

پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون در مصب رودخانه حله (خلیج فارس - ایران)

امیدوار فرهادیان^{*}، رویا صداقت، مجتبی پولادی و رامین شرفی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۰)

چکیده

مصب‌ها یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی با تولید بالا می‌باشند که به لحاظ بوم‌شناختی و اقتصادی اهمیت دارند. این مطالعه به منظور بررسی پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون در مصب رودخانه حله (بوشهر - خلیج فارس) انجام شد. نمونه‌ها در اواسط هر فصل از تابستان ۱۳۹۰ تا بهار ۱۳۹۱ برای یک دوره یک ساله گرفته شد. نتایج نشان داد که اکسیژن محلول آب، درجه حرارت، شوری، pH و عمق روئیت سکشی دیسک به ترتیب در دامنه ۶/۴۵-۱۲/۲۵ میلی‌گرم در لیتر، ۱۳-۳۴/۴ درجه سانتی‌گراد، ۹-۴۵ قسمت در هزار، ۸/۰۴-۸/۲۳ و ۴۰-۵۵ سانتی‌متر متفاوت بود. جامعه فیتوپلانکتون شامل Ochrophyta (۳ رده، ۱۷ خانواده و ۲۲ جنس)، Myzozoa (۱ رده، ۶ خانواده و ۸ جنس)، Cyanophyta (۱ رده، ۲ خانواده و ۲ جنس)، Chlorophyta (۲ رده، ۲ خانواده و ۲ جنس) و Haptophyta (۱ رده، ۱ خانواده و ۱ جنس) بود. تمام نمونه‌ها با Ochrophyta بخصوص رده Bacillariophyceae غالب بود. دامنه فراوانی فیتوپلانکتون‌ها ۱۳۵۳۳/۳-۲۲۶۶/۷، ۴۹۳۳/۳-۲۰۶۶/۷ و ۱۳۳۳/۳-۲۸۶۶۶/۷ سلول در لیتر به ترتیب در تابستان، پائیز، زمستان و بهار به دست آمد. هم‌چنین، رابطه هم‌بستگی معنی‌داری بین فراوانی فیتوپلانکتون با pH آب ($r=0.57$ و $P<0.01$) و شوری آب ($r=0.52$ و $P<0.05$) وجود دارد. این مطالعه نشان داد که Bacillariophyceae (دیاتومه‌ها) مهم‌ترین رده از فیتوپلانکتون در مصب حله هستند و هم‌چنین مهم‌ترین عوامل محیطی برای پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون pH و شوری آب مشخص گردید.

واژه‌های کلیدی: فیتوپلانکتون، فراوانی، پراکنش، مصب حله، خلیج فارس

۱. گروه شیلات، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: omfarhad@cc.iut.ac.ir

مقدمه

مصب‌ها، سیستم‌های پویا و پایداری هستند که به لحاظ تنوع‌زیستی و جغرافیایی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند. چگونگی تنوع‌پذیری مصب‌ها به‌وسیله پویایی بیولوژیکی جمعیت‌ها، به‌خصوص پلانکتون‌ها منعکس می‌گردد (۷ و ۳۸). محیط‌های مصبی به‌عنوان یک منطقه اکوتون بین اکوسیستم‌های آب شیرین و دریایی، تحت تاثیر هر دو اکوسیستم قرار می‌گیرند (۹، ۱۳ و ۱۴). جریان رودخانه و حرکت امواج جمعیت‌های گوناگونی را به سمت مصب‌ها می‌کشاند که بر پراکنش و فراوانی جوامع مصبی بسیار تاثیرگذار است (۱۴، ۱۶، ۳۹ و ۴۰). پراکنش جمعیت‌های پلانکتونی در مصب به‌عنوان یک منطقه اکوتون به‌وسیله عوامل زیستی و پارامترهای غیرزیستی تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد (۹ و ۱۴). علاوه بر این، توزیع مواد غذایی و گازهای محلول در مصب‌ها تحت کنترل چرخش‌ها، جریان‌ها و فرایندهای فیزیکی است که همواره سبب تغییرات زیست‌شناختی، رسوب‌شناسی و شیمیایی می‌شود. عملکردهای چنین فرایندهای در مصب‌های مختلف سبب شده که مصب‌ها خصوصیات نسبتاً متفاوت ظهور نمایند. بنابراین باید اذعان نمود که توزیع مواد غذایی و سایر خصوصیات آب در مصب‌ها تابع شرایط اقیانوس‌شناسی، ژئومورفولوژی و اقلیم‌شناسی است که به‌طور قابل ملاحظه‌ای برای مصب‌ها اختصاصی می‌باشد.

فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان یکی از اجزاء اولیه بیولوژیکی، در انتقال انرژی به ارگانیسم‌های واقع در سطوح بالای زنجیره‌های انرژی در اکوسیستم‌های آبی، مطرح می‌باشند (۳۳ و ۳۷). افزایش کمیت و کیفیت جوامع فیتوپلانکتونی و سایر ارگانیسم‌های وابسته به آنها همواره تحت تاثیر فعالیت‌های صنعتی و شهری سبب فشار و تغییرات زیادی بر زیستگاه‌های مصبی شده است. بررسی ساختار جوامع فیتوپلانکتونی به‌خصوص پراکنش و فراوانی آنها جهت ارزیابی کیفیت و تعیین درجه تولید اولیه و آلودگی آب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰، ۲۷ و ۳۵). به‌عبارت دیگر، فیتوپلانکتون‌ها برای

نظارت بر جنبه‌های معینی از محیط زیست از جمله وقایع هیدروگرافیکی، یوتریفیکاسیون، آلودگی، آمار و ارقام گرم شدن و مشکلات زیست محیطی به لحاظ تغییرات درازمدت بسیار مفید هستند (۲۵). فیتوپلانکتون‌ها در سطح آب‌ها به لحاظ سطح تروفی و تولید اولیه اهمیت دارند. به‌عبارت دیگر ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها از طریق توالی فصلی، تنوع‌زیستی، گونه‌های بیواندیکاتور، و شاخص‌های زیستی با تروفی آب مرتبط می‌شود (۴). با توجه به پیچیدگی حضور فیتوپلانکتون‌ها در هر محیط و روابط متفاوت این موجودات با گروه‌های زیستی دیگر، شناخت گروه‌های مختلف فیتوپلانکتونی بسیار اهمیت دارد.

