



تنوع زیستی جامعه زئوپلانکتونی در مصب رودخانه حله بوشهر، خلیج فارس

مجتبی پولادی^۱، امیدوار فرهادیان^{۲*}، امیر وزیری زاده^۳ و محسن نوری نژاد^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استادیار، مرکز مطالعات خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

۴- هیأت علمی پژوهشکده میگوی کشور، بوشهر، ایران

پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۱۹

دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۸

*- نویسنده مسئول مقاله: تلفن: ۰۳۱۱-۳۹۱۳۵۶۴، omfarhad@cc.iut.ac.ir و farhadyo@yahoo.com

چکیده:

تنوع زئوپلانکتون در مصب رودخانه حله واقع در استان بوشهر، خلیج فارس، و ارتباط آن با برخی از خصوصیات کیفی آب با نمونه برداری در اواسط هر فصل از تابستان ۱۳۹۰ تا بهار ۱۳۹۱ و استفاده از تور پلانکتون چشمه ۱۴۰ میکرون با تورکشی عمودی از ۵ ایستگاه معین بررسی شد. میانگین (\pm خطای استاندارد) شاخص‌های سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف به ترتیب 0.84 ± 0.10 ، 3.01 ± 0.20 و 1.90 ± 0.10 در تابستان، 0.63 ± 0.06 ، 2.0 ± 0.20 و 2.0 ± 0.20 و 1.87 ± 0.08 در پاییز، 0.73 ± 0.04 ، 2.22 ± 0.10 و 1.43 ± 0.10 در زمستان، 0.87 ± 0.01 ، 3.44 ± 0.30 و 2.38 ± 0.30 در بهار به دست آمد. شباهت زئوپلانکتونی فصلی براساس ضرایب جاکارد و سورنسن به ترتیب 0.61 و 0.76 در فصول تابستان-پاییز، 0.56 و 0.72 در فصول پاییز-بهار بیشترین میزان بود؛ در حالی که این مقادیر از شباهت به ترتیب در زمستان-پاییز 0.27 و 0.43 و در بهار - زمستان 0.30 و 0.47 در کمترین میزان بود. علاوه بر این، همبستگی معناداری بین تراکم زئوپلانکتون با شوری، اکسیژن محلول و کلروفیل a مشاهده گردید، در حالی که تنوع سیمپسون و شانون با دمای آب و تنوع مارگالف با pH همبستگی معناداری نشان داد.

کلید واژگان: زئوپلانکتون، تنوع زیستی، مصب رودخانه حله، خلیج فارس.

مقدمه

گذشته آن را تجربه کرده است و تمایلی به شرایط ایجاد شده کنونی نداشته باشد. به طور کلی گونه‌های پلانکتونی برای نظارت بر جنبه‌های معینی از محیط زیست از جمله وقایع هیدروگرافیکی، یوتریفکاسیون، آلودگی، آمار و ارقام گرم شدن و مشکلات زیست محیطی به لحاظ تغییرات دراز مدت بسیار مفید هستند (Omori and Ikeda., 1984; Chiba and Saino, 2003; Molinero et al., 2005).

ژئوپلانکتون‌ها در مصب به‌عنوان مبنای شبکه غذایی بوده و انرژی و ماده آلی تولید شده به‌وسیله فتوسنتز را به سطوح بالاتر غذایی همچون ذخایر ماهیان پلاژیک انتقال می‌دهند. بازگشت ذخایر ماهی‌ها تابع چرخه‌های تولیدمثلی پلانکتون‌ها، رشد، میزان تولیدمثل و بقای آنها می‌باشند و بسیاری از ژئوپلانکتون‌ها با اندازه کوچک منبع اصلی غذایی ژئوپلانکتون‌های گوشت‌خوارند (Arvin, 1977; Carlsson et al., 1995; Dalal and Goswami, 2001; Tan et al., 2005; Thor et al., 2004). ژئوپلانکتون‌ها موجودات بسیار متنوع و دارای استراتژی‌های مختلفی در بقا و تولیدمثل هستند. آنها دارای سرعت تولیدمثلی بالا ولی دوره زندگی کوتاهی می‌باشند. این جانوران در آب‌های گرم با غذای فراوان و دمای مناسب آب با تسریع فرآیندهای زیستی در طول سال به دفعات تولیدمثل می‌کنند. در حالی که در عرض‌های جغرافیایی بالا به‌لحاظ محدودیت فصل رشد فیتوپلانکتون‌ها فقط یکبار در طول سال تولیدمثل دارند. چرای مفراط ژئوپلانکتون، میزان رشد سریع آنها و دوره کوتاه زندگی ژئوپلانکتون‌های گوشت‌خوار پاسخی در برابر رهاسازی سریع مواد مغذی برای بازچرخ تولید فیتوپلانکتون‌هاست (Barnes and Hughes, 1999; Castro and Huber, 2000).

در سال‌های اخیر در ایران مطالعات درخصوص پلانکتون‌ها در بخش‌هایی از حوزه خلیج فارس انجام شده

مصب‌ها، زیست‌بوم‌های پویا و پایداری‌اند که به‌لحاظ تنوع زیستی و جغرافیایی اهمیت ویژه‌ای دارند. چگونگی تنوع‌پذیری مصب‌ها به‌وسیله پویایی زیست‌شناختی جمعیت‌ها، بخصوص پلانکتون‌ها منعکس می‌گردد (Calbet et al., 2001; Valdes et al., 2007) توزیع ژئوپلانکتون به‌وسیله عوامل زیستی و شاخص‌های غیرزیستی (همچون شکار و رقابت) تحت تأثیر قرار می‌گیرد (David et al., 2005; Marques et al., 2007) (a, b) محیط‌های مصبی به‌عنوان یک منطقه اکوتون بین اکوسیستم‌های آب شیرین و دریایی، تحت تأثیر هر دو اکوسیستم قرار می‌گیرند (Cearreta et al., 2000; Elliot and De Jong, 2002; Elliot and Mc Lusky, 2002). جریان رودخانه و حرکت امواج جمعیت‌های رودخانه‌ای و دریایی را به سمت مصب‌ها کوچ می‌دهند و از این رو فراوانی و تنوع جوامع مصبی را شکل می‌دهند (Elliot and Mc Lusky, 2002; Waniek, 2003; Froneman, 2004; Waniek et al., 2005).

اجتماعات ژئوپلانکتون و هر کدام از مراحل زندگی آنها با تنوع زمانی و مکانی در انتخاب یا تحمل عوامل محیطی مشخص و معین تفاوت‌هایی دارند. معمولاً این عوامل بر حضور و عدم حضور گونه‌ها، الگوهای پراکنش آنها، گوناگون بودن جامعه پلانکتونی و اجتماعات آنها تأثیرات قابل اندازه‌گیری می‌گذارند. پلانکتون‌ها همواره تحت تأثیر ارتباطات و آثار متقابل بین مشخصه‌های محیطی شناخته شده و معین با سایر شاخص‌های غیرقابل اندازه‌گیری و غیرقابل انتظار هستند (Omori and Ikeda, 1984). همچنین یک گونه ممکن است در شرایط اقلیمی، جغرافیایی و زیست‌شناختی پیرامون خود عکس‌العمل‌هایی را بروز دهد که قبلاً یا در

