متغییر محیطی وجود دارد. براساس آنالیز CCA، گروههای Diptera و Annelida در سمت چپ نمودار مستقر گردیدند و با همه فاکتورهای ارتباط مستقیم نشان داده اند (شکل ۶). گروه های Arthropoda، Rotifera ، Protozoz، Nematoda تقریبا در مرکز نمودار مستقر شده است و با همه پارامترهای محیطی ارتباط دارد.



شکل ۶- آنالیز CCA برای تراکم زئوپلانکتون و پارامترهای محیطی در رودخانه کن، سال ۱۳۹۳

بحث و نتیجه گیری

یافته ها نشان داد، بر اساس طبقه بندی رودخانه ها غالب زئوپلانکتون شناسائی شده (جدول های ۱و ۲) در دریاچه شاخص آب های نیمه پاکیزه می باشند (Nurul-Ruhayu *et al.*, 2015). همچنین مطابق مطالعات Islam (۲۰۰۸) رابطه منفی بین آلودگی رودخانه ها و شاخص تنوع زیستی (Shannon s index) حاکم است، لذا براساس این کلاسه بندی رودخانه هائی که میانگین شاخص تنوع زیستی آنها بین ۱ تا ۲ بوده، در گروه رودخانه های Moderate قرار می گیرد، از این رو رودخانه کن با میانگین شاخص تنوع زیستی ۲ در این گروه قرار می گیرد (شکل ۲).

میانگین تراکم زئوپلانکتون در رودخانه کن طی مدت مطالعه در مقایسه با رودخانه های دیگر دارای تفاوت هائی بوده است. تغییرات تراکم زئوپلانکتون بین ۱۴ تا ۵۵ عدد در لیتر و میزان میانگین زئوپلانکتون ۳۴ عدد در لیتر بود (شکل های ۳ و ۴). بر اساس مطالعات پیشین میانگین تراکم زئوپلانکتون فقط در رودخانه سفیدرود (۷۸ عدد در لیتر، سبک آرا و همکاران ۱۳۸۷) بیشتر از رودخانه کن بوده است که علت آن می تواند به طول مدت مطالعه رودخانه سفیدرود بستگی داشته باشد که از سال ۷۳ تا ۷۹ ادامه داشته است. میانگین تراکم زئوپلانکتون رودخانه های زاینده رود (۲۸ عدد در لیتر، سبک آرا و مکارمی، ۱۳۸۷)، کرگانرود (۵ عدد در لیتر، سبک آرا و مکارمی، ۱۳۸۵)، حویق (۹ عدد در لیتر، سبک آرا و مکارمی ۱۳۸۵)، و شفارود (۸ عدد در لیتر، سبک آرا و همکاران، ۱۳۸۱) کمتر از رودخانه کن بوده است (شکل ۳). مطالعات زئوپلانکتون رودخانه کن نشان داد، از نظر تعداد شاخه های شناسائی شده (جدول ۱) با رودخانه های سفیدرود، یامچی، زاینده رود و حویق تقریبا مشابه بوده است (سبک آرا و همکاران ۱۳۸۱، ۱۳۸۵، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵) در رودخانه های کرگانرود و شفارود بترتیب ۵ و ۴ شاخه زئوپلانکتون گزارش گردید (سبک آ را و همکاران ۱۳۸۱ و ۱۳۸۵). نتایج نشان داد، از نظر تنوع زئوپلانکتونی رودخانه کن با تعداد ۲۶ تقریبا مشابه رودخانه زاینده رود با تعداد ۲۷ جنس است (سبک آرا و همکاران ۱۳۸۷)، رودخانه های حویق، کرگانرود و شفارود کمترین تنوع زئوپلانکتون را در مقایسه با سایر رودخانه ها داشته اند (سبک آرا و همکاران ۱۳۸۱ و ۱۳۸۵).