مطالعات اکولوژیک فیتوپلانکتون به‌صورت موردی در مناطق مصبی در ایران به ندرت انجام شده است. با توجه به این که فیتوپلانکتون تاثیرات متنوعی بر تولید اولیه، ارتباطات تغذیه‌ای و رنگ و خصوصیات کیفی آب دارند لذا دستیابی به یک الگوی مناسب و قابل تعمیم برای مناطق مصبی با اندک اطلاعات موجود دشوار است. لذا ضرورت مطالعه پایه ای در این خصوص هم‌چنان در اولویت خواهد بود. در سال‌های اخیر در ایران مطالعات در خصوص پلانکتون‌ها در بخش‌هایی از حوزه خلیج فارس انجام گردیده است (۲، ۱۸، ۲۴، ۲۹ و ۳۱). ROPME در سال ۲۰۰۳ (۳۱) 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 که با حجم در حدود ۵/۲ کیلومتر مکعب در سال به خلیج فارس می‌ریزد. این رودخانه در منطقه مصبی خود دارای خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی گوناگون در فصول مختلف و هم‌چنین در مقاطع مختلف می‌باشد (۳۱). دشت حله عمدتاً از رسوبات ریزدانه از جنس سیلت و رس تشکیل شده (۳۰) که تا ورود رودخانه به خلیج فارس ادامه دارد (۳۱).

با توجه به این که برنامه‌های نظارت بر آب‌های شور بهتر است براساس شناسایی گروه‌های مختلف تاکسونومیکی باشد تا

نمونه برداری و اندازه گیری پارامترها

مشخصه‌های کیفی آب شامل دما، pH، اکسیژن محلول و عمق‌رویت در محل هر ایستگاه به‌ترتیب با استفاده از دماسنج جیوه‌ای، pH متر (دیجیتال Schottgerate، مدل ۶۶۶۲۲۱، ساخت آلمان)، اکسیژن متر (مدل Paqualab ELE، ساخت آلمان) و صفحه سکنشی اندازه‌گیری شد. در این مقاله میانگین پارامترهای موردنظر برای هر فصل گزارش شد (جدول ۲). نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون در اواسط هر فصل از تابستان ۱۳۹۰ (مرداد ماه) تا بهار ۱۳۹۱ (اردیبهشت ماه)، با نمونه‌برداری آب از عمق ۵/۰ متری از سطح آب با استفاده از نمونه‌بردار Von Dorn انجام شد و سپس با استفاده از لوگول ایودین (۱ میلی‌لیتر به ازاء هر ۲۰۰ میلی‌لیتر نمونه) مورد تثبیت قرار گرفت (۲۵).

شناسایی گونه‌های مختلف فیتوپلانکتونی با استفاده از کلیدهای شناسایی فیتوپلانکتون آب شور و لب شور انجام گرفت (۵، ۸، ۱۵، ۲۱ و ۴۲). شمارش فیتوپلانکتون موجود با استفاده از لام سدویک رفا (Sedgewick rafter) و با کمک میکروسکوپ وارونه (مدل CETI، ساخت بلژیک) با سه تکرار انجام گرفت. جهت محاسبه میزان فراوانی فیتوپلانکتون (D) موجود در هر نمونه از فرمول زیر استفاده گردید (۴).

$$D = (N \times 1000) / A \times d \times F$$

در این رابطه، D = فراوانی فیتوپلانکتون برحسب سلول در میلی‌لیتر، N = تعداد سلول‌های شمارش شده، A = سطح مربعات (میلی متر مربع)، d = عمق مربعات (عمق لام سدویک رفا) (میلی متر) و F = تعداد مربعات شمارش شده هستند.

آنالیزهای آماری

داده‌های به‌دست آمده ابتدا با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف بررسی گردید و پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، اختلاف معنی‌دار بین پارامترها در فصول ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) بررسی شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد (۴۱). ضریب هم‌بستگی

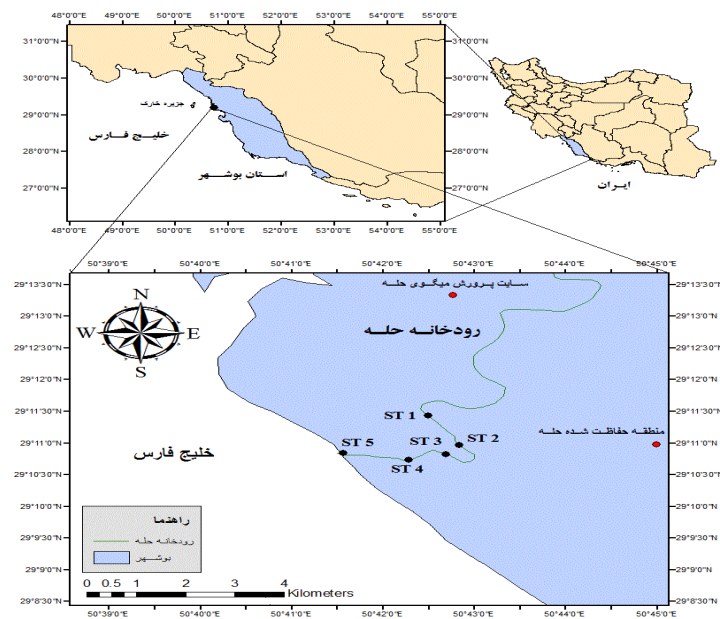
هزینه‌های برنامه‌های نظارتی برای مدیریت این آب‌ها کاهش یابد. لذا بررسی پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون در فصول مختلف سال اطلاعات کاربردی اکولوژیک و بیولوژیک را برای تعیین توان اکولوژیک و نظارت و مدیریت آبی این منابع اکولوژیک مشابه فراهم خواهد نمود. اگرچه در این پژوهش بررسی تغییرات ساختاری جامعه فیتوپلانکتون‌ها موردبررسی قرارگرفت اما ما گمان داریم که مدیریت و نظارت درازمدت این مصب می‌تواند براساس ساختار جامعه فیتوپلانکتونی، کیفیت آب و بررسی روند تغییرات پی‌درپی انجام شود. هدف از این بررسی، مطالعه بررسی ترکیب، فراوانی و پراکنش فیتوپلانکتون و ارتباط آن با پارامترهای کیفی آب مصب حله می‌باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند در مدیریت و حفاظت این اکوسیستم آبی مفید واقع گردد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

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 (شکل ۱). رودخانه حله از تلاقی رودخانه دالکی در دشت برازجان با رودخانه شاپور تشکیل شده و از مرز میان شبانکاره و زیارت عبور نموده و پس از طی مسیر ۵۴ کیلومتری در جنوب غربی برازجان به خلیج فارس می‌ریزد. مساحت حوضه این رودخانه ۱۰۳۵۰ کیلومتر مربع و دبی متوسط آن ۱۷۰ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. دشت حله عمدتاً از رسوبات ریزدانه از جنس سیلت و رس تشکیل شده که تا ورود رودخانه به خلیج فارس ادامه دارد.

