

روند تغییرات ماکرونوترینت (مواد مغذی) آب در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر

حسن نصراله‌زاده ساروی^{۱*}، رضا پورغلام^۲، فریبا واحدی^۳، آسیه مخلوق^۴، سیدابراهیم صفوی^۵

- ۱- استادیار و عضو هیئت علمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: hnsaravi@yahoo.com
- ۲- استادیار و عضو هیئت علمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: r_pourgholam@yahoo.com
- ۳- کارشناس آزمایشگاه هیدروشنیمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: vahedi_friba@yahoo.com
- ۴- کارشناس ارشد آزمایشگاه پلانکتون پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: asieh_makhlough@yahoo.com
- ۵- کارشناس ارشد موسسه تحقیقات شیلات ایران، پیکان شهر، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: asieh_makhlough@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۹

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۴

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۱، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

این مطالعه به بررسی مواد مغذی آب سواحل ایرانی منطقه جنوبی دریای خزر طی چهار فصل در هشت ترانسکت عمود بر ساحل (آستارا، انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و بندر ترکمن) در سال ۱۳۸۸ می‌پردازد. تعداد ۴۸۰ نمونه آب در لایه‌های مختلف نمونه‌برداری و سپس پارامترهای مواد مغذی آن با روش استاندارد اندازه‌گیری گردید. غلظت سالانه ازت معدنی (NO_3^- ، NO_2^- ، NH_4^+) نسبتاً دارای تغییرات گسترده ای است. درصد اجزای ترکیبات نیتروژنی نسبت به ازت معدنی در مناطق و فصول مختلف در سال متفاوت است، به طوری که درصد NO_3^- ، NO_2^- و NH_4^+ به ترتیب برابر با ۹ تا ۹۸، از ۰/۲ تا ۲۸/۲ و از ۰/۰ تا ۹۰/۰ درصد متغیر بوده است. درصد DIN کمتر از ۱۵ درصد و مقدار DON بیش از ۸۰ درصد بوده است. به طور کلی، نتایج نشان داد که ازت آلی نسبت به سال قبل کاهش نشان داد اما آمونیم، نیترات و سیلیس محلول افزایش داشته است. فسفر معدنی و نیتريت تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته‌اند. همچنین در سال قبل از ورود شانه دار، بوم‌سامانه‌ی دریای خزر دارای محدودیت نیتروژنی برای رشد فیتوپلانکتون بوده است، درحالی که بر طبق نتایج حاصل از تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که بوم‌سامانه‌ی موردنظر علاوه بر شرایط محدودیت نیتروژنی ($N/P < 10$)، به سمت محدودیت فسفوری ($N/P > 20$) نیز سوق پیدا کرده است.

کلمات کلیدی: مواد مغذی، آب، سواحل ایران، دریای خزر.

۱. مقدمه

دریای خزر به مقایسه پارامترهای مذکور با سال‌های قبل که دارای ایستگاه‌های مشترک بوده‌اند، پرداخته می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه آب از سطح (عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر) و اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر با استفاده از نمونه بردار ۲ لیتری نیکسین در ترانسکت‌های آستارا، انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیر آباد و بندر ترکمن و ایستگاه‌ها و فصول مختلف (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) جمع‌آوری شد (شکل ۱). غلظت ازت آمونیمی (NH_4^+/N) به روش ایندوفنل (Solrozano, 1969)، ازت نیترویتی (NO_2^-/N) به روش نفتیل آمین (APHA, 2005)، ازت نیتراتی (NO_3^-/N) به روش ستون کاهشی (APHA, 2005)، فسفر معدنی به روش مولیبدات (Murphy and Riley, 1962) و سیلیس محلول به روش کمپلکس زرد (Sapozhnikov et al., 1988) اندازه‌گیری گردید. همچنین ازت و فسفر کل به روش فرایند هضم (Valderrama, 1981) اندازه‌گیری شد. از مجموع غلظت ازت آمونیمی، نیترویتی و نیتراتی، غلظت ازت معدنی (DIN) به دست می‌آید. همچنین غلظت ترکیب ازت آلی (DON) از تفاضل ازت کل (TN) و ازت معدنی محاسبه گردید (Yurkovskis, 2004). همچنین غلظت فسفر آلی (DOP) از تفاضل فسفر کل (TP) از فسفر معدنی (DIP) محاسبه شد (Yurkovskis, 2004). در ضمن pH آب با دستگاه پرتابل اندازه‌گیری گردید.

داده‌های مواد مغذی بر اساس فرایندهای لگاریتم طبیعی / پایه ۱۰ و رتبه بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q نرمال بودن آن تایید شد (Siapatis et al., 2008). سپس روش پارامتریک برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های نرمال شده به کار برده شد. آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون تی (t-Test) برای مقایسه تفاوت‌های موجود در پارامترهای ماکرونوترینت در میان لایه‌های آب، بین مناطق نوری و غیر نوری و همچنین بین دوره‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. به علاوه از ضریب همبستگی پیرسون برای یافتن ارتباط بین پارامترها استفاده شد. آنالیز واریانس، آزمون تی و ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از SPSS v11.5 انجام گردید. در این مطالعه نیز از آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده (CDF) که یکی از روش‌های آماری چند متغیره است جهت تمایز بین

دریای خزر در مرز اروپا و آسیا قرار گرفته است. این دریای تقریباً محصور با مساحت ۳۹۰۰۰۰ کیلومتر مربع بزرگ‌ترین دریاچه در جهان محسوب می‌شود. تغییرات فصلی در غلظت‌های مواد مغذی در مناطق مختلف از دریای خزر، عمدتاً به دلیل تفاوت در ورودی مواد مغذی در این مناطق است.