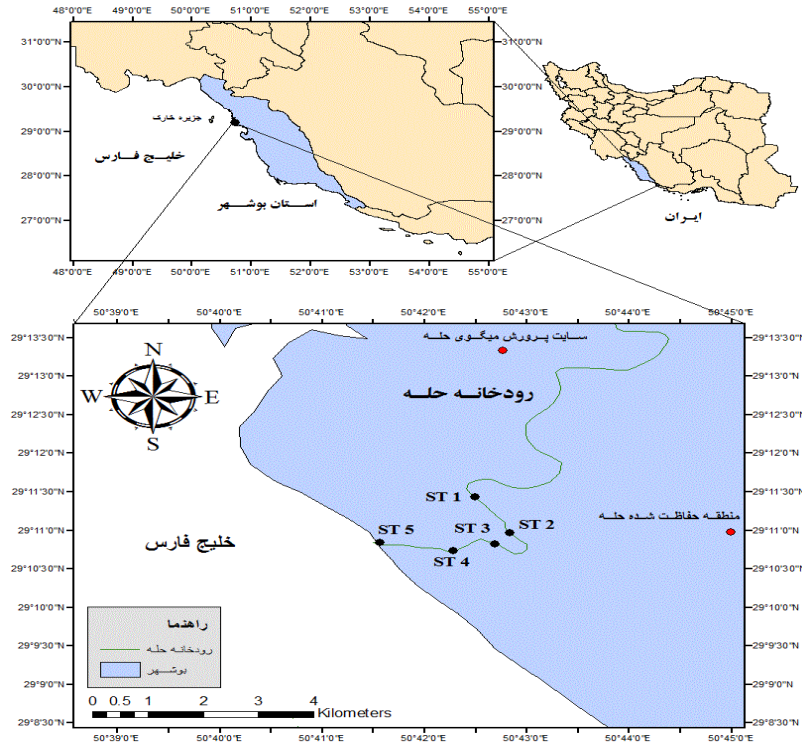
زئوپلانکتونی از نظر اکولوژیکی در مصب رودخانه حله، واقع در استان بوشهر، خلیج فارس است.

مواد و روش‌ها

رودخانه حله در محدوده جغرافیایی ۵۰ تا ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. در این تحقیق ۵ ایستگاه نمونه‌برداری در محدوده مصب رودخانه حله (شکل ۱، جدول ۱) با توجه به معیارهایی از قبیل گرادیان‌های زیست‌محیطی، پویایی اختلاط و گردش آب‌های شور و شیرین، جزر و مد، شدت جریان رودخانه‌ای و ژئومورفولوژی متفاوت در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری از جامعه زئوپلانکتونی در اواسط هر فصل از تابستان ۱۳۹۰ (مرداد ماه) تا بهار ۱۳۹۱ (اردیبهشت ماه) با توپلانکتون‌گیری (چشمه ۱۴۰ میکرون و دهانه ۲۵ سانتی‌متری) با تورکشی عمودی براساس عمق هر ایستگاه (جدول ۱) انجام گرفت. نمونه‌برداری از هر ایستگاه با سه تکرار انجام شد.

مشخصه‌های کیفی آب شامل دما، pH، اکسیژن محلول و عمق رؤیت در محل هر ایستگاه به ترتیب با داماسنج جیوه‌ای (دقت ۰/۱ سانتی‌گراد)، pH متر (دیجیتال Schottgerate، مدل ۶۶۶۲۱، ساخت آلمان با دقت ۰/۱)، اکسیژن متر (مدل Paqualab ELE، ساخت آلمان با دقت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر) و صفحه سکنشی (با دقت ۱ سانتیمتر) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کلروفیل *a* نمونه‌ها پس از فیلتراسیون نمونه‌های آب و افزودن استون و سانتریفیوژ آنها با قرائت میزان جذب نمونه‌ها (*OD*) به وسیله اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۴، ۶۴۷ و ۶۳۰ نانومتر (Parsons et al., 1984) انجام شد. سپس میزان کلروفیل *a* با استفاده از رابطه $=11.85(OD_{664}) - 1.54(OD_{647}) - 0.08(OD_{630})$ کلروفیل *a* محاسبه گردید.

است (Grice and Gibsons, 1978; Savari, 1982; ROPME, 2003; Noorinezhad, 2006, Rabbanih et al., 2011). همکاران در سال ۲۰۱۱ میزان تراکم زئوپلانکتون را ۱۴۷۰ فرد در مترمکعب در فصول گرم بهار و تابستان و تراکم ۶۱۱ فرد در مترمکعب در فصول سرد پاییز و زمستان را از بخش شمالی خلیج فارس گزارش کردند. براساس تحقیقات گزارش شده در ایران مهم‌ترین گروه زئوپلانکتونی را پاروپایان بخصوص رده‌های کالانویید، سیکلوپوئید تشکیل می‌دهند. ROPME در سال ۲۰۰۳ گزارش داد که بیشترین غلظت مواد غذایی نیترات، فسفات و سیلیکات از رودخانه‌های واقع در مناطق شمالی خلیج فارس یعنی کارون و حله وارد می‌شود. رودخانه حله با حجم حدود ۵/۲ کیلومترمکعب در سال به خلیج فارس می‌ریزد. این رودخانه در منطقه مصبی خود دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی گوناگون در فصول مختلف و همچنین در مقاطع مختلف است (ROPME, 2003). رودخانه حله از بخش‌های جنوبی کوه‌های زاگرس منشأ می‌گیرد و در مسیر خود تحت نام رودخانه شاپور از شهرستان کازرون، برازجان و بوشهر عبور می‌کند و در ۱۲ کیلومتری شمال غربی برازجان (به نام رودخانه شیرین) با رودخانه دالکی هم مسیر می‌شود. از این به بعد این رودخانه به سمت غرب تغییر مسیر می‌دهد و از مرز میان شبانکاره و زیارت عبور می‌کند و به نام رودخانه حله پس از طی مسیر ۵۴ کیلومتری در جنوب غربی برازجان به خلیج فارس می‌ریزد. مساحت حوضه رودخانه ۱۰۳۵۰ کیلومتر مربع و دبی متوسط آن طی مسیر ۱۷۰ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. دشت حله به طور عمده از رسوبات ریزدانه از جنس سیلت و رس تشکیل می‌شود (Rabbanih et al., 2003) که تا ورود رودخانه به خلیج فارس ادامه دارد (ROPME, 2003). هدف از این مطالعه بررسی ساختار و تنوع زیستی جوامع



شکل ۱ منطقه مورد مطالعه این تحقیق در رودخانه حله، استان بوشهر

جدول ۱ مشخصات جغرافیایی و عمق ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصول مختلف در مصب رودخانه حله، خلیج فارس

| ایستگاه | عرض جغرافیایی (شمالی) | طول جغرافیایی (شرقی) | عمق در فصول مختلف نمونه برداری (متر) | | |
|---------|-----------------------|----------------------|--------------------------------------|-------|--------|
| | | | تابستان | پائیز | زمستان |
| ۱ | ۲۹° ۱۰' ۲۲" | ۵۰° ۴۰' ۳۸" | ۰/۷۳ | ۰/۸۸ | ۰/۹۶ |
| ۲ | ۲۹° ۰۹' ۳۷" | ۵۰° ۴۱' ۰۳" | ۲/۱۴ | ۲/۳۰ | ۲/۳۸ |
| ۳ | ۲۹° ۰۹' ۳۶" | ۵۰° ۴۰' ۳۲" | ۲/۲۱ | ۲/۴۵ | ۲/۳۲ |
| ۴ | ۲۹° ۰۹' ۳۵" | ۵۰° ۴۰' ۰۵" | ۱/۶۲ | ۱/۸۰ | ۲/۰۲ |
| ۵ | ۲۹° ۰۸' ۳۹" | ۵۰° ۳۸' ۵۴" | ۲/۳۵ | ۲/۵۶ | ۲/۷۸ |

نرمال نمودن داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از $(\sqrt{X+1})$ ریشه دوم) تبدیل داده انجام شد و برای تأیید کردن آن از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد (Siapatis et al., 2008). اختلاف معنادار بین شاخص‌ها در فصول و ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) بررسی شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد (Zar, 1984). ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص‌ها مورد محاسبه و آزمون آماری قرار گرفت. تمام محاسبات آماری در نرم‌افزار SPSS انجام شد و محاسبات مربوط به شاخص‌های تنوع در نرم‌افزار Ecological Methodology انجام گرفت (Krebs, 2001).