در این تحقیق ۵ ایستگاه نمونه‌برداری در مصب رودخانه حله در نظر گرفته شد (شکل ۱، جدول ۱). در انتخاب ایستگاه‌ها تلاش گردید تا مناطق با گرادیان‌های زیست محیطی، پویایی اختلاط و گردش آب‌های شور و شیرین، جزر و مد، شدت جریان رودخانه ای و ژئومورفولوژی متفاوت در نظر گرفته شود.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری 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	بهار
۱	۲۹° ۱۰' ۲۲"	۵۰° ۴۰' ۳۸"	۰/۷۳	۰/۸۸	۰/۹۶	۰/۹۰
۲	۲۹° ۰۹' ۳۷"	۵۰° ۴۱' ۰۳"	۲/۱۴	۲/۳۰	۲/۳۸	۲/۲۴
۳	۲۹° ۰۹' ۳۶"	۵۰° ۴۰' ۳۲"	۲/۲۱	۲/۴۵	۲/۳۷	۲/۳۲
۴	۲۹° ۰۹' ۳۵"	۵۰° ۴۰' ۰۵"	۱/۶۲	۱/۸۰	۲/۰۲	۱/۹۶
۵	۲۹° ۰۸' ۳۹"	۵۰° ۳۸' ۵۴"	۲/۳۵	۲/۵۶	۲/۷۸	۲/۵۰

پیرسون بین پارامترها مورد محاسبه و سپس مورد آزمون آماری قرار گرفت. کلیه محاسبات آماری در نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام گردید (۲۶).

نتایج

میانگین فصلی دما و اکسیژن محلول به ترتیب ۳۲/۴ درجه سانتی گراد و ۶/۸ میلی گرم بر لیتر در تابستان، ۱۹/۲ درجه سانتی گراد و ۷/۱ میلی گرم بر لیتر در پاییز، ۱۳/۶ درجه سانتی گراد و ۱۱/۳ میلی گرم بر لیتر در زمستان، ۲۳/۰ درجه سانتی گراد و ۸/۴ میلی گرم بر لیتر در بهار بود. هم چنین میانگین

فصلی عمق رویت سکشی، شوری و pH به ترتیب ۴۴/۴ سانتی متر ۳۹/۶ قسمت در هزار و ۸/۱ در تابستان، ۴۸ سانتی متر، ۳۷/۶ قسمت در هزار و ۸/۱ در پاییز، ۵۰ سانتی متر، ۱۷/۲ قسمت در هزار و ۸/۱ در زمستان، ۴۵/۲ سانتی متر، ۲۷/۸ قسمت در هزار و ۸/۲ در بهار بود (جدول ۲).

در این مطالعه، ۵ شاخه از جوامع فیتوپلانکتونی شامل Chlorophyta، Cyanophyta، Myzozoa، Ochrophyta و Haptophyta شناسایی گردید (جدول ۳).

شاخه Ochrophyta بیشترین حضور و شاخه Haptophyta کمترین حضور را در فصول نمونه‌برداری در مصب حله را نشان

جدول ۲. میانگین (±خطای استاندارد) پارامترهای آب در رودخانه حله

پارامتر	تابستان ۱۳۹۰	پائیز ۱۳۹۰	زمستان ۱۳۹۰	بهار ۱۳۹۱
دما (°C)	۳۲/۴±۱/۱ ^d	۱۹/۲±۰/۱ ^b	۱۳/۶±۰/۲ ^a	۲۳/۰±۰/۵ ^c
اکسیژن محلول (mg/L)	۶/۸±۰/۱ ^a	۷/۱±۰/۱ ^a	۱۱/۳±۰/۳ ^c	۸/۴±۰/۱ ^b
عمق رویت سکشی (cm)	۴۴/۴±۰/۷ ^a	۴۸±۱/۲ ^a	۵۰±۱/۶ ^a	۴۵/۲±۱/۸ ^a
شوری (PPT)	۳۹/۶±۱/۲ ^b	۳۷/۶±۱/۹ ^b	۱۷/۲±۶/۳ ^a	۲۷/۸±۶/۴ ^{ab}
pH	۸/۱±۰/۰۱ ^a	۸/۱±۰/۰۳ ^{ab}	۸/۱±۰/۰۱ ^a	۸/۲±۰/۰۲ ^b

حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار است ($P > 0.05$).

داد. از شاخه Ochrophyta رده Bacillariophyceae با ۱۵ خانواده و ۲۲ جنس و هم‌چنین از شاخه Myxozoa رده Dinophyceae با ۶ خانواده و ۸ جنس بیشترین گونه‌ها را در مصب حله نشان دادند. نتایج نشان داد که فراوانی جوامع فیتوپلانکتونی در فصول و ایستگاه‌های مختلف مصب حله با هم تفاوت معنی داری دارند (جدول ۵، $P < 0.05$). در ایستگاه‌های ۱ تا ۵ به ترتیب در تابستان ۱۳۵۳۳/۳ و ۸۷۳۳/۳، ۵۴۰۰/۴، ۴۰۰۰/۸، ۲۲۶۶/۷ و ۱۳۵۳۳/۳ سلول در لیتر؛ در پائیز ۹۹۳۳/۳، ۹۳۳۳/۳، ۵۷۳۳/۳، ۴۹۳۳/۳ و ۱۱۸۶۶/۷ سلول در لیتر؛ در زمستان ۳۴۶۶/۷، ۲۰۶۶/۷ و ۴۴۰۰/۶، ۹۲۶۶/۶ و ۷۰۶۶/۷ سلول در لیتر؛ در بهار ۱۳۳۳/۳، ۳۴۰۰/۴، ۲۳۳۳/۳ و ۹۰۰۰/۲ و ۲۸۶۶/۷ سلول در لیتر محاسبه گردید. مقایسه فراوانی در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نشان داد که در تمام فصول سال (به جز در فصل زمستان) در ایستگاه ۵ بیشترین میزان فراوانی فیتوپلانکتونی وجود دارد. در بهار با میانگین فراوانی ۸۹۴۶/۷ سلول در لیتر بیشترین و در زمستان ۵۲۵۳/۳ سلول در لیتر کمترین فراوانی بود (جدول ۵). درصد فراوانی نسبی رده‌های مختلف فیتوپلانکتونی در فصول مختلف در شکل‌های ۲ تا ۵ به تفکیک ارائه شده است. نتایج نشان داد که فراوانی نسبی Bacillariophyceae در تمام ایستگاه‌ها و فصول از پراکنش مناسبی برخوردار بود (اشکال ۲-۵).