منابع اصلی مواد مغذی در مناطق کم عمق خزر شمالی به دلیل وجود رواناب رودخانه‌ای و رسوبات است. در حالی که در مناطق خزر مرکزی و جنوبی، انتقال افقی توده‌های آبی در حال حرکت از مناطق همجوار و تبادل آب بین سطح عمودی و لایه‌های زیرین آب به عنوان منابع اصلی ورود مواد مغذی محسوب می‌گردد. در منطقه عمیق، تبادل عمودی به سمت بالا به عنوان عامل اصلی ورود بالای مواد مغذی محسوب می‌شود (Sapozhnikov et al., 2006). به میزان ۹۵/۷٪ مواد مغذی سالانه ازت و فسفر ورودی به دریای خزر به وسیله رودخانه ولگا (روسیه). ۲/۱٪ به وسیله رودخانه‌های آذربایجان، ۱/۴٪ از طریق رودخانه‌های ایران و به ترتیب ۰/۷٪ و ۰/۰۹٪ از رودخانه‌های قزاقستان و ترکمنستان تامین می‌گردد. همچنین بر اساس مطالعات مختلف، دریای خزر به عنوان بوم‌سامانه با محدودیت نیتروژنی برای رشد فیتوپلانکتون مطرح است، مگر در ورودی رودخانه‌ها (رودخانه ولگا) که عامل محدود کننده فسفر است (Kosarev and Yablonskya, 1994). مطالعات گوناگونی در سالیان متعدد در نواحی شمالی و مرکزی دریای خزر به وسیله اتحاد جماهیر شوروی سابق صورت گرفته است (Aladin and Plotnikov, 2004).

مطالعات منسجم برای اولین بار در حوزه‌ی ایرانی دریای خزر، در مرکز تحقیقات شیلاتی مازندران طی سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۴ با همراهی کارشناسان روسی در اعماق مختلف و به منظور اندازه‌گیری عوامل آب‌شناختی (هیدرولوژیکی) و هیدروبیولوژیکی انجام شده است (پورغلام و همکاران، ۱۳۷۴). سپس این مطالعات در سنوات بعدی به وسیله پژوهشکده اکولوژی دریای خزر (موسسه تحقیقات شیلات) در سال‌های مختلف ادامه یافته است (لالوئی و همکاران، ۱۳۸۳؛ هاشمیان و همکاران، ۱۳۸۸؛ حسینی و همکاران، ۱۳۸۹؛ رستمیان و همکاران، ۱۳۸۹؛ واحدی و همکاران، ۱۳۸۹). در این بررسی علاوه بر بررسی نحوه توزیع ماکرونوترینت‌ها در منطقه‌ی جنوبی

به ترتیب به فصول بهار و پاییز مربوط است. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DIN بین فصول مختلف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در سه گروه بهار، پاییز و تابستان - زمستان قرار می‌گیرد (جدول ۱). نتایج نشان می‌دهد که درصد ازت آمونیمی در تمام فصول بیش از درصد ازت نیتراتی است. درصد ازت نیتراتی در فصل تابستان کمینه است و در زمستان به حداکثر مقدار خود می‌رسد و این افزایش تا بهار ادامه دارد.

حداقل غلظت ازت آلی (DON) در لایه‌ی نوری مربوط به فصول زمستان و حداکثر آن در سه فصل دیگر مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DON بین فصول مختلف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در دو گروه بهار - پاییز - تابستان و زمستان قرار می‌گیرند (جدول ۱). درصد ازت آلی (۸۷-۹۰ درصد) در تمام فصول بیش از درصد ازت معدنی (۱۰-۱۴ درصد) است. درصد ازت معدنی در فصل بهار کمینه و در فصل پاییز بیشینه است. حداقل و حداکثر ازت آلی عکس حالت ازت معدنی است.

حداقل غلظت فسفر معدنی (DIP) در لایه‌ی نوری در فصل بهار و حداکثر آن در تابستان مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DIP بین فصول مختلف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در سه گروه بهار - زمستان، تابستان و پاییز قرار گرفتند (جدول ۲). حداقل غلظت فسفر آلی (DOP) در لایه‌ی نوری مربوط به فصول زمستان و حداکثر آن در بهار مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DOP بین فصول مختلف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در سه گروه بهار، پاییز - تابستان، و زمستان قرار گرفتند (جدول ۲).

نتایج نشان می‌دهد که درصد فسفر آلی (۶۵-۸۲ درصد) در تمام فصول بیش از درصد فسفر معدنی (۳۵-۱۸ درصد) است. به علاوه، در فصل بهار درصد فسفر معدنی حداقل است و در تابستان به حداکثر می‌رسد. حداقل و حداکثر فسفر آلی عکس روند فسفر معدنی است. حداقل غلظت سیلیس محلول (DSi) در لایه‌ی نوری مربوط به فصول بهار و پاییز و حداکثر آن در فصول تابستان و زمستان مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DSi بین فصول مختلف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در دو گروه بهار - پاییز و تابستان - زمستان قرار گرفتند (جدول ۲).

فصول بر اساس پارامترهای مواد مغذی استفاده شد. (Schoer, 1985; Buckley and Winters, 1992; Padro et al., 1993; Moncheva et al., 2001).



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری به همراه نام ترانسکت‌ها در حوزه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۳. نتایج

تغییرات مواد مغذی نیتروژنی در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در جدول ۱ نشان داده شده است. حداقل و حداکثر غلظت یون آمونیم در لایه نوری به ترتیب به فصول بهار و پاییز مربوط است. نتایج نشان داد که میانگین غلظت ازت آمونیمی بین فصول مختلف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن فصول بهار و زمستان در یک گروه و تابستان و پاییز در گروه دیگر قرار گرفتند. در ضمن میانگین ازت آمونیمی در لایه نوری و غیر نوری متفاوت بوده است.

حداکثر غلظت ازت نیتراتی در لایه‌ی نوری به ترتیب به فصل زمستان مربوط است (جدول ۱). نتایج نشان داد که میانگین غلظت ازت نیتراتی بین فصول مختلف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن فصول در دو گروه بهار - پاییز - تابستان و زمستان قرار گرفتند. در ضمن میانگین ازت نیتراتی در لایه نوری و غیر نوری متفاوت نبوده است.