نتایج

میانگین (\pm خطای استاندارد) فصلی دما و اکسیژن محلول به ترتیب $1/1 \pm 32/4$ درجه سانتی‌گراد و $1/1 \pm 6/8$ میلی‌گرم بر لیتر در تابستان، $1/1 \pm 19/2$ درجه سانتی‌گراد و $1/1 \pm 7/1$ میلی‌گرم بر لیتر در پاییز، $2/2 \pm 13/6$ درجه سانتی‌گراد و $3/3 \pm 11/3$ میلی‌گرم بر لیتر در زمستان، $5/5 \pm 23/0$ درجه سانتی‌گراد و $1/1 \pm 8/4$ میلی‌گرم بر لیتر در بهار بود. همچنین میانگین فصلی عمق رؤیت سکشی، شوری و pH به ترتیب $7/7 \pm 44/4$ سانتی‌متر، $1/2 \pm 39/6$ قسمت در هزار و $1/1 \pm 8/1$ در تابستان، $7/7 \pm 48$ سانتی‌متر، $9/9 \pm 37/6$ قسمت در هزار و $3/3 \pm 17/2$ قسمت در هزار و $1/8 \pm 45/2$ سانتی‌متر، $4/4 \pm 27/8$ قسمت در هزار و $2/2 \pm 8/2$ در بهار بود (شکل ۲). کلروفیل a به ترتیب در تابستان، پاییز، زمستان و بهار دارای دامنه $0/14 - 0/09$ ، $0/44 - 0/31$ ، $0/07 - 0/04$ و $0/27 - 0/22$ میلی‌گرم در متر مکعب نشان داد (نمودار ۲).

شناسایی گروه‌های مختلف زئوپلانکتونی با استفاده از کلیدهای شناسایی زئوپلانکتون‌های آب شور و لب شور انجام گرفت (Monchenko, 1974; Grindley, 1981; Todd and Laverack, 1991; Smith and Johnson, 1996; Chihara and Murano, 1997). شمارش زئوپلانکتون‌ها با استفاده از لام باگارو (Bogorov's chamber) در زیر یک لوپ آزمایشگاهی (Olympus, SZ6045, Japan) با بزرگنمایی ۶ و با کمک میکروسکوپ اینورت (مدل CETI، ساخت بلژیک)، بزرگنمایی ۴۰ انجام گرفت. به منظور محاسبه تراکم زئوپلانکتون‌ها از فرمول $A = (NV/2)(VI/V)$ استفاده گردید. که در آن A تراکم، N تعداد افراد در زیر نمونه مورد بررسی به حجم V_2 (برحسب میلی‌لیتر)، V_1 حجم دقیق نمونه اصلی (برحسب میلی‌لیتر) و V حجم آب فیلترشده در هر نوبت تورکشی برحسب مترمکعب بود. برای محاسبه میزان تنوع زیستی از روابط شاخص‌های تنوع سیمپسون (D)، شانون-وینر (H) و مارگالف (d) براساس روابط زیر استفاده شد (Omori and Ikeda, 1984).

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

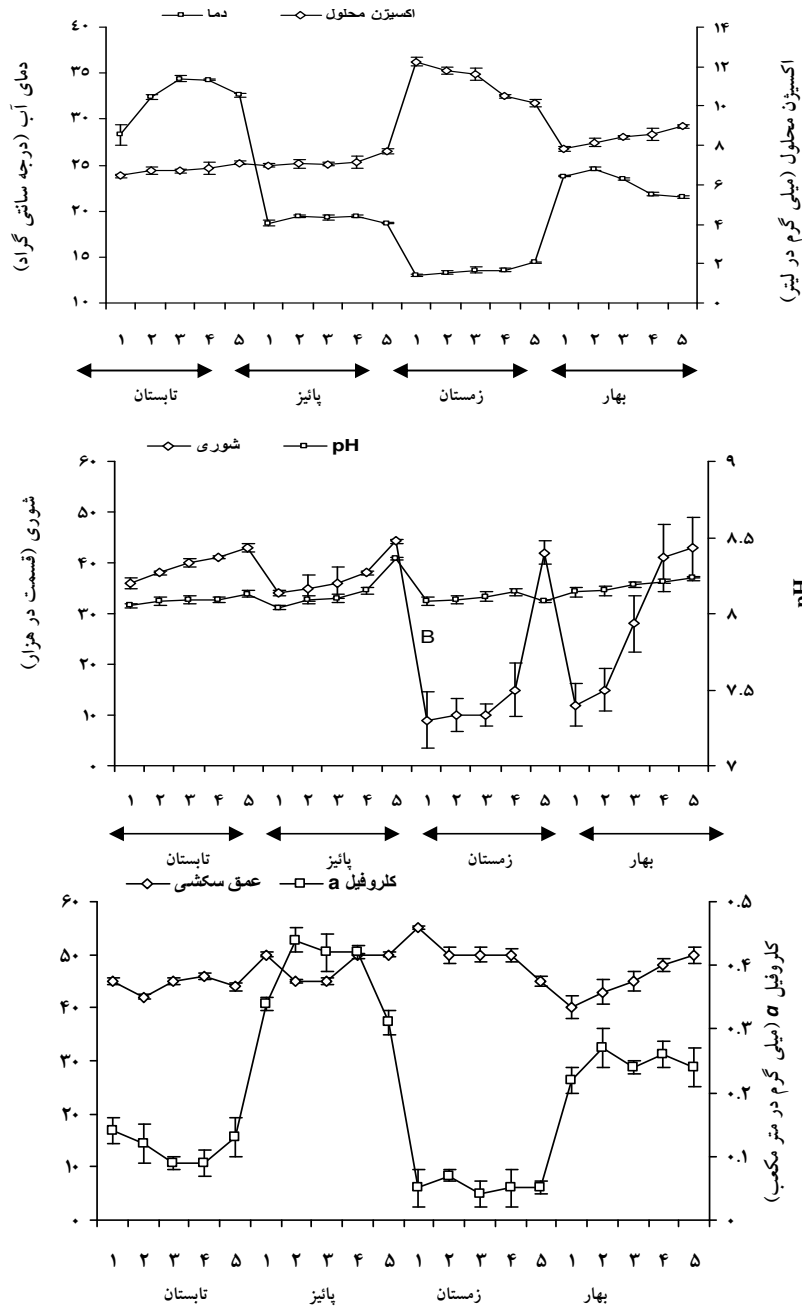
$$H = -\sum_{i=1}^S (P_i)(\ln P_i)$$

$$d = S - 1/\ln N$$

که در این روابط P_i فراوانی نسبی i امین تاکسون در جامعه، S تعداد کل تاکسون در جامعه و N تعداد کل افراد می‌باشد. همچنین برای محاسبه میزان شباهت بین فصول مختلف از شاخص‌های جاکارد و سورنسن براساس روابط زیر استفاده شد (Omori and Ikeda, 1984).

$$S_{sorensen} = 2a/(2a+b+c) \quad S_{jaccard} = a/(a+b+c)$$

که در این روابط a دفعات حضور تاکسون هم در نمونه i و هم در نمونه j ، b دفعات حضور تاکسون فقط در نمونه i ، c دفعات حضور تاکسون فقط در نمونه j .



ایستگاه‌های نمونه‌برداری و فصل

نمودار ۲ میانگین (± خطای استاندارد) برخی شاخص‌های کیفی آب در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نمونه‌برداری در مصب رودخانه حله بوشهر، خلیج فارس ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ایستگاه‌های نمونه برداری در این تحقیق

Echinopluteus کمترین حضور را در فصول مختلف نمونه برداری داشتند. از پلانکتون‌های دائم شناسایی شده، فراوانترین آن‌ها پاروپای جنس *Acartia* و ناپلیوس پاروپایان بود.