هم‌بستگی مشخصه‌های کیفی اندازه‌گیری شده آب با فراوانی فیتوپلانکتون در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین فراوانی فیتوپلانکتون با شوری ($P < 0.05$) و

داد. از شاخه Ochrophyta رده Bacillariophyceae با ۱۵ خانواده و ۲۲ جنس و هم‌چنین از شاخه Myxozoa رده Dinophyceae با ۶ خانواده و ۸ جنس بیشترین گونه‌ها را در مصب حله نشان دادند. نتایج نشان داد که فراوانی جوامع فیتوپلانکتونی در فصول و ایستگاه‌های مختلف مصب حله با هم تفاوت معنی داری دارند (جدول ۵، $P < 0.05$). در ایستگاه‌های ۱ تا ۵ به ترتیب در تابستان ۱۳۵۳۳/۳ و ۸۷۳۳/۳، ۵۴۰۰/۴، ۴۰۰۰/۸، ۲۲۶۶/۷ و ۱۳۵۳۳/۳ سلول در لیتر؛ در پائیز ۹۹۳۳/۳، ۹۳۳۳/۳، ۵۷۳۳/۳، ۴۹۳۳/۳ و ۱۱۸۶۶/۷ سلول در لیتر؛ در زمستان ۳۴۶۶/۷، ۲۰۶۶/۷ و ۴۴۰۰/۶، ۹۲۶۶/۶ و ۷۰۶۶/۷ سلول در لیتر؛ در بهار ۱۳۳۳/۳، ۳۴۰۰/۴، ۲۳۳۳/۳ و ۹۰۰۰/۲ و ۲۸۶۶/۷ سلول در لیتر محاسبه گردید. مقایسه فراوانی در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نشان داد که در تمام فصول سال (به جز در فصل زمستان) در ایستگاه ۵ بیشترین میزان فراوانی فیتوپلانکتونی وجود دارد. در بهار با میانگین فراوانی ۸۹۴۶/۷ سلول در لیتر بیشترین و در زمستان ۵۲۵۳/۳ سلول در لیتر کمترین فراوانی بود (جدول ۵). درصد فراوانی نسبی رده‌های مختلف فیتوپلانکتونی در فصول مختلف در شکل‌های ۲ تا ۵ به تفکیک ارائه شده است. نتایج نشان داد که فراوانی نسبی Bacillariophyceae در تمام ایستگاه‌ها و فصول از پراکنش مناسبی برخوردار بود (اشکال ۲-۵).

بحث و نتیجه‌گیری

مصوب‌ها جزء پرتولیدترین اکوسیستم‌های دریایی به حساب می‌آیند که فیتوپلانکتون از اجزای این سیستم‌ها به‌شمار می‌روند. اکوسیستم‌های مصبی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی، سیستم‌های بسیار حساسی می‌باشند (۱۹). بنابراین اکوسیستم مصب رودخانه حله به‌لحاظ تغییرات ناشی از شرایط اقلیمی در این محیط، تغییرات چشمگیری را در تراکم و توالی جمعیت فیتوپلانکتون خواهد داشت. بر اساس مطالعات محققین، بالغ بر ۲۲۰۰ گونه فیتوپلانکتون در آب‌های خلیج فارس شناسایی گردیده است که از این تعداد در مقایسه با تعداد کل گونه‌های فیتوپلانکتونی ثبت شده در آب‌های شور که بالغ بر ۳۴۰۰ گونه است، رقم قابل توجهی می‌باشد (۲). در مطالعه انجام شده در مصب رودخانه حله، رده با ۲۲ جنس از ۳۵ جنس شناسایی شده، بیشترین تراکم و حضور را در طول دوره نمونه برداری نشان داد (جدول ۴). سواری در سال ۱۳۶۱ در آب‌های سطحی واقع بین بوشهر و کنگان ۹۸ گونه فیتوپلانکتون را گزارش نمود که گونه از آنها را رده باسیلاریوفیسه تشکیل داد (۲). براساس

جدول ۳. ساختار کلی جامعه فیتوپلانکتونی درمصب رودخانه حله، استان بوشهر

شاخه	رده	خانواده	جنس
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariaceae	<i>Bacillaria</i>
			<i>Nitzschia</i>
			<i>Pseudonitzschia</i>
		Catenulaceae	<i>Amphora</i>
			<i>Bacteriastrum</i>
		Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros</i>
			<i>Coscinodiscus</i>
		Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i>
		Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>
		Hemiaulaceae	<i>Eucampia</i>
		Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus</i>
		Naviculaceae	<i>Navicula</i>
		Plagiotropidaceae	<i>Manguinea</i>
		Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma</i>
		Rhizosoleniaceae	<i>Dactyliosolen</i>
			<i>Rhizosolenia</i>
		Surirellaceae	<i>Surirella</i>
		Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i>
		Thalassionemataceae	<i>Thalassionema</i>
			<i>Thalassiothrix</i>
Myzozoa	Dictyochophyceae	Triceratiaceae	<i>Odontella</i>
		Dictyochaceae	<i>Dictyocha</i>
	Chrysophyceae	Dinobryaceae	<i>Dinobryon</i>
	Dinophyceae	Ceratiaceae	<i>Ceratium</i>
		Dinophysiaceae	<i>Dinophysis</i>
			<i>Ornithocercus</i>
		Gymnodiniaceae	<i>Phalacroma</i>
			<i>Gymnodinium</i>
		Prorocentraceae	<i>Prorocentrum</i>
		Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium</i>
		Pyrophacaceae	<i>Pyrophacus</i>
		Pseudanabaenaceae	<i>Oscillatoria</i>
Cyanophyta	Cyanophyceae	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>
Chlorophyta	Prasinophyceae	Pseudanabaenaceae	<i>Spirulina</i>
	Ulvophyceae	Pyramimonadaceae	<i>Halosphaera</i>
Haptophyta	Coccolithophyceae	Cladophoraceae	<i>Chaetonella</i>
		Phaeocystaceae	<i>Phaeocystis</i>

می‌دادند (۱). هم‌چنین در بررسی تنوع زیستی فیتوپلانکتون حوزه ایرانی خلیج فارس توسط فلاحی در سال ۱۳۸۲،

مطالعات خدادادی در سال ۱۳۷۰، دیاتومه‌ها گروه غالب ۸۴ فیتوپلانکتونی در محدوده بحر کانسر تا خلیج نابیند را تشکیل

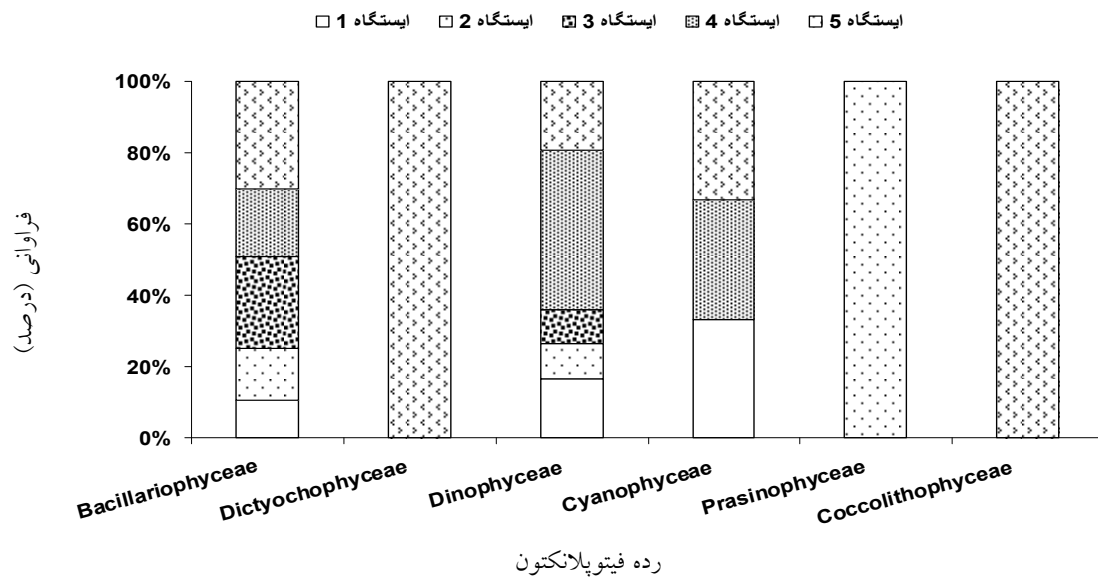
جدول ۴. حضور (+) و عدم حضور (-) جوامع فیتوپلانکتونی در طی فصول مختلف در مصب رودخانه حله، استان بوشهر