حداقل و حداکثر غلظت ازت نیتراتی در لایه‌ی نوری به ترتیب به فصول تابستان و زمستان مربوط است (جدول ۱). نتایج نشان داد که میانگین غلظت ازت نیتراتی بین فصول مختلف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$). بر اساس آزمون دانکن فصول در سه گروه بهار - پاییز، تابستان و زمستان قرار گرفتند. حداقل و حداکثر غلظت ازت معدنی (DIN) در لایه‌ی نوری

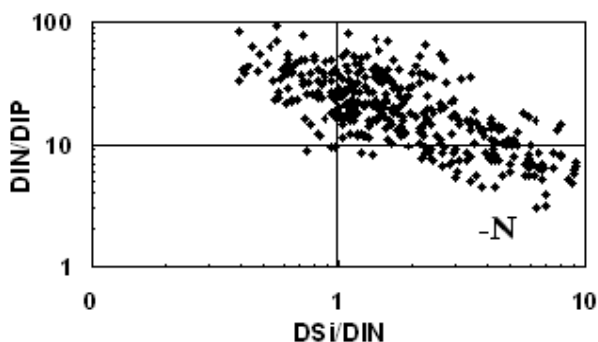
جدول ۱: تغییرات مواد مغذی نیتروژنی (میکرومولار) به همراه خطای استاندارد (SE) در فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

| پارامترها | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | سالانه |
|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------|
| ازت آمونیمی لایه نوری | Mean±SE ۲/۱۹±۰/۱۶a Min.-Max. -۰/۳۴-۷/۱۵ | ۳/۷۴±۰/۲۰ b -۰/۹۷-۷/۶۸ | ۴/۱۱±۰/۲۲b -۰/۳۷-۱/۱۸ | ۲/۵۶±۰/۲۰ a -۰/۲-۷/۵۵ | ۳/۱۷±۰/۱۱ |
| ازت آمونیمی لایه غیر نوری | Mean±SE ۱/۴۸±۰/۱۲a Min.-Max. -۰/۳۴-۳/۱۳ | ۳/۲۷±۰/۳۴ b -۰/۸-۶/۹۲ | ۲/۷۰±۰/۴۴ab -۰/۲۷-۹/۰۸ | ۳/۰۹±۰/۵۴ ab -۰/۵۶-۹/۴۷ | ۲/۶۶±۰/۲۱ |
| ازت نیتروژنی لایه نوری | Mean±SE -۰/۰۷±۰/۰۱a Min.-Max. -۰/۰۱-۰/۴۰ | -۰/۰۷±۰/۰۱ a -۰/۰۱-۰/۳۱ | -۰/۰۷±۰/۰۱a -۰/۰۱-۰/۴۶ | -۰/۱۲±۰/۰۱ b -۰/۰۱-۰/۳۴ | -۰/۰۸±۰/۰۰ |
| ازت نیتروژنی لایه غیر نوری | Mean±SE -۰/۰۵±۰/۰۱ a Min.-Max. -۰/۰۲-۰/۱۶ | -۰/۰۸±۰/۰۱ a -۰/۰۲-۰/۲۶ | -۰/۰۶±۰/۰۱ a -۰/۰۲-۰/۲۶ | -۰/۱۳±۰/۰۲ b -۰/۰۲-۰/۲۸ | -۰/۰۸±۰/۰۱ |
| ازت نیتراتی لایه نوری | Mean±SE ۱/۴۶±۰/۰۹a Min.-Max. -۰/۰-۴/۵۶ | ۱/۰۲±۰/۰۷ b -۰/۰-۳/۲۹ | ۱/۶۶±۰/۱۷a -۰/۰-۶/۸۲ | ۲/۰۷±۰/۱۵ c -۰/۱۹-۶/۳۲ | ۱/۵۵±۰/۰۷ |
| ازت نیتراتی لایه غیر نوری | Mean±SE ۱/۵۵±۰/۲۶ab Min.-Max. -۰/۲۸-۴/۵۱ | ۱/۰۴±۰/۱۵a -۰/۲۳-۳/۱۷ | ۱/۷۹±۰/۲۲b -۰/۲۹-۵/۸۷ | ۱/۸۳±۰/۲۰ c -۰/۵۴-۴/۳۷ | ۱/۵۵±۰/۱۲ |
| ازت معدنی لایه نوری | Mean±SE ۳/۷۲±۰/۲۰a Min.-Max. -۰/۶۸-۹/۷۸ | ۴/۸۳±۰/۲۲ b ۱/۲۵-۱۰/۵۵ | ۵/۸۳±۰/۱۷c ۱/۰۹-۱۳/۷۷ | ۴/۸۴±۰/۲۶ b -۰/۹۷-۱۲/۵۶ | ۴/۸۱±۰/۱۳ |
| ازت معدنی لایه غیر نوری | Mean±SE ۲/۰۸±۰/۳۰a Min.-Max. -۰/۸۸-۶/۶۵ | ۴/۴۹±۰/۰۴۰ b ۱/۷۵-۷/۶۶ | ۴/۵۵±۰/۵۷ab ۱/۳۲-۹/۷۹ | ۵/۰۴±۰/۶۰ b ۱/۳۲-۱۱/۱۴ | ۴/۲۹±۰/۲۵ |
| ازت آلی لایه نوری | Mean±SE ۳/۰۱±۱/۵۵a Min.-Max. ۷/۶-۵۸/۹ | ۳/۰۲±۱/۱۱ a ۹/۶-۵۸/۰ | ۳/۰۶±۱/۷a -۰/۹-۶۸/۷ | ۲۵/۰±۰/۷ b ۱/۰-۴۲/۰ | ۲۹/۰±۰/۷ |
| ازت آلی لایه غیر نوری | Mean±SE ۲۸/۲۳±۴/۸ Min.-Max. ۱۵/۰-۶۱/۰ | ۲۹/۷±۴/۵ ۱۵/۰-۵۷/۰ | ۳۷/۴±۳/۱ ۸/۰-۶۹/۰ | ۲۴/۰±۱/۳ ۱۸/۰-۴۰/۰ | ۲۷/۰±۱/۳ |

