تنوع زیستی روتیفرهای پلانکتونیک در امتداد گرادیان افقی شوری در مصب رودخانه بهمنشیر

- **کوثر خفایی‌زاده:** گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم وفنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ٦٤١٩٩-٤٣١٧٥
- **نسرین سخایی*:** گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم وفنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ٦٤١٩٩-٤٣١٧٥
- **بابک دوست‌شناس:** گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم وفنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ٦٤١٩٩-٤٣١٧٥
- **کمال غانمی:** گروه شیمی، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم وفنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ٦٤١٩٩-٤٣١٧٥
- **حسین ذوالقرنین:** گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم وفنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ٦٤١٩٩-٤٣١٧٥

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۵

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی تنوع زیستی روتیفرهای پلانکتونیک در فصول تابستان و زمستان ۱۳۹۳ در مصب رودخانه بهمنشیر برحسب گرادیان شوری افقی بود. نمونه‌برداری از ٦ ایستگاه با استفاده از تور پلانکتون‌گیری با اندازه چشمه ۱۰۰ میکرون انجام گردید. در این بررسی ١٤ گونه روتیفر زئوپلانکتونی متعلق به یک راسته و ۳ خانواده و ٦ جنس شناسایی شد. گونه‌های *Brachionus rotundiformis* و *B. plicatilis* در تمامی ایستگاه‌ها غالب بودند. بیش‌ترین همبستگی معنی‌دار منفی بین همبستگی روتیفرها با هدایت الکتریکی (۰/۹٤-) و شوری (۰/۹۳-) بود ($p<0/05$). به‌طوری‌که در مسیر ایستگاه‌های رودخانه ای به سمت ایستگاه‌های مصبی با افزایش شوری، ترکیب و تنوع گونه ای به‌شدت دچار تغییر شد. بیش‌ترین میانگین فراوانی در فصل تابستان و در ایستگاه ۱ به‌میزان ۱۳٦۲/۱فرد در متر مکعب به‌دست آمد و در ایستگاه ٦ زمستان نیز تقریباً هیچ‌گونه روتیفری مشاهده نشد. بیش‌ترین میزان شاخص تنوع زیستی شانون- وینر در فصل تابستان به‌میزان ۱/۵۲و بیش‌ترین شاخص غالبیت سیمپسون در فصل زمستان به‌مقدار ۰/٤ محاسبه شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که شوری موثرترین فاکتور بر تنوع و تراکم رودخانه بهمنشیر است.

کلمات کلیدی: روتیفر، زئوپلانکتون، تنوع زیستی، شوری، مصب رودخانه بهمنشیر

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: nsakhaee@yahoo.com

مقدمه

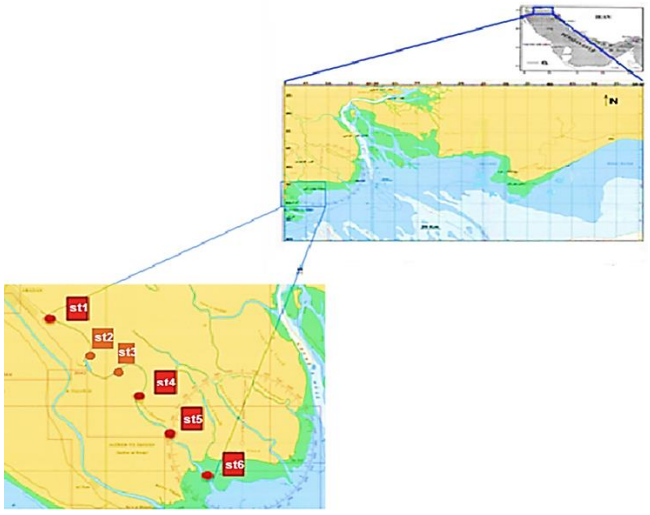
شوری مهم‌ترین عامل زیست‌محیطی است که نقش تعیین کننده‌ای در ویژگی‌های ساختاری و عملکردی زندگی جانوران و گیاهان را خصوصاً در مصب‌ها دارد. زئوپلانکتون‌ها بخش مهمی از اکوسیستم مصبی بوده و جهت مطالعه و بررسی فرآیندهای زیستی با گرادیان شوری مناسب می‌باشند. ترکیب و تنوع گونه‌های زئوپلانکتون، فراوانی، ساختار جمعیت جوامع سطحزی (پلاژیک) تحت تاثیر شرایط محیطی تغییر می‌یابد و در نتیجه اطلاعاتی در مورد انتقال شبکه غذایی سطحزی، حجم تبادل موادآلی و تغییرات انرژی از طریق اکوسیستم، آلودگی آب و فرآیندهای اتروفیکاسیون آب ارائه می‌دهد (Telesh، a,b ۲۰۰۶). روتیفرها گروه مهمی از زئوپلانکتون‌های آب‌شیرین می‌باشند که ازحدود ۱۸۰۰ گونه روتیفر، تنها چند گونه قادر به تحمل آب‌های شور و لب‌شور می‌باشند (Zakaria و همکاران، ۲۰۰۷؛ Fontaneto و همکاران، ۲۰۰۶؛ Onwudinjo و Egborge، ۱۹۹۴؛ Miracle و Serra، ۱۹۸۹). روتیفرها در مقایسه با محیط‌های آب شور و لب‌شور، محیط آب شیرین را بهتر تحمل می‌نماید (Fontaneto و همکاران، ۲۰۰۶؛ Remane و همکاران ۱۹۷۱). با توجه به محدودیت‌های آشکار فیزیولوژیکی آب‌شور بر روی اکثر روتیفرها، این گروه برای پاسخ به مشکلات زیست‌محیطی با توجه به تغییرات شوری، هم در مقیاس فاصله و هم درمقیاس فصلی در مصب‌ها مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفتند. از اهداف اصلی کارشناسان محیط زیست در جهان، وابستگی بین زئوپلانکتون و شوری آب بوده است (Zakaria وهمکاران، ۲۰۰۷؛ Fontaneto و همکاران، ۲۰۰۶؛ Hammer، ۱۹۹۳). بسیاری از مطالعات انجام شده بر روی پراکنش زئوپلانکتون مصب نشان داده‌اند که غنا و فراوانی زئوپلانکتون در مناطق بالادست افزایش پیدا می‌کند (Silva و همکاران، ۲۰۰۹؛ Neumann Leitão، ۱۹۹۵). در تحقیق آرا و همکاران (۱۳۹۳) که بر روی میکروزئوپلانکتون‌های رودخانه بهمنشیر داشتند، روتیفرها را گروه غالب زئوپلانکتون‌ها در شوری‌های پایین در دهانه رودخانه، معرفی نمودند. آن‌ها، این یافته‌ها را به‌دلیل ارتباط معکوس بین شوری و پراکنش زئوپلانکتون نسبت داده‌اند، رودخانه بهمنشیر یکی از شاخه‌های کارون می‌باشد که طول آن در حدود ۷۸ کیلومتر است که از محل اتصال کارون به حفار و بهمنشیر شروع می‌شود و تا دهانه خلیج فارس ادامه می‌یابد. این منطقه از نظر توپوگرافی سرزمینی بسیار هموار محسوب می‌شود. از ویژگی‌های این رودخانه می‌توان به عمق کم، ورودی آب شیرین از کارون و کدورت زیاد اشاره نمود. از قسمت بالا دست رودخانه آب شرب منطقه تامین می‌شود و از قسمت پایین‌دست نیز تحت تاثیر جزر و مد رودخانه بهمنشیر تحت تاثیر الگوی جزر و مد خلیج فارس قرار دارد (ورناصری و کتابداری، ۱۳۸۷) . بندر چوئبده از پرترددترین بنادر کشور بوده که در این منطقه قرار گرفته است. ترددزیاد لنج‌ها، شناورهای کوچک و قایق‌ها، ورود فاضلاب‌های شهری و فعالیت‌های کشاورزی زیاد در این منطقه سبب شده که این منطقه در معرض خطر قرار گیرد. مطالعه اکوسیستم‌های دریایی به‌دلیل تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی در آن‌ها، اهمیت زیادی دارد. هدف از این مطالعه، بررسی تنوع روتیفرها در امتداد گرادیان افقی شوری در فصول تابستان و زمستان در مصب رودخانه بهمنشیر است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از روتیفرهای آب‌های بهمنشیر در فصول تابستان و زمستان از ابتدای بهمنشیر و تا دهانه آن انجام گردید. نمونه‌ها از ۶ ایستگاه برداشت شدند که ۲ایستگاه در موقعیت رودخانه‌ای و ۴ ایستگاه در موقعیت مصبی قرار داشتند(جدول ۱ و شکل ۱). جهت نمونه‌برداری از تور پلانکتون‌گیری چشمه ۱۰۰ میکرون به‌صورت سطحی استفاده گردید. در آزمایشگاه بیولوژی دریا دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر مشاهده و شمارش زئوپلانکتون‌ها با استفاده از میکروسکوپ اینورت (مدل Olympus TL-2) و شناسایی نمونه‌ها تا پایین‌ترین سطح ممکن با توجه به کلیدها و مقالات معتبر صورت گرفت (Al-Yamani و همکاران، ۲۰۱۱؛ Hamaidi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Muxagata و همکاران، ۲۰۰۴؛ Shiel، ۱۹۹۵؛ Sharma و همکاران، ۱۹۸۰؛ Stemberger، ۱۹۷۹). در این مطالعه فاکتورهای محیطی، شوری، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول توسط دستگاه دیجیتالی پرتابل Hachمدل Sension5 اندازه‌گیری شدند. شاخص‌های تنوع زیستی مورد بررسی شامل شاخص شانون، شاخص مارگالف، شاخص ترازی زیستی هیل و شاخص غالبیت سیمپسون بودند (Jorgenson و همکاران، ۲۰۰۵). به‌منظور بررسی اختلاف معنی‌دار میان مقدار عددی این شاخص‌ها با توجه به ماه‌های مختلف نمونه برداری، از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه($p<0/05$) و پس‌آزمون Tukey و برای بررسی رابطه از Correlation استفاده گردید. کلیه داده‌ها با نرم‌افزار SPPS ۵/۱۱ مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