جنس های غالب زئوپلانکتون رودخانه کن نیز برخی شباهت ها و تفاوت ها با سایر رودخانه نشان داده است. غالب تراکم زئوپلانکتون در رودخانه زاینده رود را Protozoa با میزان ۶۶/۵ درصد از جنس *Arcella*، *Cyphoderia* سپس Rotifera با میزان ۲۳ درصد از جنس *Philodina*، *Lepadella* تشکیل داده اند که متعلق به آب های هتروتروف و آلوده می باشند (سبک آرا و مکارمی ۱۳۸۷). در رودخانه سفیدرود شاخه Rotifera جنس های *Keratella* و *Synchaeta* شاخص آب های یوتروفیک حضور فراوان داشته است. همچنین مطابق یافته های سبک آرا و مکارمی در سال های ۱۳۹۵ و ۱۳۸۵، غالب زئوپلانکتون در رودخانه های یامچی و حویق از پروتوزوا با میزان بیش از ۷۲ درصد و ۶۴ درصد بوده است، در رودخانه یامچی علاوه پروتوزوآ از گروه Cyclopodia و جنس *Bosmina* نیز مشاهده شده (سبک آرا و مکارمی، ۱۳۹۵) که نشاندهنده آب های آلوده با سطح تروفی بالا است (Li & Mathias 1994 ;Saksena,1987). در تحقیق حاضر، آنالیز PCA تائید کرد، گروه غالب زئوپلانکتون رودخانه کن Protozoa و Rotifera بوده است (شکل ۴) و بیشترین تراکم و واریانس را داشته است (شکل ۵). اندازه Rotifera بین ۱۰۰ میکرون تا ۱ میلی متر بود که بطور مداوم دارای حرکت به دور خود با دهان مکنده بودند. غذای عمده آنها در محیط های آبی از پروتوزوآ و باکتری ها میب اشد. دمای مناسب برای رشد و نمو آنها بیش از ۱۵ درجه سانتی گراد می باشد و عموما روش تولید مثل بکرزائی را دارا هستند، از اینرو شرایط دمای آب (باقری، ۱۳۹۶) رودخانه کن برای ادامه سیکل زندگی این موجود مناسب می باشد. البته افزایش دتریتوس، زباله های شهری، برگ های پوسیده باغات و درختان و جلبک های چسبیده به سنگ های بستر رودخانه باعث افزایش Protozoa می گردد و آنها خود منبع مهمی برای رشد Rotifera و Copepoda و سایر زئوپلانکتون خواهند شد (Bertoni, 2011) و رودخانه کن از آن مستثنی نمی باشد. آغازیان تک سلولی و توسط مژه های اطرافشان حرکت داشته و سایز آنها بین ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون است. غالب تغذیه این موجودات از باکتری ها و دتریت های ریز در آب می باشد. پروتوزوآ دارای نقش بسیار مهمی در زنجیره غذائی داشته و بعنوان انتقال دهنده مواد محلول آلی در چرخه غذائی بعلت مصرف مستقیم توسط باکتری ها محسوب می شوند. باکتری ها بدلیل اندازه

مناسب مورد مصرف سایر ارگانیزم های آب نظیر روتیفرا قرار می گیرند. بدین ترتیب در زنجیره غذائی از اهمیت ویژه برخوردار هستند (Bertoni, 2011). در پژوهش حاضر، براساس آنالیز CCA شاخه های Protozoa و Rotifera که مجموعا ۸۸ درصد تراکم زئوپلانکتون را در رودخانه کن دارا بودند (شکل۳)، تحت تاثیر همه فاکتور های محیطی قرار دارند، اما شاخه Tardigrada که فقط در ماه های شهریور و آبان به تعداد بسیار کم مشاهده شد (جدول ۲)، با همه فاکتورهای محیطی همبستگی منفی داشتند، به طوریکه دما، اکسیژن و pH نقش موثرتر و محدود کننده در فراوانی Tardigrada داشت (شکل ۶). براساس یافته ها، غالب گروه های زئوپلانکتونی از شاخه پروتوزوآ و روتیفرا بوده و براساس شاخص تنوع زیستی در گروه رودخانه های با میزان آلودگی متوسط قرار گرفته است. مطالعه حاضر شمائی از ساختار زئوپلانکتون که به عنوان تولید کنندگان ثانویه رودخانه بوده را برای اولین بار نشان داده است. لذا برای حفاظت و توسعه پایدار این اکوسیستم آبی پیشنهاد می گردد، مطالعات پایش عوامل زیستی و غیر زیستی و ارزیابی اثرات آلودگی های محیطی در مطالعات آینده مد نظر قرارگیرند.