جدول ۲: تغییرات مواد مغذی فسفر و سیلیس (میکرومولار) به همراه خطای استاندارد (SE) در فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

| پارامترها | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | سالانه |
|---------------------------|---|----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| فسفر معدنی لایه نوری | Mean±SE a-۰/۱۹±۰/۰۱ Min.-Max. -۰/۰۹-۰/۵۷ | b-۰/۲۹±۰/۰۱ -۰/۱۵-۰/۶۳ | c-۰/۲۵±۰/۰۱ -۰/۰۵-۰/۶۳ | a-۰/۲۲±۰/۰۱ -۰/۰۵-۰/۷۰ | -۰/۲۴±۰/۰۱ |
| فسفر معدنی لایه غیر نوری | Mean±SE -۰/۱۹±۰/۰۲ Min.-Max. -۰/۰۹-۰/۴۱ | -۰/۲۵±۰/۰۲ -۰/۱۵-۰/۴۲ | -۰/۲۷±۰/۰۳ -۰/۰۹-۰/۴۷ | -۰/۲۲±۰/۰۲ -۰/۱۰-۰/۴۲ | -۰/۲۳±۰/۰۱ |
| فسفر آلی لایه نوری | Mean±SE a-۰/۸۶±۰/۰۵ Min.-Max. -۰/۱۴-۲/۴۱ | bc-۰/۵۴±۰/۰۲ -۰/۲۷-۱/۲۳ | b-۰/۵۴±۰/۰۲ -۰/۲۱-۱/۳۱ | c-۰/۴۹±۰/۰۲ -۰/۰۶-۱/۰۱ | -۰/۶۲±۰/۰۲ |
| فسفر آلی لایه غیر نوری | Mean±SE -۰/۰۹±۰/۱۲ Min.-Max. -۰/۲۲-۲/۴۱ | -۰/۵۹±۰/۰۵ -۰/۲۷-۱/۱۱ | -۰/۵۹±۰/۰۴ -۰/۲۶-۱/۱۲ | -۰/۵۵±۰/۰۴ -۰/۲۷-۱/۳۳ | -۰/۶۶±۰/۰۴ |
| سیلیس محلول لایه نوری | Mean±SE a۷/۱۱±۰/۳۷ Min.-Max. ۲/۷-۱۹/۳۰ | b۹/۲۲±۰/۵۳ ۳/۸-۲۲/۹۰ | a۷/۴۰±۰/۳۷ ۲/۸-۲۲/۱۰ | b۹/۱۶±۰/۴۰ ۳/۱-۱۸/۹۰ | ۸/۲۲±۰/۲۲ |
| سیلیس محلول لایه غیر نوری | Mean±SE ۱۰/۶۹±۰/۹۷ Min.-Max. ۴/۲-۱۸/۲۰ | ۱۰/۴۸±۱/۱۳ ۴/۰-۲۲/۵۰ | ۱۱/۱۳±۱/۲۲ ۳/۷-۲۲/۲۰ | ۸/۸۵±۰/۸۱ ۲/۵-۱۹/۶۰ | ۱۰/۲۹±۰/۵۳ |

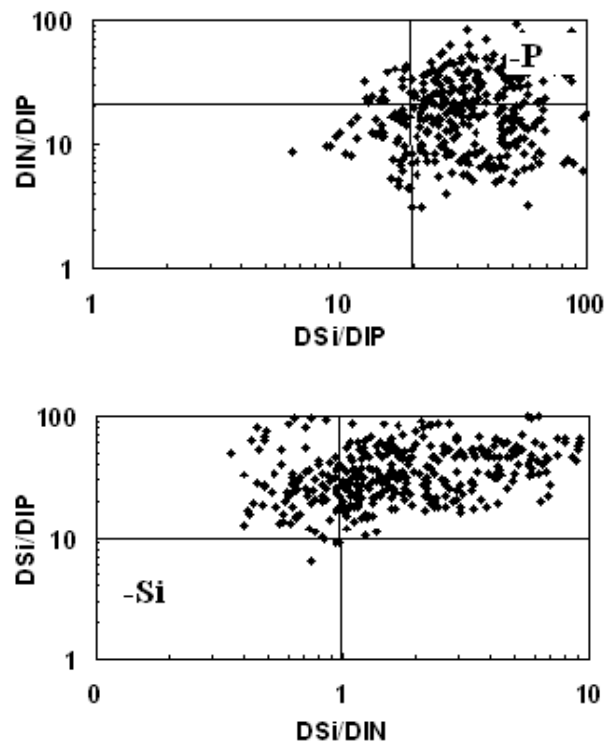
فصول بهار و زمستان را با تابستان و پاییز جدا می‌کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۳۱٪ زمستان را با دیگر فصول تفکیک می‌کند (نمودار ۲).



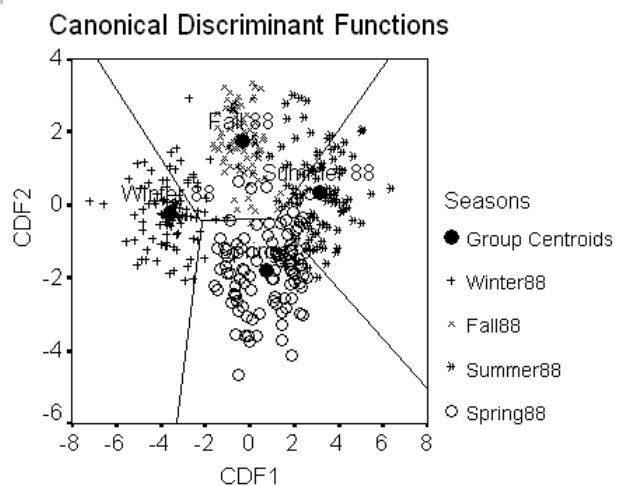
تغییرات نسبت‌های مولی مواد مغذی در لایه نوری در حوزه جنوبی دریای خزر در نمودار نشان داده شده است. با توجه به نسبت‌های که ارائه شده است، مشخص می‌گردد که محدودیت نیتروژنی، فسفوری و سیلیسی برای فیتوپلانکتون به ترتیب در ربع‌های چهارم، اول و سوم است. این نمودار نشان می‌دهد که کمترین نقاط یا داده‌ها در ربع چهارم است، در صورتی که بیشترین نقاط در ربع اول بوده است.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) نشان می‌دهد که بر اساس پارامترهای مواد مغذی آب فصول مختلف به چهار فصل تفکیک شده است. این نمودار نشان می‌دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1، خط عمودی) با واریانس ۶۳٪