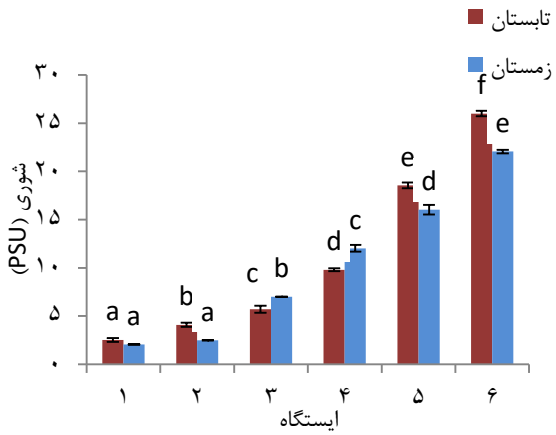
ایستگاه	شماره ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
پل خرمشهر	۱	۴۸° ۱۳' ۱" E	۳۰° ۲۶' ۲۵" N
ایستگاه ۱۲	۲	۴۸° ۱۵' ۵" E	۳۰° ۲۲' ۲" N
پل ذوالفقاری	۳	۴۸° ۲۰' ۵" E	۳۰° ۱۸' ۵۴"N
روستای تنگه	۴	۴۸° ۲۰' ۴۰" E	۳۰° ۰۱' ۱۲"N
چوئبده	۵	۴۸° ۵۷' ۲۴"E	۳۰° ۰۰' ۴" N
دهانه بهمنشیر	۶	۴۸° ۵۷' ۸" E	۲۹° ۵۲' ۲۰"N



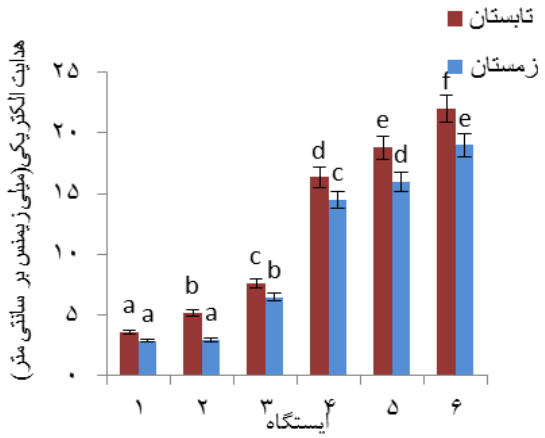
شکل۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در آب‌های بهمنشیر ۱۳۹۳

نتایج

میانگین شوری در فصل زمستان و تابستان به‌ترتیب ۹/۲۸±۱۱/۱۵، ۷/۹۲±۱۰/۲۸ قسمت در هزار بود. نتایج حاصل از آنالیز یک‌طرفه در دوره نمونه‌برداری نشان داد که بین ایستگاه‌های مختلف در این دو فصل اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p<0/05$). اما بین دو فصل اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲). میانگین هدایت الکتریکی در دو فصل تابستان و زمستان به‌ترتیب ۷/۳۲±۱۲/۳۳ و ۶/۷۶±۱۰/۳۸ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر بود (شکل ۳).