سپاسگزاری

این مطالعه در قالب طرح خاص به سفارش و حمایت مالی سازمان مهندسی عمران شهر تهران به شماره قرار داد ۹۲-۱۳۶-۳۵۹۷ س ع، در موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و پژوهشکده آبزی پروری آب های داخلی انجام گردید. برای همکاری های بیدریغ آقایان مهندس رشیدی، مهندس ذوالفقاریان، مهندس عفت منش، مهندس محمودی، مهندس بیات و مشاورین محترم طرح آقایان دکتر عبدلی و دکتر هاشمیان از دانشگاه شهید بهشتی و سایر عزیزان که از قلم افتاده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد. از ریاست محترم موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و پژوهشکده آبزی پروری کشور همچنین همکاران محترم بخش اکولوژی، خانم فریبا مددی، آقایان مهندس زحمتکش و اسمعیل یوسف زاد بدلیل کمک هایشان در نمونه برداری و عملیات آزمایشگاهی قدردانی می گردد.

منابع

افراز، ع.، و قانع، ا. ۱۳۷۴. بررسیهای زیستی و غیر زیستی رودخانه حویق، استان گیلان. مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان. ایران.

افراز، ع و جمالزاد، ف. ۱۳۷۴. بررسیهای زیستی وغیرزیستی رودخانه شفارود، استان گیلان، مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان . ایران.

باقری، س. ۱۳۹۶. مطالعه لیمنولوژیک رودخانه کن در حوضه آبریز دریاچه شهدای خلیج فارس (چیتگر)، تهران. پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، موسسه علوم شیلاتی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ایران

جعفری، ع. ۱۳۸۴. رودها و رودخانه ایران، جلد دوم گیتاشناسی ایران، چاپ سوم. تهران: موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی. ایران.

سبک آرا، ج.، و مکارمی، م. ۱۳۸۷. بررسی و مطالعه احداث مزارع تکثیر و پرورش ماهی در حاشیه رودخانه زاینده رود. شهرستان کوهرنگ. موسسه تحقیقات شیلات ایران، پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی. ایران.

سبک آرا، ج.، مکارمی، م و محمد جانی، ط. ۱۳۸۱. گزارش نهائی پلانکتونی طرح پایش رودخانه های حاشیه جنوبی (حویق، کرگانرود و شفارود) دریای خزر، استان گیلان. مرکز تحقیقات ماهیان استخوانی دریای خزر. ایران.

سبک آرا، ج. و مکارمی، م. ۱۳۸۵. بررسی پراکنش و فراوانی پلانکتونی در رودخانه حویق در استان گیلان. *مجله علمی شیلات ایران*، ۱۵ (۳) : ۸۶-۷۵.

سبک آرا، ج.، مکارمی، م و محمد جانی، ط. ۱۳۸۵. بررسی پراکنش و فراوانی پلانکتونی در رودخانه کرگانرود. *فصلنامه علمی پژوهشی وزارت جهاد کشاورزی*، ۷۳ (۴) : ۷۳-۶۵.

سبک آرا، ج.، نظامی، ش.، مکارمی، م. و محمد جانی، ط. ۱۳۸۷. وضعیت پلانکتونی رودخانه سفیدرود طی سالهای ۱۳۷۳-۷۹ و تاثیر عوامل انسانی بر زندگی آبزیان در آن. اولین کنفرانس ملی شیلات و آبزیان ایران، ۱۹-۱۷ اردیبهشت ۱۳۸۷. دانشگاه آزاد اسلامی. لاهیجان، ایران.

سبک آرا، ج.، و مکارمی، م. ۱۳۹۵. جوامع پلانکتونی پایاب سد یامچی منظور امکان سنجی آبزی پروری ، استان اردبیل. *مجله توسعه آبزی پروری*، ۱۰(۱): ۸۹-۷۱.

قانع، ا.، احمدی، ا.، اسماعیلی، ع. و میرزاجانی، ع. ۱۳۸۵. ارزیابی زیستی رودخانه چافرود (استان گیلان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۰(۱): ۲۵۹ - ۲۴۷.

قانع، ا. ۱۳۸۲. طرح پایش رودخانه های غرب گیلان (حویق ،کرگانرود وشفارود). پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی. ایران.

طبری، م. ۱۳۷۰. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه سیاهرود، استان مازندران. مرکزتحقیقات شیلاتی استان مازندران. ایران.

ملکی شمالی، م. و عبدالملکی، ش. ۱۳۷۴. بررسیهای زیستی و غیرزیستی رودخانه کرگانرود، استان گیلان. مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان. ایران.