و جنوبی مواد مغذی نسبتاً کمی در چرخه قرار می‌گیرند و این مقدار متکی بر چرخش داخلی و ورود از رودخانه‌های کوچک و بارش باران است. تغییرات غلظتی ازت آمونیمی (NH_4^+/N) در مناطق مختلف دریای خزر متفاوت است و به همین دلیل، مقادیر حداقل و حداکثر در فصول متفاوتی مشاهده می‌گردند. Dumont (1998) گزارش کرده است که حداقل غلظت ازت آمونیمی در خزر شمالی و مرکزی در زمستان و حداکثر آن را در تابستان ثبت گردیده است. بنا بر نتایج Leonov و Stygar (2001)، غلظت NH_4^+ آب در فصل‌های بهار و پاییز به دلیل فعالیت‌های بالای آبزیان (در منطقه خزر شمالی) افزایش می‌یابد. Nasrollahzadeh و همکاران (2008) گزارش کردند که حداکثر غلظت ازت آمونیمی در مرحله‌ی اول (قبل از ورود شانه دار) (1996-97) در فصل بهار و زمستان و در مرحله‌ی دوم (بعد از ورود شانه دار) (2005) در پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر مشاهده گردید. در تحقیق حاضر حداکثر غلظت ازت آمونیمی در فصل پاییز مشاهده گردید. نتایج مشابه در گزارش Nasrollahzadeh و همکاران (2008) در مرحله‌ی دوم و تحقیق حاضر بیان کننده تشابه شرایط بوم‌سامانه‌ی حوزه‌ی جنوبی دریای خزر از منظر حضور شانه‌دار در این دو دوره زمانی است. در مرحله‌ی اول مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (2008) شانه‌دار وجود نداشت و بوم‌سامانه‌ی دریای خزر حالت پایدارتری داشت، به‌طوری‌که با نتایج Leonov و Stygar (2001) در فصل بهار مشابه بوده است. Nasrollahzadeh و همکاران (2008) گزارش کردند که افزایش غلظت ازت آمونیمی در مرحله دوم (2005) ۱/۵ برابر مرحله اول (1996-97) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می‌توان دریافت که افزایش غلظت ازت آمونیمی در سال ۱۳۸۸ ($3/11 \pm 0/11$) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به مرحله اول ($1/02 \pm 1/10$) و دوم ($1/53 \pm 1/19$) به ترتیب ۳/۱ و ۲/۱ برابر بوده است. این افزایش بر فزونی فعالیت‌های زیست‌شناختی در این منطقه دلالت دارد. همچنین مقایسه نتایج تحقیق حاضر ($3/17 \pm 0/11$) با نتایج به دست آمده در سال ۱۳۸۷ ($1/46 \pm 0/04$) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) در حوزه‌ی جنوبی دریای خزر افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر غلظت ازت آمونیمی در تمام فصول (به غیر از فصل زمستان) نشان می‌دهد که در لایه‌ی نوری به دلیل فعالیت‌های زیست‌شناختی بالا، نسبت به لایه‌ی غیر نوری بالاتر بوده است. Shiganova و همکاران (2003) بیان نمود که در خزر



نمودار ۱: ترسیم پراکنده نسبت‌های مولی مواد مغذی در لایه‌ی نوری حوزه‌ی جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸



نمودار ۲: نقشه منطقه‌ای. توابع متعارف تفکیک‌کننده فصول مختلف بر اساس پارامترهای و مواد مغذی در سواحل ایرانی حوزه‌ی جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

۴. بحث و نتیجه‌گیری

Dumont (1998) گزارش کرد که سطح مواد مغذی در دریای خزر حتی در خزر شمالی نیز پایین است. در مناطق خزر مرکزی

بوم‌سامانه‌های آبی بسیار سریع صورت می‌گیرد. همچنین آمونیم منبع ازت ترجیح داده برای بیشتر جلبک‌ها است زیرا جلبک می‌تواند ترکیب آمونیم (جذب) را به‌طور مستقیم به اسیدهای آمینه تبدیل کند. لذا به‌دلیل اولویت NH_4^+ به نترات، غلظت آمونیم معمولاً زیر ۱ میکرو مولار است. اما در تحقیق حاضر که بوم‌سامانه‌ی مورد نظر از سوی شانه‌دار تحت شرایط غیر طبیعی قرار دارد، ازت آمونیمی در اکثر فصول دارای درصد بالاتری نسبت به سایر اجزای ترکیبات ازت معدنی بوده است.

غلظت ازت نیترونی اغلب کمتر از ۰/۴ میکرو مولار است. غلظت بالاتر ازت نیترونی را می‌توان در آب کم‌اکسیژن و جایی که نیتروفیکاسیون^۱ باکتریایی رخ می‌دهد مشاهده کرد (Carpenter and Capone, 1983; Nasrollahzadeh et al., 2008). در تحقیق حاضر غلظت یون ازت نیترونی (0.01 ± 0.08) به‌دلیل بالا بودن اکسیژن محلول در لایه‌های بالایی (نوری) و پایینی (غیر نوری) بسیار پایین بوده است. این غلظت پایین نشان می‌دهد که فرآیند اکسیداسیون نیتريت به نترات و عمل احیای یون نیتريت به آمونیم در حوزه جنوبی دریای خزر به خوبی صورت می‌گیرد.