در این تحقیق، آرایه یا جنس‌هایی از سخت‌پوستان زئوپلانکتونی (جدول ۲) و همچنین آرایه‌هایی از زئوپلانکتون‌های غیرسخت‌پوست (جدول ۳) شناسایی گردید. شاخه بندپایان بیشترین حضور و شاخه‌های نماتودها (*Pratylenchus*)، روتیفرها (*Brachionus*) و

جدول ۲ مقایسه حضور (+) و عدم حضور (-) سخت‌پوستان زئوپلانکتونی مصب حله در فصول مختلف نمونه برداری ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ایستگاه‌های نمونه برداری در این تحقیق

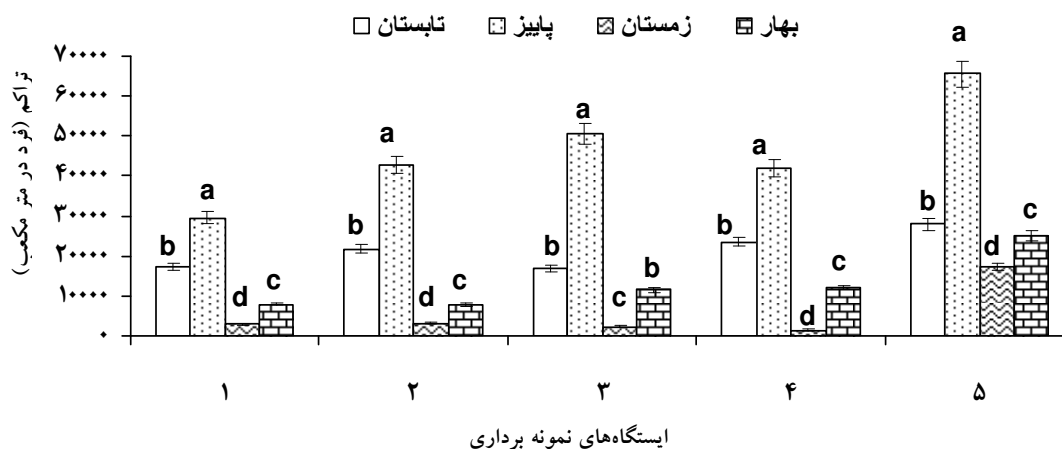
| زئوپلانکتون‌ها | تابستان ۱۳۹۰ | | | | | پاییز ۱۳۹۰ | | | | | زمستان ۱۳۹۰ | | | | | بهار ۱۳۹۱ | | | | |
|---------------------|--------------|---|---|---|---|------------|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
| <i>Acartia</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| <i>Paracalanus</i> | + | + | + | + | + | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + |
| <i>Labidocera</i> | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| <i>Temora</i> | + | + | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Oithona</i> | + | + | + | + | + | + | - | + | + | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + | + |
| <i>Oncaea</i> | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - | + | + | + |
| <i>Corycaeus</i> | + | - | - | + | - | + | + | + | + | + | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Euterpina</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | + |
| <i>Microsetella</i> | - | - | + | + | - | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + |
| <i>Macrosetella</i> | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| Copepodid | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | + | - | + | - | + |
| Cope. nauplii | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Ostracoda | - | + | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + | - | - | + | + | + | + | + | + |
| Cumacea | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| Crab zoea | - | + | - | - | - | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | + | - | + | - | + |
| Barnacle larvae | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | + | - | - | + | + |
| Amphipoda | - | + | + | - | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| Isopoda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |

جدول ۳ مقایسه حضور (+) و عدم حضور (-) زئوپلانکتون‌های غیرسخت‌پوست مصب حله در فصول مختلف نمونه‌برداری ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ایستگاه‌های نمونه‌برداری در این تحقیق

| زئوپلانکتون‌ها | تابستان ۱۳۹۰ | | | | | پاییز ۱۳۹۰ | | | | | زمستان ۱۳۹۰ | | | | | بهار ۱۳۹۱ | | | | |
|------------------------|--------------|---|---|---|---|------------|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
| <i>Polychaete</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| <i>Brachionus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - | + |
| <i>Fish larvae</i> | + | - | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | + |
| <i>Oikopleura</i> | - | + | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - | + | - | - | + | + | + |
| <i>Siphonophora</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - | + | - | + |
| <i>Actinula larvae</i> | - | + | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Boliopsis</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Echinopluteus</i> | - | + | + | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Bivalve larvae</i> | - | + | + | + | - | + | - | - | - | + | - | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| <i>Gasteropoda</i> | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| <i>Pratylenchus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Discorbis</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Tintinnopsis</i> | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + | - | - | - | - | - | + | - | - | + | + |

مترمکعب در زمستان و $۳۳/۸ \pm ۷۹۸۲/۹$ ، $۳۳/۱ \pm ۱۰۶/۸$ و $۱۲۰۷۵/۸ \pm ۵۱/۲$ ، $۱۱۵۵۲ \pm ۴۹/۱$ ، $۷۸۰۱/۶$ ، $۲۵۱۸۱/۷ \pm$ فرد بر مترمکعب در بهار به دست آمد. ایستگاه ۵ (در دهانه مصب) بیشترین میزان تراکم زئوپلانکتونی را در تمام فصول داشت. میانگین بیشترین تراکم (در دهانه مصب) در پاییز و کم‌ترین تراکم (در زمستان) $۵۳۸۸/۴$ فرد بر مترمکعب) بود (نمودار ۳).

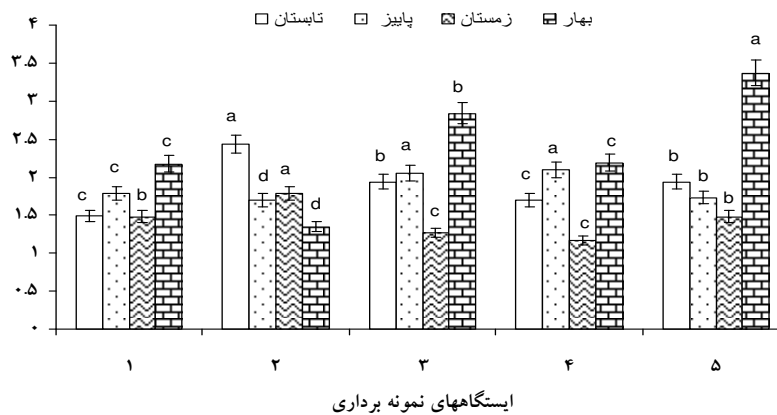
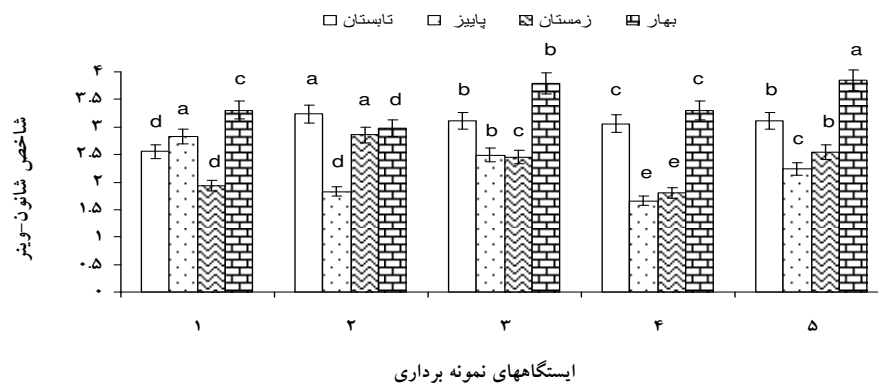
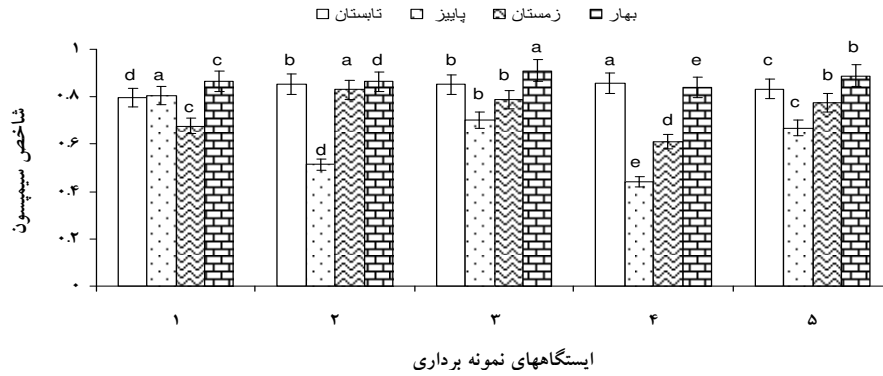
میزان تراکم زئوپلانکتونی مصب رودخانه حله در نمودار ۳ ارائه شده است. تراکم ایستگاه ۱ تا ۵ به ترتیب $۷۲/۶ \pm ۱۷۱۱۰/۸$ ، $۹۱/۸ \pm ۲۱۶۵۴/۲$ ، $۷۱/۶ \pm ۲۷۸۸۰/۸$ ، $۹۹/۸ \pm ۲۳۵۴۳/۳$ و $۱۱۸/۲ \pm ۲۷۸۸۰/۸$ فرد بر مترمکعب در تابستان، $۱۲۵/۵ \pm ۲۹۵۷۸/۸$ ، $۱۸۰/۸ \pm ۴۲۶۴۱/۴$ ، $۲۱۴/۴ \pm ۵۰۵۴۸/۳$ و $۱۷۸/۱ \pm ۴۱۹۷۹/۶$ و $۲۷۷/۹ \pm ۶۵۵۱۱/۴$ فرد بر مترمکعب در پاییز، $۱۲/۳ \pm ۲۸۸۹/۲$ ، $۱۳/۴ \pm ۳۱۵۷/۲$ و $۹/۸ \pm ۲۳۰۹/۴$ ، $۶/۲ \pm ۱۴۷۲/۲$ و $۷۲/۶ \pm ۱۷۱۱۳/۹$ فرد بر