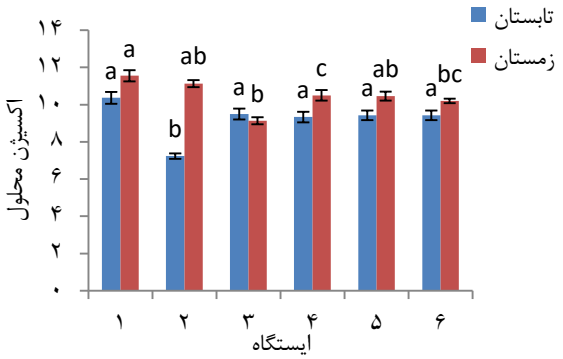


شکل ۲: تغییرات شوری در دو فصل زمستان و تابستان در ایستگاه‌های مصب بهمنشیر سال ۱۳۹۳



شکل۳: تغییرات هدایت الکتریکی در دو فصل زمستان و تابستان در ایستگاه‌های مصب بهمنشیر سال ۱۳۹۳

نتایج حاصل از اندازه‌گیری اکسیژن محلول در بهمنشیر نشان داد که میانگین این فاکتور در تابستان و زمستان، ۱/۰۵±۹/۲۱ و ۰/۸۵±۱۰/۴۹ میلی‌گرم بر لیتر بود. نتایج حاصل از آنالیز یک‌طرفه حاکی از آن بود که بین ایستگاه‌های مختلف در دو فصل اختلاف معنی‌دار وجود دارد و نیز ثابت شد که بین دو فصل اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($p<0/05$) (شکل ۴).



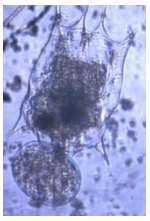
شکل ۴: تغییرات اکسیژن محلول در دو فصل زمستان و تابستان در ایستگاه‌های مورد بررسی در مصب بهمنشیر سال ۱۳۹۳

به‌طورکلی در این بررسی ۱۴ گونه روتیفر متعلق به یک راسته و ۳ خانواده و ۶ جنس شناسایی شد. نام گونه‌های شناسایی شده در جدول ۲ قید شده است. هم‌چنین در شکل ۵ برخی از تصاویر روتیفرها به نمایش گذاشته شده است.

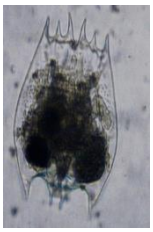
جدول ۲: گونه‌های مختلف روتیفرهای شناسایی شده در مصب بهمنشیر

رده	راسته	خانواده	جنس	گونه
Monogononta	Ploimina	Brachionidae	Brachionus	*Brachionus plicatilis* (muller, 1786) *Brachionus calyciflours* (pallas, 1766) *Brachionus quadridentatus* (Ehrenberg, 1832) *Brachionus urceolaris* (muller, 1773) *Brachionus angularis* (gosse, 1851) *Brachionus leydigi* (john,1856) *Brachionus rotundiformis* (Tschugunoff,1921) *Brachionus sericus* (Rousselet, 1911)
			Keratella	*Keratella valga* (ahlstrom, 1943) *Keratella* sp.
			Anuraeopsis	Unknown sp.
		Lecanidae	Lecane Monostyle	*Lenca ungulate* (Gosse, 1887) *Monostyle closterocerca* (schmarda, 1895)
		Colurellidae	Lepadella	Unknown sp.