Nasrollahzadeh (2008) گزارش کرد که افزایش غلظت ازت نیترونی در مرحله دوم (2005) ۲/۲ برابر مرحله اول (1996-97) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می‌توان دریافت که افزایش غلظت ازت نیترونی در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر، 0.07 ± 0.52) در عمق‌های مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به مرحله‌ی اول (0.04 ± 0.87) افزایش و اما در مرحله‌ی دوم (0.07 ± 0.91) کاهش داشته است (این افزایش و کاهش به‌دلیل درصد بیشتر یون آمونیم نسبت به نترات بوده است). همچنین مقایسه نتایج تحقیق حاضر (0.07 ± 0.52) با نتایج به‌دست آمده در سال ۱۳۸۷ (0.03 ± 0.33) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p < 0.05$). غلظت سالانه‌ی ازت معدنی (NH_4^+ ، NO_2^- ، NO_3^-) در سال ۱۳۸۸ نسبتاً دارای تغییرات گسترده‌ای بوده است. درصد اجزای ترکیبات نیتروژنی نسبت به ازت معدنی در مناطق و فصول مختلف در سال متفاوت است، به‌طوری‌که طی سال ۱۳۸۸ درصد NH_4^+ ، NO_2^- و NO_3^- به‌ترتیب از ۹ تا ۹۸، ۰/۲ تا ۲۸/۲ و ۰/۰ تا ۹۰/۰ درصد متغیر است. نتایج مشابهی را Leonov و Stygar (2001) در مناطق شمالی، مرکزی و جنوبی گزارش کردند.

شمالی همبستگی مثبتی بین حداکثر فراوانی شانه‌دار و غلظت ازت آمونیمی وجود دارد، یعنی با حضور و افزایش شانه‌دار غلظت ازت آمونیمی فزونی می‌یابد که با نتایج تحقیق حاضر در خزر جنوبی که شانه‌دار حضور دارد (Roohi et al., 2009) نیز مطابقت دارد. همچنین مقایسه بین سال‌های حضور و عدم حضور شانه‌دار نیز چنین نتیجه‌ای را نشان می‌دهد. شایان ذکر است که آنالیز آماری دانکن بر روی داده‌های نرمال شده ازت آمونیمی در فصول مختلف نشان داد که دو گروه ایجاد شده شامل بهار- زمستان و تابستان- پاییز بوده است. از سوی دیگر حداقل‌های غلظت ازت آمونیمی در فصول بهار و زمستان بوده است و حداکثرها در فصول پاییز و تابستان مشاهده گردیده است که با حداقل و حداکثر فراوانی شانه‌دار مطابقت دارد (رستمیان و همکاران، ۱۳۸۹). به جز در شرایط بسیار قلیایی ($\text{pH} > 9.0$) که یون آمونیم به فرم آمونیاک (NH_3) وجود دارد، بیشتر ازت آمونیمی در آب به فرم یونی آن یعنی آمونیم (NH_4^+) وجود دارد (Carpenter and Capone, 1983). در تحقیق حاضر تمام فصول و ایستگاه‌ها، میزان pH در محدوده ۹ - ۸ بوده است بنابراین می‌توان انتظار داشت که ازت آمونیمی در آب به فرم یون آمونیم باشد. تغییرات ازت آمونیمی علاوه بر pH، از دمای آب نیز متأثر است. نتایج سال ۱۳۷۵ نشان داد که ضریب همبستگی ازت آمونیمی با دما و pH به‌ترتیب برابر -0.388 و -0.196 بوده است؛ به بیان دیگر با افزایش دما و pH غلظت ازت آمونیمی کاهش می‌یابد. در نتیجه می‌توان بیان نمود که این ارتباط در زمانی که بوم‌سامانه‌ی دریای خزر پایدار بوده، حاکم بوده است. البته این ضرایب پس از ورود شانه‌دار که بوم‌سامانه‌ی خزری را دچار اختلال کرده، تغییر کرده است. به‌طوری‌که ضریب همبستگی ازت آمونیمی با دما و pH به‌ترتیب برابر 0.207 و 0.146 گردیده است و به بیان دیگر با افزایش دما و pH غلظت ازت آمونیمی افزایش می‌یابد، زیرا از سویی با افزایش دما، فراوانی شانه‌دار که مواد مغذی ترشح می‌کند افزایش می‌یابد و از سوی دیگر با افزایش pH تولیدات زیست‌شناختی (شانه‌دار) نیز زیاد می‌شود که به تبع آن غلظت ازت آمونیمی بیشتر می‌شود. آمونیم منبع مهم نیتروژنی برای باکتری‌ها، جلبک‌ها ماکروسکوپی و گیاهان دریایی در آب شیرین و هر بوم‌سامانه‌ی دریایی است. به‌علاوه اگرچه غلظت آن بسیار متغیر است، اما معمولاً کم است زیرا همان طوری که Vorgelegt (2002) عنوان کرد، حجم مبادلات ازت آمونیمی نسبت به ازت ازت نیترونی در

¹ Nitrification

در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر، $0/23 \pm 0/01$) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به مرحله اول ($0/37 \pm 0/10$) و دوم ($0/70 \pm 0/19$) به ترتیب $1/6$ و $3/0$ برابر بوده است. همچنین نتایج تحقیق حاضر ($0/23 \pm 0/01$) با نتایج به دست آمده در سال ۱۳۸۷ ($0/22 \pm 0/04$) توسط واحدی و همکاران (۱۳۸۹) در حوزه‌ی جنوبی دریای خزر اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. این روند در ارتباط با DOP نیز حکمفرما بوده است و اگرچه میزان DOP نیز نسبت به سال‌های ۹۷-۱۹۹۶ و ۲۰۰۵ کاهش چشمگیری داشته است، اما نسبت به سال قبل ۱۳۸۷ اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