جنس	تابستان ۱۳۹۰	پائیز ۱۳۹۰	زمستان ۱۳۹۰	بهار ۱۳۹۱
<i>Bacillaria</i>	-	-	-	+
<i>Nitzschia</i>	+	+	+	+
<i>Pseudonitzschia</i>	+	+	+	+
<i>Amphora</i>	+	-	+	-
<i>Bacteriastrum</i>	+	+	+	-
<i>Chaetoceros</i>	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus</i>	+	+	+	+
<i>Fragilaria</i>	+	+	+	-
<i>Eucampia</i>	+	+	-	-
<i>Leptocylindrus</i>	+	+	+	+
<i>Navicula</i>	+	+	+	+
<i>Manguinea</i>	-	+	-	+
<i>Pleurosigma</i>	+	+	+	+
<i>Dactyliosolen</i>	-	+	-	-
<i>Rhizosolenia</i>	+	+	+	+
<i>Surirella</i>	+	+	+	+
<i>Thalassiosira</i>	-	+	-	-
<i>Thalassionema</i>	+	+	+	+
<i>Thalassiothrix</i>	-	+	-	+
<i>Odontella</i>	+	+	+	+
<i>Dictyocha</i>	-	+	+	-
<i>Dinobryon</i>	+	-	-	+
<i>Ceratium</i>	+	+	+	+
<i>Dinophysis</i>	-	+	+	-
<i>Ornithocercus</i>	+	+	+	+
<i>Phalacroma</i>	-	-	+	-
<i>Gymnodinium</i>	+	+	+	+
<i>Prorocentrum</i>	-	+	+	-
<i>Protoperidinium</i>	+	+	-	-
<i>Pyrophacus</i>	+	+	-	-
<i>Oscillatoria</i>	+	+	+	+
<i>Spirulina</i>	+	-	-	-
<i>Halosphaera</i>	-	+	-	-
<i>Chaetonella</i>	+	-	-	+
<i>Phaeocystis</i>	-	+	-	+

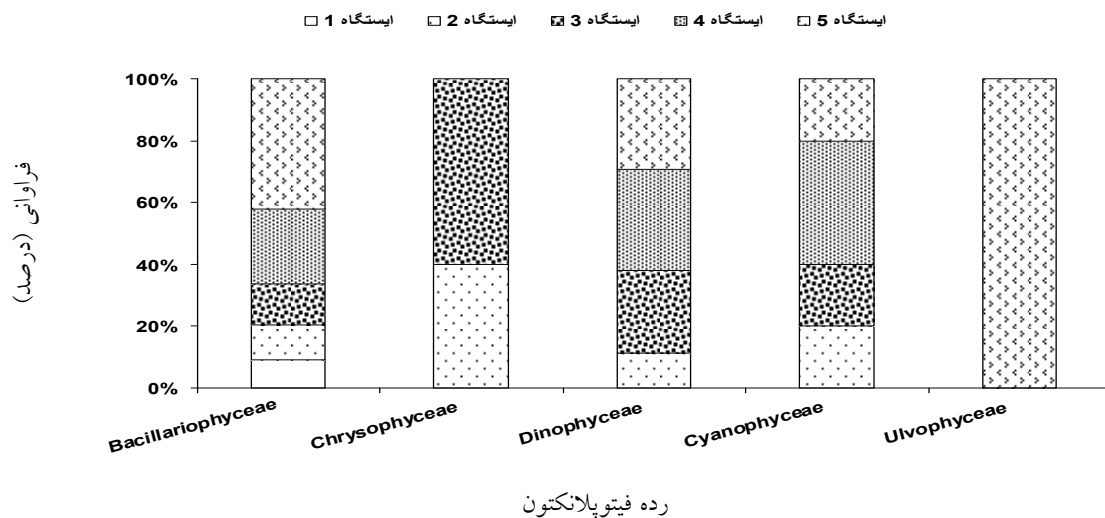
جدول ۵. میانگین ($\pm$ خطای استاندارد) فراوانی فیتوپلانکتون (سلول در لیتر) در مصب حله، استان بوشهر

ایستگاه	تابستان ۱۳۹۰	پائیز ۱۳۹۰	زمستان ۱۳۹۰	بهار ۱۳۹۱
۱	$2266/7 \pm 318/9^{bE}$	$4933/3 \pm 481/3^{aC}$	$2066/7 \pm 227/3^{bD}$	$1333/3 \pm 216/5^{bE}$
۲	$4000/8 \pm 108/1^{abD}$	$5733/3 \pm 216/1^{aC}$	$3466/7 \pm 641/6^{bC}$	$3400/4 \pm 324/7^{bC}$
۳	$5400/4 \pm 237/4^{bC}$	$9333/3 \pm 285/8^{aB}$	$4400/6 \pm 393/7^{bC}$	$2333/3 \pm 432/5^{cD}$
۴	$8733/3 \pm 854/2^{aB}$	$9933/3 \pm 922/9^{aB}$	$9266/7 \pm 2592/6^{aA}$	$9000/2 \pm 1102/3^{aB}$
۵	$13533/3 \pm 1204/5^{bA}$	$11866/7 \pm 1061/4^{bA}$	$7066/7 \pm 593/1^{bB}$	$28666/7 \pm 4506/8^{aA}$

حروف مشابه در ستون‌ها (حروف بزرگ، مقایسه ایستگاه‌ها) و ردیف‌ها (حروف کوچک، مقایسه فصول)، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P > 0.05$)



شکل ۲. درصد فراوانی نسبی فیتوپلانکتون در تابستان ۱۳۹۰ در مصب رودخانه حله، استان بوشهر



شکل ۳. درصد فراوانی نسبی فیتوپلانکتون در پائیز ۱۳۹۰ در مصب رودخانه حله، استان بوشهر