نمودار ۳ میانگین (\pm خطای استاندارد) تراکم زئوپلانکتون در ایستگاه‌ها و فصول مختلف در رودخانه حله، بوشهر. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ایستگاه نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار است ($P > 0.05$)، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ایستگاه‌های نمونه‌برداری در این تحقیق

نشان داد که میزان تراکم و تنوع در بین ایستگاه‌ها و فصول نمونه‌برداری اختلاف معناداری وجود دارد و تغییرات فصلی تأثیر معناداری بر میزان تراکم و تنوع زئوپلانکتون دارد (جدول ۴ و نمودار ۴، $P < 0.05$). میزان شباهت براساس شاخص‌های جاکارد و سورنسن بین فصول نمونه‌برداری بر مبنای فراوانی حضور و عدم حضور زئوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌ها و فصول مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد که شباهت فصول براساس شاخص‌های جاکارد و سورنسن به ترتیب ۰/۶۱ و ۰/۷۶ در فصول تابستان-پاییز و همچنین ۰/۵۶ و ۰/۷۲ در فصول پاییز-بهار بیشترین بود؛ در حالی که این مقادیر از شباهت به ترتیب در زمستان - پاییز ۰/۲۷ و ۰/۴۳ و در بهار - زمستان ۰/۳۰ و ۰/۴۷ در کمترین میزان بود (جدول ۵).

میزان تنوع زیستی جوامع زئوپلانکتونی مصب حله در شکل ۴ ارائه شده است. میانگین (\pm خطای استاندارد) شاخص‌های سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف به ترتیب 0.10 ± 0.08 ، 0.20 ± 0.03 و 0.10 ± 0.01 در تابستان، 0.06 ± 0.03 ، 0.20 ± 0.02 و 0.08 ± 0.01 در پاییز، 0.04 ± 0.03 ، 0.10 ± 0.02 و 0.10 ± 0.01 در زمستان، 0.01 ± 0.01 ، 0.30 ± 0.04 و 0.30 ± 0.03 در بهار محاسبه شد. بیشترین تنوع زئوپلانکتون در تابستان در ایستگاه ۲ (واقع در رودخانه) (با مقادیر ۰/۸۵، ۳/۲۴ و ۲/۴۴)، در پاییز در ایستگاه ۱ (واقع در رودخانه) (با مقادیر ۰/۸۰، ۲/۸۲ و ۱/۷۸)، در زمستان در ایستگاه ۱ (واقع در رودخانه) (با مقادیر ۰/۸۳، ۲/۸۶ و ۱/۷۸) و در بهار در ایستگاه ۵ (واقع در دهانه مصب) (با مقادیر ۰/۸۹، ۳/۸۴ و ۳/۳۷) به دست آمد. بررسی آنالیز واریانس یک‌طرفه



نمودار ۴ میانگین (\pm خطای استاندارد) شاخص‌های تنوع سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف ژئوپلانکتون‌های محاسبه شده در ایستگاه‌های مختلف و مقایسه فصلی آن‌ها در مصب حله، بوشهر (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ایستگاه‌های نمونه‌برداری در این تحقیق) میانگین‌های با حروف مشابه نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار است ($P > 0.05$)

همبستگی برخی مشخصه‌های کیفی آب با زئوپلانکتون‌ها در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین تراکم زئوپلانکتون‌ها با شوری ($P < 0/01$) و $r = 0/68$ ، اکسیژن محلول ($P < 0/01$ و $r = -0/59$) و همبستگی برخی مشخصه‌های کیفی آب با زئوپلانکتون‌ها در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین تراکم زئوپلانکتون‌ها با شوری ($P < 0/01$) و $r = 0/68$ ، اکسیژن محلول ($P < 0/01$ و $r = -0/59$) و همبستگی معناداری وجود دارد (جدول ۶).

جدول ۴ میانگین تراکم (فرد بر مترمکعب) و شاخص‌های تنوع سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف در مصب حله، داده‌ها نشان‌دهنده میانگین \pm خطای استاندارد. حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده نبود اختلاف معنادار است ($P > 0/05$)

| شاخص | تابستان | پاییز | زمستان | بهار |
|-----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|
| تراکم | $21413/8 \pm 20663^b$ | $46051/9 \pm 5909/5^a$ | $5388/3 \pm 2945/5^c$ | $12198/8 \pm 3189/8^{ac}$ |
| تنوع سیمپسون | $0/84 \pm 0/10^{ab}$ | $0/63 \pm 0/06^c$ | $0/73 \pm 0/04^{bc}$ | $0/87 \pm 0/01^a$ |
| تنوع شانون-وینر | $3/01 \pm 0/20^a$ | $2/2 \pm 0/20^b$ | $2/22 \pm 0/10^b$ | $3/44 \pm 0/30^a$ |
| تنوع مارگالف | $1/89 \pm 0/10^{bc}$ | $1/87 \pm 0/08^{bc}$ | $1/43 \pm 0/10^c$ | $2/38 \pm 0/30^a$ |

جدول ۵ میزان شباهت فصلی جامعه زئوپلانکتونی مورد مطالعه با استفاده از شاخص‌های جاکارد و سورنسن در مصب حله بوشهر، خلیج فارس

| فصول سال | شاخص شباهت | تابستان | پاییز | زمستان | بهار |
|----------|------------|---------|-------|--------|------|
| تابستان | جاکارد | ۱ | | | |
| | سورنسن | ۱ | | | |
| پاییز | جاکارد | 0/61 | ۱ | | |
| | سورنسن | 0/76 | ۱ | | |
| زمستان | جاکارد | 0/34 | 0/27 | ۱ | |
| | سورنسن | 0/51 | 0/43 | ۱ | |
| بهار | جاکارد | 0/55 | 0/56 | 0/3 | ۱ |
| | سورنسن | 0/71 | 0/72 | 0/47 | ۱ |