Nasrollahzadeh (2008) گزارش کرد که غلظت DSi در مرحله دوم (2005) تقریباً برابر مرحله اول (1996-97) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می‌توان دریافت که غلظت DSi در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر، $7/98 \pm 0/22$) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به مرحله اول ($7/80 \pm 1/10$) و دوم ($8/30 \pm 1/19$) اختلاف معنی‌داری نداشته است. همچنین نتایج تحقیق حاضر ($8/22 \pm 0/22$) با نتایج به دست آمده در سال ۱۳۸۷ ($7/34 \pm 0/13$) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) در حوزه‌ی جنوبی دریای خزر اختلاف معنی‌داری (t-Test) نداشته است. سیلیس محلول (DSi) اساساً غیر یونیزه است و از منظر شیمیایی نسبتاً فعال نیست. با این وجود، دیاتوم‌ها و بعضی از گروه‌های دیگر جلبک با جذب مقادیر زیاد سیلیس محلول آن را در سنتز دیواره سلولی خود و یا frustules مورد استفاده قرار می‌دهند. از آنجا که، دیاتوم‌ها شاخه غالب جلبکی را تشکیل می‌دهند، لذا آنها تا حد زیادی می‌توانند در تغییرات و نرخ میزان سیلیس محلول در هر دو بوم‌سامانه‌ی دریایی و آب شیرین نقش داشته باشند. در دسترس بودن سیلیس محلول می‌تواند تاثیر بارزی بر گونه‌های غالب جوامع فیتوپلانکتون داشته باشد. در غلظت پایین‌تر از ۵ میکرومولار، بیشتر دیاتوم‌ها نمی‌توانند رقابت موثری با جلبک غیر دیاتومه‌ای (non-siliceous) داشته باشند (Vorgelegt, 2002). در مطالعه حاضر میزان سیلیس محلول (DSi) در تمام فصول بالاتر از این مقدار بوده است. همچنین میانگین سالانه نیز بیش از ۵ میکرومولار بوده است و انتظار می‌رود که در این ناحیه از دریای خزر دیاتومه گروه غالب را تشکیل دهد. چنانکه در مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (2008) در سال‌های ۹۷-۱۹۹۶ و ۲۰۰۵ نیز با توجه به بالا بودن میزان DSi گونه غالب حوزه جنوبی دریای خزر دیاتومه بوده است.

Nasrollahzadeh و همکاران (2008) گزارش کردند که افزایش غلظت ازت آلی (DON) مرحله دوم (۲۰۰۵) $1/7$ برابر مرحله اول (۹۷-۱۹۹۶) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می‌توان دریافت که اگرچه افزایش غلظت DON در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر، $29/5 \pm 0/7$) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به مرحله‌ی اول ($30/2 \pm 1/4$) تغییراتی نداشته است، اما نسبت به مرحله‌ی دوم ($50/0 \pm 2/1$) کاهش نشان می‌دهد. همچنین نتایج تحقیق حاضر ($29/0 \pm 0/7$) با نتایج به دست آمده در سال ۱۳۸۷ ($37/5 \pm 0/67$) توسط واحدی و همکاران (۱۳۸۹) در حوزه‌ی جنوبی دریای خزر کاهش 22 درصدی را نشان می‌دهد و اختلاف میانگین‌ها معنی‌دار بوده است ($p < 0/05$). غلظت ازت آلی (DON) نسبت به ازت معدنی (DIN) اغلب بالاتر است؛ حتی در مناطقی که تصور می‌شود نیتروژن عامل محدود کننده در رشد فیتوپلانکتون‌ها باشد. غلظت بالای ازت آلی در محیط آبی احتمالاً به این دلیل است که ترکیبات DON تا حد زیادی در مقابل تجزیه مقاوم هستند و همچنین در گروه‌های زیادی از فیتوپلانکتون مورد تغذیه قرار نمی‌گیرند. به طور کلی، منابع DON در مکان و زمان‌های مختلف در محیط آبی تغییر می‌کنند و ترکیبات آن نیز به میزان زیادی ناشناخته است. در اقیانوس‌ها، به طور معمول غلظت DON در لایه‌ی نوری بالا است و سپس کاهش یافته و در مناطق عمیق ثابت باقی می‌ماند (Hansell et al., 1993; Libby and Wheeler, 1997; Bronk, 2002; Bronk et al., 2007). در تحقیق حاضر نیز نتیجه مشابه‌ای به دست آمده است؛ به طوری که درصد DIN کمتر از ۱۵ درصد بوده است، در حالی که درصد DON به بیش از ۸۰ رسیده است.

در میان ماکرونوترینت، فسفر اغلب کمترین فراوانی در غلظت (کمتر از $0/5$ میکرومولار) را دارد. به همین دلیل، غلظت ازت نیتراتی و آمونیومی در بیشتر سامانه‌های دریایی کم است، و نیاز ارگانیسم‌ها به نیتروژن بسیار بیشتر از فسفر است (به نسبت Redfield نگاه کنید)، به طوری که فسفر اغلب به عنوان مواد مغذی محدودکننده در اقیانوس‌ها محسوب نمی‌شود. چرخه‌ی فسفر پیچیده است و بیشتر فسفر در سامانه‌ی پلاژیک دریایی در فاز ذرات (موجودات زنده، ریزه) وجود دارد. ارتو فسفات به سرعت توسط موجودات جذب می‌شود. Nasrollahzadeh (2008) گزارش کرد که افزایش غلظت DIP در مرحله‌ی دوم (2005) $1/9$ برابر مرحله‌ی اول (1996-97) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می‌توان دریافت که کاهش غلظت DIP

محدودیت نیتروژنی مطرح است، مگر در ورودی رودخانه‌ها (رودخانه ولگا) که عامل محدودکننده‌ی فسفر مشاهده می‌شود (Kosarev and Yablonskya, 1994). جدول ۳ نسبت مولی ازت معدنی به فسفر معدنی را در سال‌های مختلف در حوزه‌ی جنوبی دریای خزر نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که بوم‌سامانه‌ی دریای خزر در سال قبل از ورود شانه‌دار دارای محدودیت نیتروژنی برای رشد فیتوپلانکتون بوده است که با نتایج مطالعه بالا مشابه است. همچنین، در دو تا سه سال بعد از ورود شانه‌دار این روند ادامه پیدا کرد، به طوری که حوزه‌ی جنوبی دریای خزر محدودیت نیتروژنی داشته است. بوم‌سامانه‌ی دریای خزر در سال ۱۳۸۷ به سمت محدودیت نیتروژنی و فسفوری ($20 < \text{DIN/DIP} < 10$) سوق پیدا کرد تا جایی که شرایط جدیدی در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر) حاکم گردید و بوم‌سامانه‌ی مورد نظر علاوه بر شرایط محدودیت نیتروژنی، شرایط محدودیت فسفوری ($\text{DIN/DIP} > 20$) را نیز تجربه کرده است (نمودار ۱). همچنین میانگین نسبت مولی DSi/DIP در محدوده ۴۰ و ۶۵ متغیر بوده است. این نسبت نشان می‌دهد که این ناحیه از خزر دارای محدودیت سیلیسی برای رشد فیتوپلانکتون نیست (نمودار ۱) که با گزارش دیگران نیز همخوانی دارد.