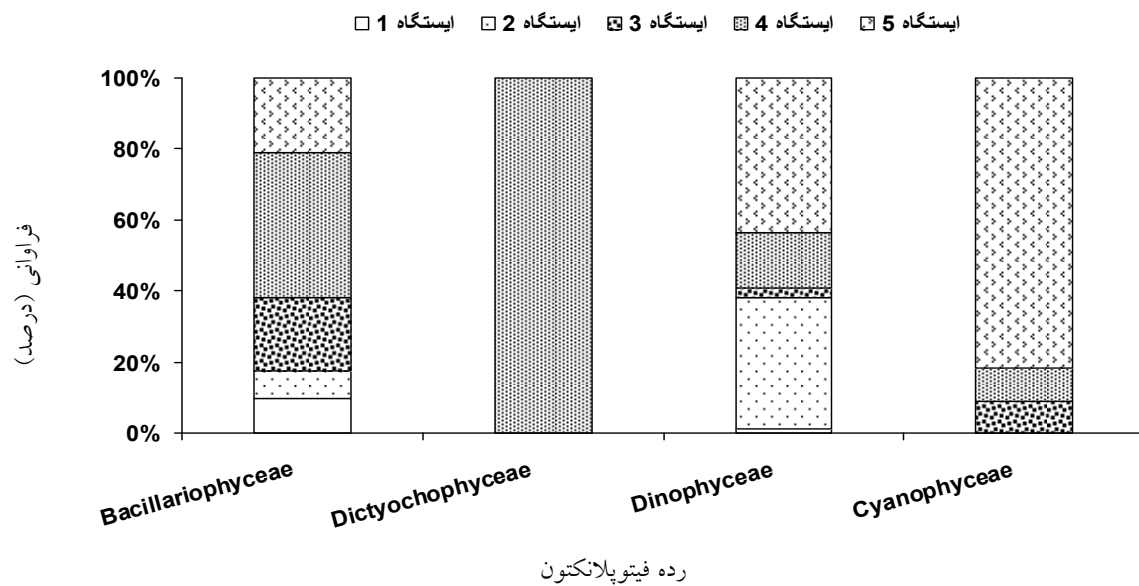
بیشتری را مورد استفاده قرار دهد که در این صورت واکنش‌های آنزیمی درون سلولی مختل می‌شود. بنابراین با انحراف از pH بهینه، عملکرد آنزیم‌های درون‌سلولی و فرآیندهای غشایی، باعث تغییر در فعالیت سلولی در فیتوپلانکتون می‌گردد (۲۲).

تولید مثل، رشد، ترکیب و فراوانی گونه‌های فیتوپلانکتونی تحت تأثیر بسیاری از متغیرهای محیطی به‌خصوص شوری، مواد مغذی، شفافیت و درجه حرارت هستند (۱۷). اکثر فیتوپلانکتون به‌ویژه دیاتومه‌ها، قادر به تحمل و ماندگاری در محیط‌های مصبی، به‌رغم نوسانات متعدد شوری هستند. ناهمگونی محیطی در محل مصب‌ها، جهت رشد پلانکتونی ضروری می‌باشد و شوری یکی از شاخص‌های پویای طبیعی در سیستم‌های تبادلی می‌باشد (۳۲ و ۳۴). در این مطالعه، شوری مصب حله دامنه ای از ۱۷/۲ قسمت در هزار در زمستان تا ۳۹/۶ قسمت در هزار در تابستان داشت و میزان نوسانات شوری هم‌بستگی مثبتی را با فراوانی فیتوپلانکتون نشان داد ($P < 0.05$). در مصب رودخانه حله فراوانی فیتوپلانکتون، وابسته به روند افزایش میزان شوری، با نزدیک شدن به دهانه مصب افزایش نشان داد. بنابراین، تغییر فراوانی جمعیت فیتوپلانکتون در مصب رودخانه حله به شوری وابسته بود. در فصل پائیز در ایستگاه ۵ و در زمستان در ایستگاه ۴ جنس‌های از Dictyochophyceae شناسایی شد در حالی که جنس‌های از Coccolithophyceae تنها در ایستگاه ۵ در بهار و پائیز وجود داشت. با توجه به این‌که این دو رده اغلب در محیط‌های دریایی زیست می‌نمایند لذا در دهانه مصب یعنی در ایستگاه‌های ۴ و ۵ پراکنش دارند از سوی دیگر به‌نظر می‌رسد که تأثیرات دمای آب به‌خصوص دماهای پایین‌تر بر حضور جنس‌های از Dictyochophyceae بسیار موثرتر است. به‌طور کلی با توجه به این‌که میزان تحمل نسبت به شوری در فیتوپلانکتون متفاوت است و براساس تحمل آنها را به گونه یوری هالین و استنوهالین تقسیم می‌نمایند. تغییرات شوری می‌تواند به اندازه کافی بر فیتوپلانکتون استنوهالین موثر باشد و به‌صورت برگشت‌ناپذیری جمعیت فیتوپلانکتون محلی را تغییر دهد و یک جامعه جدید در اوج را ایجاد نماید در مصب حله،

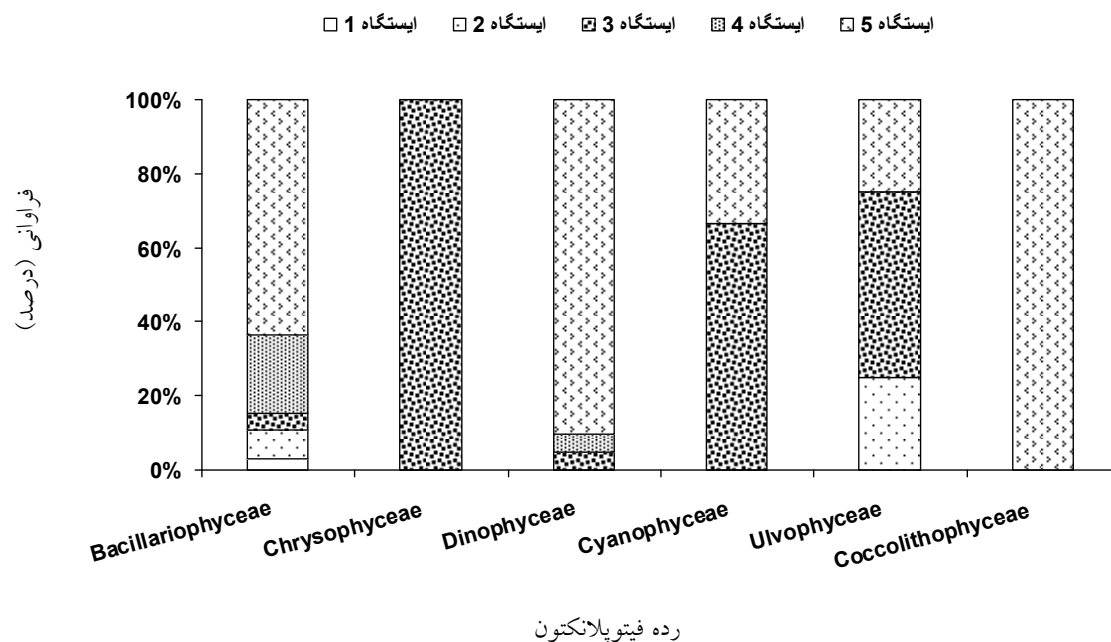
دیاتومه‌ها با ۹۷ گونه غالبیت جامعه فیتوپلانکتونی را شامل شدند (۳). مطالعات Dorgham و Mofteh در سال ۱۹۸۶ نیز بیانگر تنوع زیاد اجتماعات فیتوپلانکتونی خصوصاً دیاتومه‌ها و داینوفلاژلات‌ها در خلیج فارس است (۱۲).