تصویر ۱: *Brachionus quadridentatus*

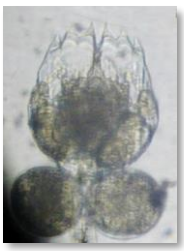


تصویر ۲: *B. calyciflorus*

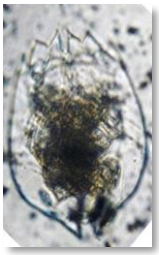


تصویر ۳: *B. urceolaris*

تصویر ۴ : *B. angularis*

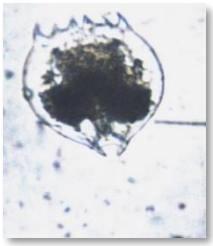


تصویر ۵: *B. rotundiformis*



تصویر ۶: *B. plicatilis*

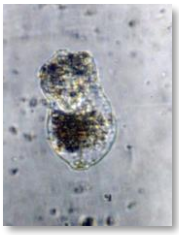
تصویر ۷: *Keratella valga*



تصویر ۸: *B. rubens*

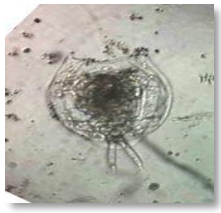
تصویر ۹: *B. leydigi Chon*

تصویر ۱۰: *Lepadella sp.*

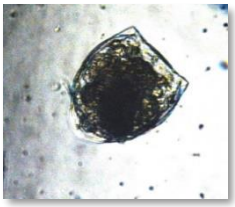


تصویر ۱۱: *Anuraeopsis sp.*

تصویر ۱۲: *Keratella sp.*



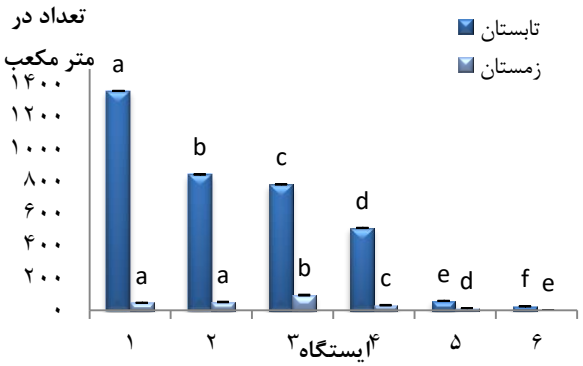
تصویر ۱۳: *Lecane ungulata*



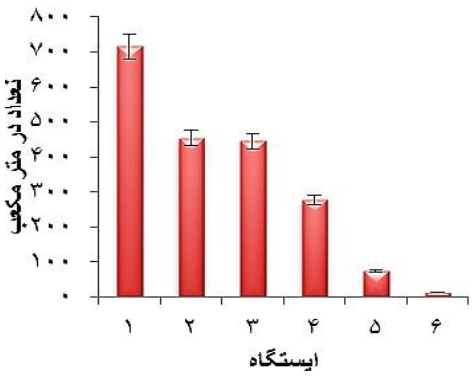
تصویر ۱۴: *Monostyla closterocerca*

شکل ۵ : تصاویر گونه‌های مختلف شناسایی شده در رودخانه بهمنشیر

بررسی تراکم روتیفرها در طی دوره مطالعاتی نشان داد که میانگین تراکم روتیفرها در دو فصل تابستان و زمستان به‌ترتیب ۵۹۸/۱ و ۴۰/۲ فرد در مترمکعب می‌باشد. بیش‌ترین میانگین فراوانی در فصل تابستان و در ایستگاه ۱ به‌میزان ۱۳۶۲/۱فرد در مترمکعب به‌دست آمد و در فصل زمستان و در ایستگاه۶ نیز تقریباً هیچ‌گونه روتیفری مشاهده نشد (شکل۶). نتایج حاصل از واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین ایستگاه‌ها در فصول مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود دارد($p<۰/۰۵$) (شکل۷).

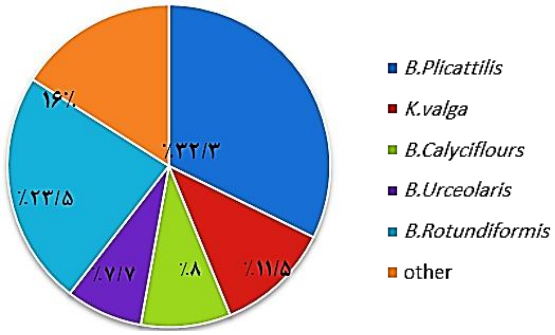


شکل۶: میانگین تراکم روتیفردر فصل تابستان و زمستان در مصب بهمنشیر در سال ۱۳۹۳

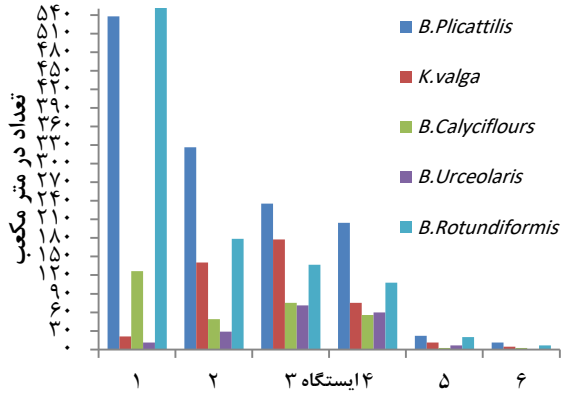


شکل۷: مقایسه تغییرات میانگین روتیفرها در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو فصل در مصب بهمنشیر ۱۳۹۳

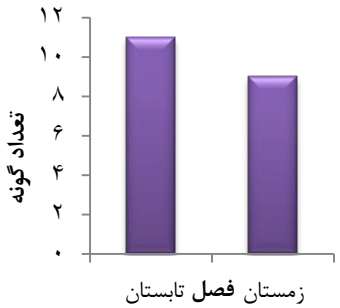
میانگین فراوانی گونه‌های روتیفر در فصل گرم و سرد در تمام ایستگاه‌ها نشان داد که به‌طورکلی ۵ گونه دارای بیش‌ترین فراوانی نسبی بودند که در مجموع تقریباً ۸۰٪ از کل روتیفرها را شامل می‌شوند. گونه‌های *Brachionus plicatilis, B. rotundiformis, Keratella valg* و *B. calyciflour* به‌ترتیب با ۳۲/۳، ۲۳/۵، ۱۱/۵، ۸ و ۷/۷٪ فراوانی گونه‌های غالب روتیفرها مشاهده شدند (شکل۸). در ایستگاه‌های رودخانه‌ای ۱ و ۲ با محدوده شوری ۴/۱۰-۲/۵۳ (PSU) گونه‌های غالب روتیفرها در این ایستگاه‌ها شامل *B. plicattilis*، *B. rotundiformis*، *B. calyciflouris* و *K. valga* بودند (شکل ۹). در ایستگاه ۳،۴و۵ گونه‌های *B.plicattilis*، *B. rotundiformis*، *B. urceolaris* و *K. valga* و *B. calyciflouris* غالب بودند. با حرکت از رودخانه (ایستگاه ۱و۲) به‌سمت دهانه مصب تنوع و تراکم روتیفرها کم شد. به طوری‌که در ایستگاه ۶ در نزدیکی دهانه مصب هیچ‌گونه روتیفری مشاهده نشد. مقایسه تعداد گونه‌های روتیفرها نشان داد که تعداد گونه‌ها در فصل تابستان (۱۱ فرد در متر مکعب) بیش‌تر فصل زمستان (۹ فرد در مترمکعب) است (شکل ۱۰).



شکل ۸: درصد فراوانی نسبی گونه‌های غالب روتیفر ها در مصب بهمنشیر در سال ۱۳۹۳



شکل۹ : مقایسه تنوع گونه‌های مختلف روتیفرها در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۱۰: مقایسه تعداد گونه‌های روتیفرها در فصول مختلف

نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین فراوانی روتیفرها با فاکتورهای محیطی هدایت الکتریکی و شوری بیش‌ترین همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$). هم‌چنین ما بین دما و فراوانی روتیفرها همبستگی منفی مشاهده گردید اما از نظر آماری این همبستگی معنی‌دار نبود (جدول۳).

جدول۳: نتایج همبستگی بین فراوانی روتیفرها و فاکتورهای محیطی

فراوانی روتیفرها و فاکتورهای محیطی	اکسیژن محلول	دما	شوری	هدایت الکتریکی
فراوانی روتیفر	۰/۰۷۳ p>۰/۰۵	-۰/۵۴ p>۰/۰۵	-۰/۹۳ p<۰/۰۵	-۰/۹۴ p<۰/۰۵
هدایت الکتریکی	۰/۱۸۶ p>۰/۰۵	۰/۴۴ p>۰/۰۵	۰/۹۶ p<۰/۰۵	۱
شوری	۰/۱۴ p>۰/۰۵	۰/۶۲ p>۰/۰۵	۱	۰/۹۶ p<۰/۰۵
دما	۰/۲۱ p>۰/۰۵	۱	۰/۶۲ p>۰/۰۵	۰/۴۴ p>۰/۰۵
اکسیژن محلول	۱	۰/۲۱ p>۰/۰۵	۰/۱۴ p>۰/۰۵	۰/۱۸ p>۰/۰۵

مطابق نتایج حاصل از مقایسه میزان شاخص‌ها در دو فصل به ترتیب بیش‌ترین مقدار میانگین تنوع شانون (۱/۰±۵۲/۱۶) در فصل تابستان، شاخص ترازی زیستی هیل بین ۱/۸- ۰/۷۳ در فصل تابستان، شاخص مارگالف (۱/۰±۱۷/۱۵) در فصل تابستان، شاخص غالبیت سیمپسون با مقدار (۰/۰±۴۰/۰۹۵) در فصل زمستان به‌دست آمد. مقدار میانگین شاخص‌های زیستی مورد مطالعه در دوره مطالعاتی در جدول۴قید شده است. مقایسه میانگین میزان شاخص‌های اکولوژیکی در برخی ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول سال، اختلاف معنی‌داری را نشان داد (p<۰/۰۵).