جدول ۶ ضریب همبستگی پیرسون برخی خصوصیات آب با تراکم، تنوع سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف زئوپلانکتونی در مصب حله بوشهر، خلیج فارس. تعداد داده ها مورد استفاده در آنالیز=۶۰

| مارگالف | شانون | سیمپسون | تراکم | | |
|---------|---------|---------|----------|--------------|----------------------------------|
| ۰/۳۹ | ۰/۱۸۶ | -۰/۰۱۶ | ۰/۶۷۷** | همبستگی | شوری |
| (۰/۰۹) | (۰/۴۳۳) | (۰/۹۴۶) | (۰/۰۰۱) | سطح معنی دار | (قسمت در هزار) |
| -۰/۲۷۱ | -۰/۱۹۶ | -۰/۰۱۵ | -۰/۵۸۹** | همبستگی | اکسیژن |
| (۰/۲۴۷) | (۰/۴۰۸) | (۰/۹۴۹) | (۰/۰۰۶) | سطح معنی دار | (میلی گرم در لیتر) |
| ۰/۵۳۲* | ۰/۳۳۱ | ۰/۰۸۸ | ۰/۱۲۱ | همبستگی | pH |
| (۰/۰۱۶) | (۰/۱۵۳) | (۰/۷۱۴) | (۰/۶۱۲) | سطح معنی دار | |
| ۰/۲۸۶ | ۰/۵۱۳* | ۰/۴۴۵* | ۰/۱۱۳ | همبستگی | دما |
| (۰/۲۲۱) | (۰/۰۲۱) | (۰/۰۴۹) | (۰/۶۳۴) | سطح معنی دار | (سانتی گراد) |
| -۰/۱۵۷ | -۰/۴۳۳ | -۰/۳۷۹ | -۰/۲۴ | همبستگی | عمق سکشی |
| (۰/۵۰۸) | (۰/۰۵۷) | (۰/۰۹۹) | (۰/۹۲۱) | سطح معنی دار | (سانتی متر) |
| ۰/۳۰۶ | -۰/۱۳۳ | -۰/۴۱۵ | ۰/۷۰۸** | همبستگی | کلروفیل a (میلی-گرم در متر مکعب) |
| (۰/۳۰۶) | (۰/۵۷۶) | (۰/۶۹۰) | (۰/۰۰۰) | سطح معنی دار | |

*: اختلاف معنادار در سطح ۰/۰۵ **: اختلاف معنادار در سطح ۰/۰۱

بحث

(ایستگاه ۵) بیشترین میزان تراکم زئوپلانکتونی را دارد. کاهش تنوع جامعه زئوپلانکتونی در فصل زمستان به لحاظ غالب شدن جنس *Corycaeus* و مراحل کپه پودید پاروپایان (جدول ۲) و همچنین لاروهایی از *Bivalve* و *Gastropoda* و همچنین *Pratylenchus* از زئوپلانکتون-های موقت و غیرسخت پوست (جدول ۳) است.

یکی از شاخص‌های بارز در مصب‌ها تغییرات زیاد شوری است. در یک مصب همواره تغییرات شوری وجود دارد که تابع فصل، توپوگرافی مصب، جزر و مد، مقدار دبی آب شیرین و تبخیر است و باید اذعان کرد که شوری آب‌های مصبی مهم‌ترین عامل محیطی کیفیت آب بوده که همواره نوسان دارد (Castro and Huber, 2000; Kennish, 2000). شوری مصب رودخانه حله دامنه‌ای از ۱۷/۲ تا ۳۹/۶ قسمت در هزار داشت و با تراکم زئوپلانکتون‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری را نشان داد.

در این پژوهش میزان تنوع فصلی به دست آمده با استفاده از شاخص‌های سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف در بهار بیشترین و در زمستان کم‌ترین را داشت. بیشترین تنوع در محل دهانه مصب حله در بهار (ایستگاه ۵) به دست آمد. بالاترین تعداد گونه‌ها در آب‌های شورتر وجود دارد و با کاهش شوری تنوع گونه‌ای در مصب‌ها کاهش می‌یابد (Mann, 2000). در زمستان ورود آب‌های با دما و میزان شوری پایین‌تر از بالادست مصب به علت فصل سرد منطقه و همچنین بارندگی در حوضه رودخانه حله از یک طرف و کاهش کلروفیل a به دلیل کاهش تراکم و ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها و گل‌آلودگی آب از سوی دیگر تماماً سبب گردید تا تنوع و همچنین فراوانی کاهش یابد. مقایسه ایستگاه‌ها و فصول مختلف نشان داد که دهانه مصب

علاوه بر این، شوری آب مصب حله در تنوع جامعه زئوپلانکتونی این مصب نقش اساسی دارد همانگونه که توسط Nasser و همکاران (۱۹۹۸) در مورد مصب Minicoy بیان شده است. دامنه محدود تغییرات شوری در دهانه مصب حله (ایستگاه ۵) موجب شد که بیشترین میزان تنوع زئوپلانکتونی همواره در دهانه مصب باشد.

تراکم زئوپلانکتون‌ها در فصل پاییز و تابستان در مقایسه با سایر فصول بیشتر بود. علت را می‌توان عمدتاً به افزایش قابل توجه میزان کلروفیل a و همچنین شوری آب نسبت داد. تراکم فصلی زئوپلانکتون همبستگی منفی تقریباً متوسطی را با اکسیژن محلول آب نشان داد. چنین همبستگی با اکسیژن آب در یک مصب را می‌توان تا حدودی به فراوانی بالای زئوپلانکتون‌ها نسبت داد که باعث مصرف اکسیژن آب می‌شود و توازن اکسیژنی مصب را تغییر می‌دهد (Zheng et al., 2004). کاهش و نوسان در اکسیژن محلول باعث کاهش تنوع زیستی زئوپلانکتون‌ها می‌شود و جلبک‌های سمی و ناخواسته با یک تأخیر زمانی در مصب شکوفا می‌شوند (Pearl, 1988; Ambrose et al., 1993; Howarth et al., 2000; Chen, 2003).

دما در مصب حله نیز با تنوع زئوپلانکتون براساس سیمپسون و شانون-وینر همبستگی مثبتی داشت. اگرچه کارهای تحقیقی همچون Shanmugam و همکاران (۱۹۸۶)، Mishra و Madhupratap (۱۹۸۷) و Panigrahy (۱۹۹۹) گزارش دادند که دمای آب در مصب اثر ویژه‌ای بر ترکیب و فراوانی جوامع زئوپلانکتون‌های گرمسیری ندارد، با این حال Goswami در سال ۱۹۸۳، Osore در سال ۱۹۹۲، Lopes در سال ۱۹۹۴، Nasser و همکاران در سال ۱۹۹۸ بیان کردند که دما عامل مؤثر بر فراوانی و پراکنش جمعیت‌های زئوپلانکتونی در مصب‌هاست. دمای آب نواحی مصبی نسبت به آب‌های

ساحلی اطراف متغیرتر است. این نوسان تا حدودی ناشی از حجم کم آب در دهانه، سطح گسترده و ورود آب شیرین است. Day و همکاران (۱۹۸۹) سه عامل کنترل-کننده اساسی پراکنش زئوپلانکتون‌ها در اکوسیستم‌های مصبی را دما، قابلیت دسترسی به غذا و شکار بیان کردند. علاوه بر این، Lansac-Toha و همکاران (۱۹۹۵) تنوع زئوپلانکتون‌ها را تابع عوامل مختلف محیطی، فیزیکی و شیمیایی همچون نور، الگوهای دمایی و حرارتی، شفافیت و غلظت اکسیژن آب محلول معرفی کردند.