موسوی ، م. ۱۳۷۰. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه خیرود . مرکزتحقیقات شیلاتی استان مازندران. ایران.

APHA. 2005. Standard method for the examination of water and wastewater. Washigton, DC, USA.

Bagheri, S., Mashhor, M., Makaremi, M., Mirzajani, A., Babaei, H., Negarestan, H. & Wan-Maznah, W.O. 2010. Distribution and composition of phytoplankton in the south-western Caspian Sea during 2001–2002, a comparison with previous surveys. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 2: 416–426.

Bagheri, S., Mansor, M., Makaremi, M., Sabkara, J., Wan-Maznah, W.O., Mirzajani, A., Khodaparast, S.H., Ghandi, A. & Khalilpour, A. 2011. Fluctuations of phytoplankton community in the coastal waters of Caspian Sea in 2006. *American Journal of Applied Sciences*, 8: 1328–1336.

Bagheri, S. 2012. Ecological assessment of plankton and effect of alien species in the south-western Caspian Sea. Ph.D thesis. Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.

Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Makaremi, M., Wan Omar, W.O. & Negarestan, H. 2012. Phytoplankton species composition and abundance in the southwestern Caspian Sea. *Ekoloji*, 21: 32–43.

Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Wan Maznah, W.O. & Babaei, H. 2012. Temporal distribution of phytoplankton in the southwestern Caspian Sea during 2009-2010: A comparison with previous surveys. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92: 1243–1255.

Bagheri, S., Turkuglo, M. & Abedini, A. 2014. Phytoplankton and Nutrient Variations in the Iranian Waters of the Caspian Sea (Guilan region) during 2003–2004. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14: 231–245.

Bertoni, R. 2011. Limnology of rivers and lakes. Institute of Ecosystem Study, ISE-CNR, Verbania, Italy, UNESCO-EOLSS.

Bledzki, L. A & Rybak, J. I. 2016. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe. Springer Publishing, AG. Switzerland.

Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.R. and Huntley, M., 2000. ICES zooplankton methodology manual. London: Academic Press.

Islam, M. S. 2008. Phytoplankton diversity index with reference to Mucalinda Sarovar, Bodh-Gaya. In: Sengupta, M. and Dalwani, R. (eds). Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference, 462–463.

Krebs, C.J. 1994. Ecological methodology. Second edition. An imprint of Addison Wesley Longman. U.K.

Li, S. & Mathias, J. 1994. Freshwater fishes culture in china: principles and practice. Elsevier science, U.S

Nurul-Ruhayu, M. R., An, Y. J. and Khairun, Y. 2015. Detection of River Pollution Using Water Quality Index: A Case Study of Tropical Rivers in Penang Island, Malaysia. Open Access Library Journal, 2: e1209.

Richardson, A. J. 2008. In hot water: zooplankton and climate change ICES. *Journal of Marine Science*, 65: 279–295.

Thorp, J. H. & Covich, A. P. 2001. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Second Edition. Academic Press, U.S.

Wetzel, R.A. & Likens, G. E. 1991. Limnological analyses. 2nd Edition. Springer-Verlag. New York.

Ecological study of zooplankton in Kan River

Bagheri*, S., Sabkara, J. & Makaremi, M.

Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Anzali, Iran

Abstract

This study focused on identification of zooplankton and relationship between biotic and abiotic parameters at three stations in Kan River during 2014. This study identified 26 zooplankton taxa, comprised of Arthropoda (5 genus), Protozoa (6 genus), Rotatoria (11 genus), Nematoda (1 genus) Tardigrada (1 genus), Dipter (1 genus) and Annelida (1 genu). The Rotatoria and Protozoa abundance were dominated with means of 19 ± 18 and 11 ± 10 ind.l^{-1} respectively in Kan River. The annual average zooplankton abundance was measured as 34 ±26 ind.l^{-1}. PCA analysis showed that Rotatoria and Protozoa with high components loading had the lowest variance and the highest abundance. Based on CCA, there was no correlation between abundance of zooplankton groups and abiotic parameters. The findings showed that the biodiversity index of plankton was between 1.8 and 2 for Kan River and the river is located in the mesotrophic category. There is also an increased possibility of eutrophication in Kan River, in future.

Keywords: Zooplankton, structure, water quality, Kan River

*Corresponding author: siamakbp@gmail.com