جدول ۴: مقدار میانگین شاخص‌های اکولوژیک در فصول مختلف در آب‌های بهمنشیر ۱۳۹۲

شاخص	زمستان	تابستان
تنوع شانون	۱/۱۲±۰/۲۸[a]	۱/۵۲±۰/۱۶[a]
غنای مارگالف	۰/۷۳±۰/۴۲ [b]	۱/۱۷±۰/۱۵[a]
ترازی هیل	۰/۷۵±۰/۱۶[b]	۰/۸۰±۰/۱۴[a]
غالبیت سیمپسون	۰/۴۰±۰/۰۹۵[b]	۰/۲۶±۰/۰۳۸[a]

بحث

مصب یک محیط انتقالی بین آب شور و شیرین است و وقتی آب رودخانه و دریا مخلوط می‌شوند آب‌های لب‌شور به‌وجود می‌آیند (Nybakken، ۱۹۹۳). در این بررسی ۲ ایستگاه موقعیت رودخانه‌ای (شوری‌های ۵-۰/۵ قسمت در هزار (PSU))و ۴ ایستگاه موقعیت مصبی (شوری‌های ۳۰-۵ PSU) را داشتند. از ایستگاه‌های رودخانه‌ای (۱و۲) به سمت ایستگاه‌های مصبی (۳، ۴ ، ۵ و ۶)، با افزایش شوری، ترکیب و تنوع گونه‌ای روتیفرها به‌شدت دچار تغییر شد. به‌طوری‌که در ایستگاه ۶ تقریباً هیچ روتیفری مشاهده نشد. به‌طورکلی در این تحقیق ۱۴ گونه روتیفر شناسایی شد که بیش‌ترین تراکم و تنوع روتیفرها در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ با بازه شوری ۵/۷-۲/۵ PSU مشاهده شد. نتایج مشابهی نیز توسط Soetaert و Van Rijswijk (۱۹۹۳) به‌دست آمده است. آن‌ها گروه غالب زئوپلانکتون‌ها در شوری‌های پایین در دهانه رودخانه را روتیفرها معرفی کردند. هم‌چنین این محققان گزارش نمودند که پراکنش زئوپلانکتون‌ها در مصب بر اثر تغییرات شوری، دما، کدورت و مواد غذایی است. Godhantaraman (۲۰۰۳) تنوع میکروزئوپلانکتون‌ها را در سیستم مصبی در ژاپن بررسی و بیش‌ترین فراوانی روتیفرها را در شوری ۷/۵-۱/۵ PSU گزارش نمودند. وی علت تراکم زیاد روتیفرها را سازگاری بالای آن‌ها در شوری های کم و مهیا بودن شرایط تغذیه‌ای و تولیدمثل آن‌ها بیان کرده و روتیفرها را شاخص آب‌های شیرین معرفی نمود. در پژوهش حاضر نیز روتیفرها تقریباً در همین محدوده شوری کم دارای بیش‌ترین تنوع و تراکم بودند. در این بررسی گونه‌های *B. plicatilis* و *B. rotundiformis* در همه ایستگاه‌ها وجود داشتند و این نشان‌دهنده سازگاری بالای این موجودات در شوری‌های مختلف می‌باشد. Fielder و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تاثیر شوری و دما بر روی *B. plicatilis* و *B. rotundiformis* گزارش نمودند که این دو گونه آستانه تحمل شوری و دمای گسترده‌ای دارند. در مطالعه حاضر نیز این دو گونه تقریباً در همه ایستگاه‌ها مشاهده شدند (شکل۸). روتیفرهای *B. rotundiformis* و *B. pilcatilis* از نظر مورفولوژیکی بسیار شبیه به‌هم ولی از نظر اندازه با هم متفاوت هستند. به‌طوری‌که در ابتدا، براساس نمونه‌هایی که از دریای خزر صید شد، *B. rotundiformis* را گونه‌ایی از *B. pilcatilis* معرفی نمودند (Tschugnuoff، ۱۹۲۱). آن‌ها هم‌چنین گونه *B. pilcatilis* را نوع L-type و گونه *B. rotundiformis* را نوع S-type نامیدند. اما اخیراً این دو گونه را در دو گروه متفاوت طبقه‌بندی می‌کنند (Castilho و Arcifa، ۲۰۰۰) نتایج بررسی حاضر نیز نشان داد که این دو گونه کاملاً مجزا می‌باشند. روتیفرهای *B. rotundiformis* و *B. pilcatilis* از جمله روتیفرهای یوری‌هالین هستند که به‌عنوان منبع مهم غذای زنده لارو ماهیان دریایی در آبزی‌پروری محسوب می‌شوند (Lubzens و همکاران، ۱۹۸۹). نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون در مطالعه حاضر نشان داد که بین شوری