یکی دیگر از عوامل مهم تأثیرگذار بر تنوع زئوپلانکتون‌ها در مناطق مصبی عمق شفافیت آب (کدورت آب) است. در مصب حله عمق سکشی در تابستان کمترین و در سایر فصول بیشتر بود. علت کدورت بالای آب در تابستان ناشی از رشد گروه‌های مختلف فیتوپلانکتون‌ها و تا حدودی نیز از کاهش عمق آب (جدول ۱) و معلق شدن ذرات رس و سیلت در مناطق نمونه‌برداری می‌باشد. معمولاً کدورت در نزدیک دهانه مصب که محل ورود جریان آب دریاست، کمتر است و هرچه به سمت بخش داخلی پیش می‌رویم بر مقدار آن افزوده می‌شود. کاهش نفوذ نور مهم‌ترین اثر زیست محیطی کدورت است، این کدورت موجب کاهش فتوسنتز فیتوپلانکتون‌ها و گیاهان کفزی می‌شود، در نتیجه از میزان باروری آب می‌کاهد. بنابراین کدورت تا حدودی از میزان کلروفیل a را در فصل تابستان کاهش می‌دهد و باعث کاهش تنوع زئوپلانکتونی در مقایسه با فصل بهار می‌شود (Nair et al., 1981).

در این مطالعه دامنه pH در مصب حله تغییرات قابل ملاحظه‌ای نشان نداد و تنها با تنوع مارگالف همبستگی پایین نشان داد. با توجه با اینکه حوضه رودخانه حله دارای خاک‌های آبرفتی و قلیایی است. بنابراین قابل انتظار

Documentation, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia, 210 p.

Arvin, P. L. 1977. Introduction to the common marine zooplankton of Peninsular Malaysia. Occasional Publication, Division of Fisheries and Marine Science, University Pertanian Malaysia, Serdang, 23 p.

Barnes, R., Hughes, R. 1999. An Introduction of Marine Science Ecology. Third Edition. Malden, MA: Blackwell Science, Inc. pp. 117-141.

Calbet, A., Garrido, S., Saiz, E., Alcaraz, M., Duarte, C. M. 2001. Annual zooplankton succession in coastal NW Mediterranean waters: the importance of the smaller size fractions. *Journal of plankton research*, 23: 319-331.

Carlsson, P., Graneli, E., Tester, P., Boni, L. 1995. Influences of riverine humic substances on bacteria, protozoa, phytoplankton, and copepods in coastal plankton community. *Marine ecology progresses Series*, 127: 213-221.

Castro, P., Huber, M. E. 2000. Marine Biology. 3rd Edition. McGraw Hill, 444 p.

Cearreta, A., Irabien, M. J., Leorri, E., Yusta, I., Croudace, I. W., Cundy, A. B. 2000. Recent anthropogenic impacts on the Bilbao Estuary, northern Spain: geochemical and microfaunal evidence. *Estuarine, coastal and shelf science*, 50: 571-592.

Chen, C. 2003. Marine ecosystem dynamics and modeling. New Frontier of Science. Higher Education Press of China, 404 p.

Chiba, S., Saino, T. 2003. Variation in mesozooplankton community structure in the Japan/East Sea (1991-1999) with possible influence of the ENSO scale climatic variability. *Progress in oceanography*, 57: 317-339.

Chihara, M. and Murano, M. 1997. An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan. Tokai University Press. Japan, 1574 p.

Dalal, S. G. and Goswami, S. C. 2001. Temporal and ephemeral variations in copepods community in the estuaries of Mandavi and Zuari-west coast of India. *Journal of plankton research*, 23: 19-26.

است که pH آب قلیایی باشد. pH قلیایی سبب می‌شود تا ترکیبات کربن‌دار محلول به صورت کربنات و بیکربنات کلسیم در تولید اولیه فتوسنتزی و افزایش کلروفیل *a* مورد مصرف قرار گیرند (Day et al., 1989).

بیشترین میزان شباهت جوامع زئوپلانکتونی مصب حله در فصول تابستان و پاییز بود؛ در حالی که در فصول پاییز و زمستان کم‌ترین بود. چنین شرایطی را می‌توان ناشی از تأثیر شرایط محیطی، تغذیه‌ای و تولیدمثلی در حدود بردباری زئوپلانکتون‌های موجود در فصول مختلف دانست. در این خصوص مطالعات بیشتری توصیه می‌شود.

از آنجاکه مصب حله دارای لارو ماهیان متنوعی است (Rabbanih, 2003; Noorinezhad, 2006) لذا مصب حله منبع بسیار مفید غذایی برای لارو ماهیان می‌باشد. تنوع زئوپلانکتون و فراوانی آنها می‌تواند به بقای مناسب‌تر لارو ماهیان منتهی شود و در حفاظت از تنوع زیستی ماهیان و حفظ پایداری حیات مصب رودخانه حله نقش مهمی را ایفا کند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشکده منابع طبیعی، معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه صنعتی اصفهان که موجبات انجام این تحقیق را فراهم کردند، کمال سپاسگزاری را می‌نمایند. از مسئولین پژوهشکده میگوی کشور و مرکز مطالعات خلیج فارس به لحاظ همکاری‌های ارزنده در مراحل نمونه‌برداری تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

Ambrose, R. B., Wool, T. A., Martin, J. L. 1993. The water quality analysis simulation program, WASP5, Part A: Model

1995. Vertical distribution of some planktonic crustaceans in a "Varzea" Lake (Lake Pousadadas Garcas) of the floodplain of High River Parana, MS, Brazil. *International journal of ecology and environmental Sciences*, 21: 67-78.
- Lopes, R. M. 1994. Zooplankton distribution in the Guarau River estuary (South-Eastern Brazil). *Estuarine, coastal and shelf science*, 39: 287-302.
- Madhupratap, M. 1987. Status and Strategy of zooplankton of tropical Indian estuaries: A review. *Bulletin of plankton society of japan*, 34: 65-81.
- Mann, K. H. 2000. Ecology of coastal waters: with implications and management. 2nd Edition; Blackwell Science Publishers, USA, 432 p.
- Marques, S. C., Azeiteiro, U. M., Martinho, F., Pardal, M. A. 2007a. Climate variability and planktonic communities: the effect of an extreme event (severe drought) in a southern European estuary. *Estuarine, coastal and shelf science*, 73: 725-734.
- Marques, S. C., Pardal, M. A., Pereira, M. J., Goncalves, F., Marques, J. C., Azeiteiro, U. M. 2007b. Zooplankton distribution and dynamics in a temperate shallow estuary. *Hydrobiologia*, 587: 213-223.
- Mishra, S. and Panigrahy, R. C. 1999. Zooplankton ecology of the Bahuda estuary (Orissa). East Coast of India. *Indian journal of marine science*, 28: 297-301.
- Molinero, J. C., Ibanez, F., Nival P., Buecher, I., Souissi, S. 2005. North Atlantic climate and north-western Mediterranean plankton variability. *Limnology and oceanography*, 50: 1213-1220.
- Monchenko, V. I. 1974. Cyclopidae. Fauna Ukrainii, 27: 1-452.
- Nair, V. R., Gajbhiye, S. N., Ram, M. J., Desai, B. N. 1981. Biomass and composition of zooplankton in Auranga, Ambika, Purna & Mindola Estuaries of South Gujarat. *Indian journal of marine science*, 27: 346-360.
- Nasser, A. K. V., Siraimetan, P., Aboobakr, P. M. 1998. Zooplankton abundance and distribution at Minicoy lagoon, Lakshadweep. David, V., Sautour, B., Chardy, P., Leconte, M. 2005. Long-term changes of the zooplankton variability in a turbid environment: the Gironde estuary (France). *Estuarine, coastal and shelf science*, 64: 171-184.
- Day, J. W., Hall, C. A. S., Kemp, W. M., Yanez-Arancibia, A. 1989. Estuarine Ecology. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons Ltd, New York, 558 p.
- Elliott, M., Mc Lusky, D. S. 2002. The need for definition in understanding estuaries. *Estuarine, coastal and shelf science*, 55: 815-827.
- Elliott, M., De Jong, V. N. 2002. The management of nutrients and potential eutrophication in estuaries and other restricted water bodies. *Hydrobiologia*, 475/476: 513-524.
- Froneman, P. W. 2004. Zooplankton community structure and biomass in a South African temporarily open/closed estuary. *Estuarine, coastal and shelf science*, 60: 125-132.
- Goswami, C. S. 1983. Production and zooplankton community structure in the lagoon & surrounding sea at Kavaratti Atoll (Lakshadweep). *Indian journal of marine science*, 12: 31-35.
- Grice, G. D., Gibson, V. R. 1978. General biological oceanographic data from the Persian Gulf and Gulf of Oman. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, 39 p.
- Grindley, J. R. 1981. Estuarine Plankton. In Estuarine Ecology with particular reference to South Africa, Edited by Day, J. H. and Balkema, A. A., Rotterdam. pp. 117-146,
- Howarth, R., Swaney, D., Bulter, T., Marino, R. 2000. Climatic control on eutrophication of the Hudson River estuary. *Ecosystems*, 3: 210-215.
- Kennish, M. J. 2000. Practical Handbook of Marine Science. 3rd Edition. CRC Press, Florida, 876 p.
- Krebs, C. J. 2001. Programs for Ecological Methodology, 2nd Edition.
- Lansac-Toha, F. A., Thomaz, S. M., Lima, A.F., Roberto, M. D. C., Garcia, A. P. P.