توزیع مکانی گونه‌های مربوط به دیاتومه در مصب‌ها به پراکندگی و اختلاط فرآیندهای آغازی، زمانی که آب دریا و رودخانه با یکدیگر برخورد می‌کنند، بستگی دارد. دیاتومه‌ها همیشه ترجیح می‌دهند تا در مناطق کم عمق، آشفته و فراچاهنده واقع در منطقه ساحلی به‌عنوان جامعه غالب فیتوپلانکتون زندگی کنند. وفور مواد غذایی و انرژی نورانی ناشی از خورشید در مناطق کم عمق و آشفته، به‌طور شدیدی تولید این ارگانیسم‌های میکروسکوپی را به‌واسطه فعالیت‌های فتوسنتزی و تولید مثلی افزایش می‌دهد. غالبیت دیاتومه‌ها، نشان‌دهنده ناپایداری فیزیکی در محیط‌های ساحلی کم‌عمق می‌باشد (۱۶ و ۳۶). بنابراین، همان‌طور که در این مطالعه نیز مشاهده گردید، غالبیت دیاتومه‌ها در میان سایر جوامع فیتوپلانکتونی بسیار معمول است. اندازه جمعیت و فراوانی نسبی هر یک از گونه‌های فیتوپلانکتونی درون مجموعه‌های پلانکتونی تابعی از توانایی‌های مختلف برای تولید مثل و زنده ماندن در محیط زیست مصب‌ها می‌باشد (۱۶ و ۳۶).

در تمام فصول، میزان pH در محدوده قلیایی قرار داشت و دامنه‌ای از ۸/۱ در تابستان تا ۸/۲ در بهار را نشان داد که براساس آزمون هم‌بستگی پیرسون در مقایسه با سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده، بیشترین میزان هم‌بستگی را با فراوانی فیتوپلانکتون داشت ($P < 0.01$). این امکان وجود دارد که pH دریا بر عملکرد و رشد فیتوپلانکتون به‌وسیله یک‌سری از مکانیسم‌های موجود، تأثیرگذار باشد. در pH بسیار بالا به‌دلیل عدم امکان استفاده از بی‌کربنات‌ها، محدودیت کربن اتفاق می‌افتد که می‌تواند بر میزان تولید اولیه اثر گذار باشد (۶، ۱۱ و ۲۳). تغییر در pH محیط می‌تواند باعث ایجاد تغییرات در تعادل یونی مصب‌ها گردد. در pH بالا و یا پایین‌تر از حد مطلوب، سلول جهت حفظ شرایط داخلی باید انرژی



شکل ۴. درصد فرآوانی نسبی فیتوپلانکتون در زمستان ۱۳۹۰ در مصب رودخانه حله، استان بوشهر



شکل ۵. درصد فرآوانی نسبی فیتوپلانکتون در بهار ۱۳۹۱ در مصب رودخانه حله، استان بوشهر

به‌طور کلی تغییرات شوری در مصب‌ها تابع فصل، توپوگرافی مصب، جزر و مد، مقدار دبی آب شیرین، دمای آب و تبخیر است و شوری آب‌های مصبی مهم‌ترین فاکتور محیطی کیفیت آب می باشد که همواره نوسان دارد. در مطالعات دیگر نیز اثر شوری بر فرآوانی و تراکم فیتوپلانکتون در مصب‌ها، مشاهده و گزارش شده است (۲۰، ۲۸ و ۳۲). از آنجا که جوامع

جنس‌های از Ulvophyceae در تابستان (ایستگاه ۵) و در بهار (ایستگاه‌های ۲، ۴ و ۵) حضور داشتند که می‌تواند صرفاً به‌لحاظ تفاوت‌های دمایی ایستگاه‌ها و فصول باشد. از سوی دیگر نمایندگانی از Chrysophyceae در فصل بهار (ایستگاه ۴) و در تابستان (ایستگاه‌های ۲ و ۳) حضور داشتند که عمدتاً می‌تواند به‌لحاظ تأثیرات متقابل شوری و دمای آب باشد.

جدول ۶. ضریب هم‌بستگی پیرسون بین فراوانی فیتوپلانکتون با برخی از پارامترهای کیفی آب

پارامتر	فراوانی فیتوپلانکتون	شوری	اکسیژن محلول	pH	دما
شوری	۰/۵۱۶*	۱			
اکسیژن محلول	-۰/۰۸۰	-۰/۶۷۹**	۱		
pH	۰/۵۶۷**	۰/۱۴۳	۰/۰۶۶	۱	
دما	۰/۰۳۴	۰/۴۹۶*	-۰/۷۴۷**	۰/۰۶۸	۱
عمق رویت سکشی	۰/۲۴۰	-۰/۱۹۶	۰/۵۹۰**	۰/۰۸۵	-۰/۶۲۶**

سپاسگزاری

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

فیتوپلانکتونی به عنوان شاخصی برای ارزیابی تولید و آلودگی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین توصیه می‌گردد که جهت مدیریت پایدار و سلامت اکوسیستم‌های مصبی به عنوان یک منطقه اکوتون، به طور سالانه پراکنش و فراوانی این موجودات و ارتباط آن با سایر پارامترهای محیطی و مواد مغذی به همراه ارتباط آنها با سایر موجودات زنجیره های غذایی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. خدادادی، م. ۱۳۷۰. گزارش نهایی پروژه شناسایی و فراوانی پلانکتون های خلیج فارس (از بحرکانسر تا خلیج نایبند). سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران، مرکز تحقیقات شیلاتی خلیج فارس، ۴۵ ص.
۲. سواری، ا. ۱۳۶۱. بررسی پلانکتون های منطقه بوشهر-کنگان، خلیج فارس. سازمان تکتیر و توسعه آبزیان وزارت کشاورزی، ۱۰۲ ص.
۳. فلاحی کپورچالی، م. ۱۳۸۲. بررسی تنوع زیستی فیتوپلانکتون های حوضه ایرانی خلیج فارس. رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران. ۱۱۷ ص.
4. Bellinger, E. G. and D. C. Sige. 2010. Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators. John Wiley & Sons Ltd, 271 p.
5. Boney, A. D. 1989. Phytoplankton. Hodder and Stoughton General Division British Library Cataloguing Publication Data, 128 p.
6. Burns, B. D. and J. Beardall. 1987. Utilization of inorganic carbon by marine microalgae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 107(1):75-86.
7. Calbet, A., S. Garrido, E. Saiz, M. Alcaraz and C. M. Duarte. 2001. Annual zooplankton succession in coastal NW Mediterranean waters: the importance of the smaller size fractions. *Journal of Plankton Research* 23(3):319-331.
8. Carmelo, R. . 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, , California, USA, 878 p.
9. Cearreta, A., M. J. Irabien, E. Leorri, I. Yusta, I. W. Croudace and A. B. Cundy. 2000. Recent anthropogenic impacts on the Bilbao estuary, northern Spain: geochemical and microfaunal evidence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 50(4): 571-592.
10. Chaturvedi, R. K., K. P. Sharma, S. Kamayani, S. M. Bhardwaj and S. Sharma. 1999. Plankton community of polluted water around Sangner, Jaipur. *Journal of Environmental Pollution* 61:77-84.