و تراکم روتیفرها رابطه منفی و معنی‌دار وجود دارد (جدول۳). در مطالعه Paturej و Gutkowska (۲۰۱۵) که بر روی اثرات شوری روی اجتماعات زئوپلانکتون‌ها گزارش نمودند که بین شوری و تراکم روتیفرها همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. اما Perumal و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه تغییرات فصلی زئوپلانکتون‌ها در مصب واقع در جنوب هند، همبستگی مثبت بین شوری و تراکم روتیفرها را گزارش دادند. شوری یکی از مهم‌ترین عوامل زیست محیطی است که به‌طور قابل توجهی اجتماعات مصبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به عنوان یک عامل محدودکننده در پراکنش موجودات‌زنده عمل می‌کند (Sridhar و همکاران، ۲۰۰۶). تغییرات هدایت الکتریکی در این مطالعه کاملاً مطابق با تغییرات شوری بود و با حرکت از رودخانه به سمت دریا مقدار هر دو فاکتور به‌طور هم‌زمان افزایش یافت (اشکال ۲ و ۳). هم‌چنین همبستگی مثبت بین تراکم روتیفرها و اکسیژن محلول مشاهده شد. Clarke و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعاتی که بر روی دینامیک جمعیت روتیفر در تالاب نیجریه داشتند، نتایج مشابهی را گزارش نمودند به این ترتیب که افزایش اکسیژن محلول تاثیر مثبتی بر روی تراکم روتیفرها دارد. افزایش در میزان اکسیژن محلول را می‌توان به جریان آب بالا و فعالیت‌های بیولوژیکی فیتوپلانکتون (فتوسنتز) نسبت داد (Mola و Parveen، ۲۰۱۴). همان‌گونه که در جدول ۳ این بررسی مشخص است، این همبستگی مثبت ممکن است ناشی از جریانات جزر و مدی رودخانه بهمنشیر و هم‌چنین فعالیت بیولوژیک فیتوپلانکتون‌های آن باشد، البته برای یافتن نتیجه قطعی بررسی همه‌جانبه فاکتورهای محیطی و فعالیت فیتوپلانکتون‌ها نیاز است. در مطالعه حاضر، بیش‌ترین تراکم روتیفرها در فصل تابستان به‌میزان ۵۹۸/۱۳ فرد در مترمکعب و کم‌ترین آن در فصل زمستان به‌میزان ۴۰/۲۹ فرد در مترمکعب مشاهده شد(شکل۵). مطالعات متعدد در آب‌های سواحل خوزستان نشان داده است که بیش‌ترین میزان مواد غذایی و تراکم فیتوپلانکتون در اوایل تابستان و کم‌ترین مقدار در فصل زمستان مشاهده شده است (Sabz و همکاران، ۲۰۱۰؛ Nilsaz و همکاران، ۲۰۰۵) و از آن‌جایی‌که اکثر زئوپلانکتون‌ها مستقیماً و یا با یک واسطه از فیتوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند، بنابراین این امر می‌تواند علت اصلی بالا رفتن تراکم و تنوع زئوپلانکتون‌ها در فصل تابستان و کاهش آن‌ها در فصول سرد باشد (Mudha و همکاران ، ۲۰۰۷؛ Yahiaو همکاران، ۲۰۰۴). به‌طورکلی در فصول سرد نیز با کاهش درجه حرارت آب و تغییرات میزان شوری (بر اثر دلایل مختلفی چون بارندگی، وزش باد، تبخیر سطحی و ورودی آب شیرین) میزان استرس در محیط افزایش می‌یابد که در نهایت منجر به کاهش تولیدات فیتوپلانکتون‌ها و به‌دنبال آن زئوپلانکتون‌ها می‌گردد (نیل-ساز و همکاران، ۱۳۸۴). Sulehria و همکاران (۲۰۰۹) بیش‌ترین تراکم روتیفرها در تابستان و کم‌ترین آن را در زمستان ثبت کردند. میانگین سالانه فراوانی گونه‌های روتیفر در تمام ایستگاه‌ها نشان داد که ۵ گونه دارای بیش‌ترین فراوانی نسبی بودند که در مجموع تقریباً ۸۰٪ از کل روتیفرها را شامل می‌شوند. گونه‌های *B.plicatilis*، *B. rotundiformis*، *K. valga*، *B. Calyciflours* و *B. urceolaris* به‌ترتیب با ۳۲/۳، ۲۳/۵، ۱۱/۵، ۸ و ۷/۷٪ فراوان‌ترین گونه‌های غالب روتیفرها بودند (شکل۷). Mola و Ahmed (۲۰۱۵) در مطالعه ساختار و تنوع زئوپلانکتون‌ها و ارتباط آن‌ها با تغییرات زیست محیطی در رودخانه نیل در مصر *B. plicatilis*، *B. calyciflours*، *Keratella sp.* و *B. urceolaris* را گونه‌های غالب روتیفرها گزارش دادند. Sherbiny و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه زئوپلانکتون‌ها در کانال سوئز مصر و هم‌چنین Devi و Ramanibai (۲۰۱۲) در آب‌های چین گونه *B. plicatilis* را از گونه‌های غالب روتیفرها معرفی کردند. تنوع‌زیستی یکی از مهم‌ترین مولفه‌ها برای‌تعیین‌سلامت اکوسیستم‌ها و یکی از معیارهای مهم برای نشان دادن اهمیت زیستگاه‌های مورد حفاظت می‌باشد (Price، ۲۰۰۲). بیش‌ترین مقدار شاخص غنای گونه‌ای در فصل تابستان (۱/۱۷) به‌دست آمد. Sulehria و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی کیفیت آب و تنوع روتیفر در آب‌های پاکستان، بیش‌ترین شاخص تنوع را در فصل تابستان (۳) و کم‌ترین آن را در فصل زمستان (۱/۷۷) گزارش نمودند. علت افزایش تعداد گونه‌ها در فصل گرم، افزایش دما است که همبستگی مستقیم و معنی‌داری با تراکم روتیفرها دارد. از طرف دیگر، میزان بالای غنای گونه‌ای در فصل تابستان می‌تواند به‌دلیل وجود زنجیر غذایی بزرگ‌تر باشد. شاخص شانون بیش‌ترین حساسیت را به تغییرات گونه‌های نادر در جامعه دارد(Krebes، ۱۹۹۹). نتایج این بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار شاخص شانون جمعیت روتیفرهای مصب رودخانه بهمنشیر در فصل تابستان به‌میزان ۱/۵۲ بود که به‌علت حداکثر بودن تعداد گونه‌ها در این فصل می‌باشد. کم‌ترین میزان شاخص شانون نیز در فصل زمستان به‌مقدار ۱/۱۲ محاسبه گردید. پاپهن و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تالاب هوالعظیم بیش‌ترین تنوع جمعیتی زئوپلانکتون‌ها که ناشی از فراوانی تنوع گونه‌های خانواده Brachionidae از گروه روتیفرها بودند را در فصل تابستان گزارش نمودند که تا حدی با نتایج این بررسی هم‌خوانی دارد. Saygi و همکاران (۲۰۱۰) نیز در بررسی جوامع زئوپلانکتونی در مصب Kizilirmak Delta در ترکیه، محدوده شاخص شانون را بین ۱/۶۷- ۰/۶۱ گزارش دادند. این نتایج با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان شاخص غالبیت سیمپسون روتیفرهای بهمنشیر در فصل زمستان (۰/۴۰) و کم‌ترین آن در فصل تابستان(۰/۲۶) به‌دست آمد. با توجه به کم‌تر بودن تنوع در فصل زمستان این نتیجه منطقی است. Sulehria (۲۰۱۳) در