- Siapatis, A., Giannoulaki, M., Valavanis, V. D., Palialexis, A., Schismenou, E., Machias, A., Somarakis, S. 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. *Hydrobiologia*, 612: 281-295.
- Smith, D. and Johnson, K. B. 1996. A Guide to Marine Coastal Plankton. Kendall-Hunt Publishing Company, 250 p.
- Tan, Y., Huang, L., Chen, Q. C., Huang, X. 2004. Seasonal variation in zooplankton composition and grazing impact on phytoplankton standing stock in the Pearl River Estuary, China. *Continental shelf research*, 24: 1949-1968.
- Thor, P., Nielson, T. G., Tiselius, P., Juul-Pederson, T., Michel, C., Moller, E.F. 2005. Post-spring bloom community structure of pelagic copepods in the Disko Bay, Western Greenland. *Journal of plankton research*, 27: 341-356.
- Todd, C. D., and Laverack, M. S. 1991. Coastal marine zooplankton: a practical manual for students, Cambridge University Press, 106 p.
- Valdes, L., Lopez-Urrutia, A., Cabal, J., Alvarez, M., Bode, A., Miranda, A., Cabanas, M., Huskin, I., Anadon, R., Alvarez-Marques, F., Llope, M., Rodriguez, N. 2007. A decade of sampling in the Bay of Biscay: what are the zooplankton time series telling us? *Progress in oceanography*, 74: 98-114.
- Waniek, J. J. 2003. The role of physical forcing in initiation of spring blooms in the northeast Atlantic. *Journal of marine system*, 39: 57-82.
- Waniek, J. J., Holiday, N. P., Davidson, R., Brown, L., Henson, S. A. 2005. Freshwater control of onset and species composition of Greenland shelf spring bloom. *Marine Ecology progresses series*, 288: 45-57.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis, 2nd edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New York, USA, 718 p.
- Zheng, L., Chen, C., Zhang, F. Y. 2004. Development of water quality model in Satilla Estuary, Georgia. *Ecological modeling*, 178: 457-482.
- Indian journal of marine science*, 27: 346-360.
- Noorinezhad, M., Owfi, F., Omid, S., Eslami, F., Ansari, F., Mohammadnezhad, J., Alboosharif, A., Haghshenas, A., Rabbaniha, M. 2006. A study on the diversity and abundance of Ichthyoplankton in coastal waters of the Kharg and Dylam (Persian Gulf). Ministry of Jihad – e- Agriculture Research and Education Organization. 130 p.
- Omori, M., Ikeda, T. 1984. Methods in Zooplankton Ecology. John Wiley & Sons, New York, 332 p.
- Osore, M. K. W. 1992. A note on the zooplankton distribution and diversity in a tropical mangrove creek system, Gazi, Kenya. *Hydrobiologia*, 247: 119-120.
- Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, Oxford, 173 p.
- Pearl, H. W. 1988. Nuisance phytoplankton blooms in coastal estuarine and inland waters. *Limnology and Oceanography*, 33: 823-847.
- Rabbanih, M., Sayfabadi, J., Sharifpour, E., Owfi, F. 2003. Abundance and diversity of fish larvae in northern coasts of Bushehr province. *Journal of marine science and technology*, 4: 39-47.
- Rabbanih, M., Izadpanahi, G., Owfi, F., Mohsenizadeh, F. 2011. Plankton community assemblage in surface layers of Northern part of the Persian Gulf (Iran -Bushehr area), using by PCA. In: Proceeding of International Symposium on "Marine Ecosystems, Natural Products and their Bioactive Metabolites, 8 p.
- Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME). 2003. State of the marine environment report 2003, Kuwait, 217 p.
- Savari, A. 1982. Preliminary survey of plankton in Bushehr, Kangan, Iranian Shrimp Research Organization, Iran.
- Shanmugam, A., Kasinathan, R., Maruthamuthu, S. 1986. Biomass and composition of zooplankton from Pitchavaram mangroves, Southeast coast of India. *Indian journal of marine science*, 15: 111-113.

Biodiversity of zooplankton communities in Helleh river estuary, Bushehr, Persian Gulf

Mojtaba Pouladi¹, Omidvar Farhadian^{2*}, Amir Vaziri Zade³ and Mohsen Nouri Nezhad⁴

1- M.Sc. of Aquatic Ecology, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

2- Assitant Prof. of Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

3- Assitant Prof., Persian Gulf Research and Studies Center, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

4- Iranian Shrimp Research Centre, Bushehr, Iran

Received: 17.01.2013

Accepted: 09.06.2013

*Corresponding author: 0311-3913564, omfarhad@cc.iut.ac.ir, farhadyo@yahoo.com

Abstract: The zooplankton diversity of Helleh estuary, Busheher, Persian Gulf, and its relationship with some characteristics of water quality was investigated. Samples were taken using plankton net (mesh size of 140 μm) with vertical towing from 5 fixed-stations in mid-season from summer 2011 to spring 2012 for one year period. The mean ($\pm\text{SE}$) of biodiversity indices of Simpson, Shannon-Wiener, and Margalef were, respectively 0.84 ± 0.10 , 3.01 ± 0.20 , and 1.90 ± 0.10 in summer; 0.63 ± 0.06 , 2.20 ± 0.20 and 1.87 ± 0.08 in autumn; 0.73 ± 0.04 , 2.22 ± 0.10 and 1.43 ± 0.10 in winter; and 0.87 ± 0.01 , 3.44 ± 0.30 , and 2.38 ± 0.30 in spring. The seasonal zooplankton similarity based on Jaccard's and Sørensen's coefficients were highest (0.61 and 0.76) for summer-autumn, 0.56 and 0.72 for autumn-spring while these value were lowest for winter-autumn (0.27 and 0.43) and spring-winter (0.30 and 0.47). In addition, there were significant correlation between zooplankton density with salinity, dissolved oxygen and chlorophyll *a*, Simpson and Shannon-Wiener with temperature, and Margalef with pH.

Keywords: Zooplankton, Biodiversity, Helleh River estuary, Persian Gulf