11. Chen, C. Y. and E. G. Durbin. 1994. Effects of pH on the growth and carbon uptake of marine phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series* 109:83-94.
12. Dorgham, M. M. and A. Moftah. 1989. Environmental conditions and phytoplankton distribution in the Persian gulf and gulf of Oman. *Journal of the Marine Biology and Association of India* 31:36-53.
13. Elliott, M. and V. N. De Jung. 2002. The management of nutrients and potential eutrophication in estuaries and other restricted water bodies. *Hydrobiologia* 475/476: 513-524.
14. Elliott, M. and D. S. Mc Lucky. 2002. The need for definition in understanding estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55(6): 815-827.
15. Faust, M. A. and R. A. Gulledge. 2002. Identifying harmful marine dinoflagellates. *Smithsonian Institution Contributions from the United States National Herbarium* 42:1-144.
16. Fernandez, L. F. and F. P. Brandini. 2004. Diatom association in variation in shelf waters off Parana State, southern Brazil: Annual variation in relation to environmental factors. *Brazilian Journal of Oceanography* 52(1):19-34.
17. Gouda, R. and R. C. Anigrahy. 1996. Ecology of phytoplankton in coastal waters off Gopalpur, east coast of India. *Indian Journal of Marine Science* 25(2):81-84.
18. Grice, G. D. and V. R. Gibson. 1978. General Biological Oceanographic Data from the Persian Gulf and Gulf of Oman. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, Project Report, 39 p.
19. Kromkamp, J. and G. J. C. Underwood. 1999. Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries. *Advances in Ecological Research* 29: 93-153.
20. Lionard, M., K. Muylaert, D. V. Gansbeke and W. Vyverman. 2005. Influence of changes in salinity and light intensity on growth of phytoplankton communities from the Schelde river and estuary (belgium/The Netherlands). *Hydrobiologia* 540: 105-115.
21. Newell, G. E. and R. C. Newell. 1977. Marine Plankton. : a practical guide. 5th edition, Hutchinson of London, UK, 244 P.
22. Nimer, N. A., M. D. Iglesias-Rodriguez and M. J. Merrett. 1997. Bi-carbonate utilization by marine phytoplankton species. *Journal of Phycology* 33(4):625-631.
23. Nimer, N. A. and M. J. Merrett. 1992. Calcification and utilization of inorganic carbon by the coccolithophorid *Emiliania huxleyi* Lohman. *New Phytologist* 121(2):173-177.
24. Noorinezhad, M., F. Owfi, S. Omid, F. Eslami, F. Ansari, J. Mohammadnezhad, A. Alboosharif, A. Haghshenas and M. Rabbaniha. 2006. A study on the diversity and abundance of Ichthyoplankton in coastal waters of the Kharg and Dylam (Persian Gulf). Ministry of Jahad -e- Agriculture, Research and Education Organization. . Project Report, 130 p.
25. Omori, M. and T. Ikeda. 1984. Methods in Zooplankton Ecology. John Wiley & Sons, New York, 332 pp.
26. Pallant, J. 2004. SPSS Survival Manual, A Step by Step Guide to Data Analysis Using SPSS, Allen & Unwin Book Publishers, Australia, 263 p.
27. Ponmanickam, P., T. Rajagopal, M. K. Rajan, S. Achiraman and K. Palanivelu. 2007. Assessment of drinking water quality of vembakottai reservoir, virudhunagar district, Tamil nadu. *Journal of Experimental Zoology* 10(2): 485-488.
28. Putland, J. N. and R. L. Iverson. 2007. Phytoplankton biomass in a subtropical estuary: distribution, size composition, and carbon: chlorophyll ratios. *Estuaries and Coasts* 30(5): 878-885.
29. Rabbanih, M., G. Izadpanahi, F. Owfi and F. Mohsenizadeh. 2011. Plankton community assemblage in surface layers of Northern part of the Persian Gulf (Iran -Bushehr area), using by PCA Ministry of Jahad – e- Agriculture Research and Education Organization. Project Report (In English), 8 p.
30. Rabbaniha, M., J. Seyfabadi, E. Sharifpour and F. Owfi. 2003. Abundance and diversity of fish larvae in northern coasts of Bushehr province. *Journal of Marine Science and Technology* 2(4): 39-47.
31. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME). 2003. State of the marine environment report 2003, Kuwait, 217 p.
32. Sahu, G., K. K. Satpathy, A. K. Mohanty and S. K. Sarkar. 2012. Variations in community structure of phytoplankton in relation to physicochemical properties of coastal waters, southeast coast of India. *Indian Journal of Geo-Marine Science* 41(3): 223-241.
33. Saravanakumar, A., J. SeshSerebiah, G. A. Thivakaran and M. Rajkumar. 2008. Benthic macrofaunal assemblage in the arid zone mangroves of Gulf of Kuchch- Gujarat. *Journal of Ocean University of China* 6(3): 33-39.
34. Sarojini, Y. and N. S. Sarma. 2001. Vertical distribution of phytoplankton around Andaman and Nicobar Islands, Bay of Bengal. *Indian Journal of Marine Science* 30(2):65-69.
35. Shekhar, R. T., B. R. Kiran, E. T. Puttaiah, Y. Shivaraj and K. M. Mahadevan. 2008. Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution. *Journal of Environmental Biology* 29(2):233-236.
36. Stowe, K. 1996. Exploring Ocean Science. John Wiley & Sons Inc, 426 p.

37. Tiwari, A. and S. V. S. Chauhan. 2006. Seasonal phytoplanktonic diversity of Kitham Lake. *Journal of Environmental Biology* 27(1):35-38.
38. Valdes, L., A. Lopez-Urrutia, J. Cabal, M. Alvarez, A. Bode, A. Miranda, M. Cabanas, I. Huskin, R. Anadon, F. Alvarez-Marques, M. Llope and N. Rodriguez. 2007. A decade of sampling in the Bay of Biscay: what are the zooplankton time series telling us? *Progress in Oceanography* 74(2-3):98-114.
39. Waniek, J. J. 2003. The role of physical forcing in initiation of spring blooms in the northeast Atlantic. *Journal of Marine System* 39(1-2):57-82.
40. Waniek, J. J., N. P. Holiday, R. Davidson, L. Brown and S. A. Henson. 2005. Freshwater control of onset and species composition of Greenland shelf spring bloom. *Marine Ecology Progresses Series* 288: 45-57.
41. Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis, 2nd edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New York, USA, 718 p.
42. Zheng, Z., L. Shaojing and X. Zhenzu. 1989. Marine Planktonology China Ocean, Springer, Berlin, 454 p.