مطالعه شاخص‌های تنوع روتیفرها در پاکستان، محدوده این شاخص را بین ۰/۴۸-۰/۳۱ به‌دست آوردند که تقریباً مشابه با محدود این شاخص در مطالعه حاضر است. بیش‌ترین میزان میانگین این شاخص ترازی زیستی در فصل تابستان (۰/۸۰) و کم‌ترین میزان میانگین این شاخص در فصل زمستان (۰/۷۵) گزارش شد که در مجموع بین این دو فصل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. حضور گونه‌های غالب در نمونه باعث کاهش این شاخص می‌شود. کم‌تر بودن این شاخص در فصل زمستان به‌علت غالب بودن گونه‌های از روتیفرها است. Saba و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه تنوع زئوپلانکتون‌ها در هند، محدوده این شاخص را بین ۰/۸۷-۰/۸۱ به‌دست آوردند که تا حدودی با نتایج این بررسی مطابقت دارد. فراوان‌ترین خانواده Brachionidae از گروه روتیفرها بود. مطالعات نشان می‌دهد که باتوجه به زمان بیش‌ترین تنوع جمعیت زئوپلانکتونی مربوط به اردیبهشت ماه ۱۳۹۰ و کم‌ترین تنوع مربوط به دی ماه ۱۳۹۰ بود. به‌طورکلی میانگین سالانه فراوانی گونه‌های روتیفر در تمام ایستگاه‌ها نشان داد که گونه‌های غالب شامل *B. rotundiformis* و *B. plicatilis* می‌باشند که در مجموع تقریباً ۶۰٪ از کل روتیفرها را شامل می‌شود. قابل ذکر است که نتایج تحقیقات خفایی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داده است که پپتیدهای گونه *B. plicatilis* دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی چشمگیری بوده و امکان استفاده از آن را به‌عنوان مکمل در مواد غذایی وجود دارد. لذا با توجه به‌وفور این گونه‌در آب‌های بهمنشیر و دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی می‌توان تحقیقات جدیدی درخصوص خالص‌سازی، تکثیر و پرورش و تجاری سازی این گونه در منطقه آبادان و خرمشهر را آغاز نمود.

منابع

۱. **پایهن، ف.؛ دهقان‌مدیسه، س.** و **باقری، ر.، ۱۳۹۰.** بررسی ترکیب و فراوانی زئوپلانکتون‌های تالاب هورالعظیم. مجله اکوبیولوژی تالاب (تالاب). سال۵، شماره ۳، صفحات ۲۲ تا ۱۷.

۲. **ورناصری، ش. و کتابداری، م.ج.، ۱۳۸۷.** شبیه‌سازی اثر آورد رودخانه بهمنشیر بر رژیم رسوبی مصب. هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران. تهران، انجمن هیدرولیک ایران، دانشگاه صنعت آب و برق. ۸صفحه.

۳. **خفایی، ک.؛ سخایی، ن.؛ دوست‌شناس، ب.، غانمی، ک. و ذوالقرنین، ح.، ۱۳۹۵.** ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی پپتیدهای تخلیص شده از هیدرولیز روتیفر *Brachionus plicatilis*. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۵، شماره ۲، صفحات ۶۹ تا ۷۹.

۴. **Al-Yamani, F.Y.; Skryabin, V.; Gubanova, A.; Khvorov, S. and Prusova, I., 2011.** Marine zooplankton practical guide for the Northwestern Persian Gulf. Kuwait Institute for Scientific Research, Safat Kuwait. Vol. 2, 197 p.

۵. **Castilho, M.S. and Arcifa, M.S., 2000**. Production of the rotifer *Brachionus plicatilis* (Ploimida: Brachionidae) in a Brazilian coastal lagoon. Rev. biol. Trop. Vol. 48, No. 4, pp: 193-204.

۶. **Clarke, E.O.; Aderinola, O.J. and Adeboyejo, O.A., 2013.** Dynamics of rotifer populations in a lagoon bordered by heavy industry in Lagos, Nigeria. American Journal of Research Communication. Vol. 1:4, pp: 172-192.

۷. **Fielder, D.S.; Purser, G.J. and Battaglene, S.C., 2000.** Effect of rapid changes in temperature and salinity on availability of the rotifers Brachionus rotundiformis and Brachionus plicatilis. Aquaculture. Vol. 189:4, pp: 85-99.

۸. **Fontaneto, D.; De Smet, W.H. and Ricci, C., 2006.** Rotifers in saltwater environments, re-evaluation of an inconspicuous taxon. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Vol. 86: 4, pp: 623-656.

۹. **Hamaidi, F.; Hamaidi M.S.; Benouaklil, F. and Saidi, F., 2011.** The Rotifera fauna from Algeria, bioresearch bulletin.Vol. 1:4, pp: 232-240.

۱۰. **Hammer, U.T., 1993.** Zooplankton distribution and abundance in saline lakes of Alberta and Saskatchewan, Canada. International Journal of Salt Lake Research. Vol. 2, No. 2, pp: 111-132.

۱۱. **Godhantaraman, N. and Uye, S., 2003.** Geographical and seasonal variations in taxonomic composition, abundance and biomass of microzooplankton across a brackish-water lagoonal system of Japan. Journal of Plankton Research. Vol. 25, No. 5, pp: 465-482.

۱۲. **Jorgensen, S.E.; Costanza R. and Xu, F.L., 2005.** Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. CRP Press. 439 p.

۱۳. **Lubzens, E.; Tandler, A. and Minkoff, G., 1989.** Rotifers as food in aquaculture. Hydrobiologia. Vol. 186, No. 1, pp: 387-400.

۱۴. **Mola, H.R.A. and Parveen, S., 2014.** Effect of monsoon on zooplankton variations and environmental characteristics in a tropical fish pond at Aligarh, India. Egypt. J. Aquat. Biol. & Fish., Egypt. J. Aquat. Biol. and Fish. Vol. 18, No. 3, pp: 105-114.

۱۵. **Mola, H.R. and Ahmed, N.A., 2015.** Zooplankton Community Structure and Diversity Relative to Environmental Variables in the River Nile from Helwan to El-Qanater El-Khayria, Egypt.

۱۶. **Miracle, M.R. and Serra, M., 1989.** Salinity and temperature influence in rotifer life history characteristics. Hydrobiologia. Vol. 186, No. 1, pp: 81-102.

۱۷. **Mudha, N.V.; Jyothibabu, R.; Balachandran, K.K.; Honey, U.K.; Martin, G.D.; Vijay, J.G. and Achuthankutty, C.T., 2007.** Monsoonal impact on planktonic standing stock and abundance in a tropical estuary (Cochin backwaters–India). Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 73, No. 1, pp: 54-64.

۱۸. **Muxagata, E. and Williams, J.A., 2004.** The Mesozooplankton of the Solent-Southampton water system: A photographic guide. Bolsista de doutorado do CNP Brazil. 107 p.

۱۹. **Nilsaz, M.K.; Dehghan Madiseh, S.; Mazreavy, M.; Esmaily, F. and Sabzalizadeh, S., 2005.** Hydrological and hydrobiological study in Persian Gulf (Khuzestan coastal waters). Iran Fisheries Research Organization. 145 p.

۲۰. **Neumann-Leitão, S., 1995.** Resenha literária sobre zooplâncton estuarino no Brasil. Trabalhos de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco. Vol. 23, pp: 25-53.

۲۱. **Nybakken, J.W., 1993.** Marine biology: an ecological approach.6th ed. 579 p.

۲۲. **Onwudinjo, C.C. and Egborge, A.B.M., 1994.** Rotifers of Benin River, Nigeria. Hydrobiologia. Vol. 272.1, No. 3, pp: 87-94.

۲۳. **Paturej, E. and Gutkowska, A., 2015.** The effect of salinity levels on the structure of zooplankton communities. Archives of Biological Sciences. Vol. 67, No. 2, pp: 483-492.

۲۴. **Perumal, N.V.; Rajkumar, M.; Perumal, P. and Thillai Rajasekar, K., 2009.** Seasonal variations of plankton diversity in the Kaduviyar estuary, Nagapattinam, southeast coast of India. Journal of Environmental Biology. Vol. 30, No. 6, pp: 1035-1046.

۲۵. **Price, A.R., 2002.** Simultaneous' Hotspots' and 'Coldspots' of marine biodiversity and implications for global conservation. Marine ecology. Progress series. Vol. 241, pp: 23-27.

۲۶. **Remane, A. and Schlieper, C., 1971.** The biology of brackish waters. New York: Wiley Interscience. 372 p.

۲۷. **Saba, F. and Sadhu, D.N., 2015.** Zooplankton Diversity Garga Reservoir of Bokaro, Jharkhand, India. International Journal of Bioassays. Vol. 4, No. 4, pp: 3792-3795.

۲۸. **Sabz, A.S.; Khalfeh, N.M. and Moghainami, S., 2010.** Study On the Quality of Shadegan Wetlan Water Based On the Physical and Chemical Parameters. pp: 20-36.

۲۹. **Saygi, Y.; Gündüz, E.; Demirkalp, F.Y. and Çağlar, S.S., ۲۰۱۰.** Seasonal Patterns of the Zooplankton Community in The Shallow, Brackish Liman Lake in Kızılırmak Delta, Turkey. Turk J Zool. Vol. 35, No. 6, pp: 783-792.

۳۰. **Sharma, B.K. and Michael, R.G., 1980.** Synopsis of taxonomic studies on Indian Rotatoria. Hydrobiologia. Vol. 73, No. 1-3, pp: 229-236.

۳۱. **Sherbiny, M.M.; Al-Aidaroos, A.M. and Gab-Alla, A., 2011.** Seasonal composition and population density of zooplankton in Lake Timsah, Suez Canal, Egypt. Oceanologia. Vol. 53, No. 3, pp: 837-859.

۳۲. **Shiel, R.J., 1995.** A guide to identification of Rotifers, Cladocerans and Copepods from Australian inland waters (No. 3). Canberra: Co-operative Research Centre for Freshwater Ecology. 113 p.

۳۳. **Silva, A.M.A.; Barbosa, J.E.; Medeiros, P.R.; ROCHA, R.M.; Lucena Filho, M.A. and Silva, D.F., 2009.** Zooplankton (Cladocera and Rotifera) variations along a horizontal salinity gradient and during two seasons (dry and rainy) in a tropical inverse estuary (Northeast Brazil). Pan-American Journal of Aquatic Sciences. Vol. 4, No. 2, pp: 226-238.

۳۴. **Soetaert, K.E.R. and Van Rijswijk, P., 1993.** Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde estuary. Marine Ecology Progress Series. 97 p.

۳۵. **Sridhar, R.; Thangaradjou, T.; Senthil Kumar, S. and Kannan, L., 2006.** Water quality and phytoplankton characteristics in the Palk Bay, Southeast coast of India. J. Environ.Biol. Vol. 27, pp: 561-566.

۳۶. **Stemberger, R.S., 1979.** A guide to rotifers of the Laurentian Great Lakes. 186 p.

۳۷. **Sulehria, A.Q.K. and Malik, M.A., 2013.** Diversity indices of pelagic rotifers in Camp Balloki Water Park, Lahore, Pakistan. Turkish Journal of Zoology. Vol. 37, No. 6, pp: 699-705.

۳۸. **Sulehria, A.Q.K.; Qamar, M.F.; Haider, S. and Hussain, M.E.A., 2009.** Water Quality and Rotifer Diversity in Thefish Pond at District Mianwali, Pakistan. Biologia. Vol. 55, No. 1-2, pp: 79-85.

۳۹. **Telesh, I.V., 2006a.** Impact of biological invasions on the diversity and functioning of zooplankton communities in the Baltic estuarine ecosystems (a review). Izvestiya Samarskiy Scientific Center RAS. Vol. 8, pp: 220-232.

۴۰. **Telesh, I.V., 2006b.** Species Diversity and Functioning of Zooplankton Communities in Lakes, Rivers and Estuaries. Abstract of the Doctoral Dissertation. St. Petersburg. 45 p.

۴۱. **Tschugnuoff, F., 1921.** Uber das plankton des nordlichen teils des kaspises. Raboy volzhskoj boil. Stantsii. Vol. 6, pp: 120-121.

۴۲. **Yahia, M.D.; Souissi, S. and Yahia-Kéfi, O.D., 2004.** Spatial and temporal structure of planktonic copepods in the Bay of Tunis (southwestern Mediterranean Sea). Zoological Studies. Vol. 43, No. 2, pp: 366-375.

۴۳. **Zakari, H.Y.; Said, M.A. and Radwan, A.A., 2007.** Influence of salinity variations on zooplankton community in El-Mex Bay, Alexandria, Egypt. 101 p.