جدول ۳: تغییرات DIN/DIP در فصول مختلف حوزه‌ی جنوبی دریای خزر در سال‌های مختلف

| سال | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | سالانه |
|------------|-----------------------|----------|-----------|-----------|----------|
| ۱۳۷۵ | Mean±SE ۱۰/۷±۰/۳ | ۴/۵±۰/۳ | ۵/۰±۰/۲ | ۸/۲±۰/۸ | ۷/۱±۰/۶ |
| | Min.-Max. ۱/۰-۵۲/۳ | ۰/۵-۲۱/۷ | ۰/۶-۱۴/۶ | ۰/۶-۳۷/۸ | |
| ۱۳۸۳-۸۴ | Mean±SE ۵/۵±۰/۶ | ۳/۸±۰/۴ | ۵/۰±۰/۷ | ۶/۳±۰/۸ | ۵/۱±۰/۵ |
| | Min.-Max. ۲/۶-۷/۵ | ۲/۰-۴/۸ | ۴/۰-۶/۲ | ۶/۸-۷/۹ | |
| ۱۳۸۷ | Mean±SE ۱۳/۲±۰/۷ | ۱۱/۹±۱/۱ | ۱۶/۲±۰/۹ | ۱۹/۱±۰/۳ | ۱۵/۳±۰/۵ |
| | Min.-Max. ۳/۸-۴۵/۶ | ۲/۶-۸۲/۶ | ۵/۰-۵۲/۰ | ۴/۷-۶۴/۰ | |
| تحقیق حاضر | Mean±SE ۲۲/۴±۱/۷ | ۱۹/۱±۱/۲ | ۳۵/۶±۴/۲ | ۲۸/۸±۲/۵ | ۲۶/۵±۱/۴ |
| | Min.-Max. ۳/۲-۷۸/۸ | ۳/۲-۶۲/۴ | ۳/۹-۱۷۹/۵ | ۳/۱-۱۲۹/۷ | |

محققین در مطالعات مختلف متذکر گردیدند که پارامترهای محیطی بر روی یکدیگر اثر داشته و باید در آنالیزهای آماری در نظر گرفته شوند. در تحقیق حاضر جهت نشان دادن این برهمکنش‌ها از آنالیز چند متغیره توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) که ماتریسی از مشاهدات (داده‌ها) و متغیرها (پارامترها مواد مغذی) است، استفاده شده است. آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) بر اساس پارامترهای مواد مغذی آب نیز فصول مختلف را به چهار فصل بهار، تابستان،

نسبت Redfield ($\text{C}_{106}:\text{N}_{16}:\text{P}_1:\text{Si}_{16}$) در اصل یک سنگ بنای ژئوشیمی زیستی است که رابطه‌ی بین اجزای میکروارگانیزم و شیمی آب را نشان می‌دهد (Harrison et al., 1976, 1977). انحراف در نسبت این مواد مغذی پلاژیک بیانگر محدودیت در تولیدات اولیه (رشد فیتوپلانکتونی) در یک بوم‌سامانه‌ی آبی است. به بیان دیگر نسبت استوکیومتری^۱ مواد مغذی بر آورد خوبی برای نشان دادن محدودیت رشد فیتوپلانکتون در یک بوم‌سامانه‌ی آبی است (Redfield et al., 1963; Brzezinski, 1985). مطالعه روی سنیتیک جذب مواد مغذی نشان داد که اگر نسبت مولی DIN/DIP محیط کمتر از ۱۰ باشد نشان دهنده محدودیت نیتروژنی است (Parsons et al., 1961; Healey and Hendzel, 1979; Brzezinski, 1985; Lvasseur and Therriault, 1987). در مقابل، اگر $\text{DSi/DIP} < 10$ باشد، نشان دهنده محدودیت سیلیسی (Harrison et al., 1976, 1977; Lvasseur and Therriault, 1987) و اگر DIN/DIP بیش از ۲۰-۳۰ باشد، نشان دهنده محدودیت فسفوری است (Goldman et al., 1979; Healey and Hendzel, 1979).

Harrison et al. (1976, 1977), Perry and Eppley (1981) و Nelson and Brzezinski (1990) عنوان کردند که محدودیت مواد مغذی بر اساس نسبت آنها باید با در نظر گرفتن حد آستانه‌ی این ترکیبات (ازت، فسفر و سیلیس) همراه باشد. بر اساس مطالعه‌ی جذب سینتیک آنها، میزان آستانه‌ی ترکیبات DIN ، DIP و DSi به ترتیب برابر ۱/۰، ۰/۱ و ۲/۰ میکرومولار است (Dortch and Whitledge, 1992 Rabalais and Turner, 2001; Justic et al., 1995). در تحقیق حاضر مقادیر به دست آمده در مورد DIN (۹۹٪)، DIP (۹۳٪) و DSi (۱۰۰٪) در اکثر فصول بیش از حد آستانه هستند. بنابراین نسبت مولی این ترکیبات می‌تواند مورد سنجش محدودیت رشد فیتوپلانکتون قرار گیرد. در دریای خزر نسبت ازت/ فسفر دارای محدوده‌ی بسیار باریکی است و مقادیر آن چند برابر کمتر از دیگر دریاها است. نسبت سیلیس/ فسفر (Si/P) در محدوده ۸ و ۱۰۰ متغیر است. در تمام فصول سال نیتروژن به عنوان عامل محدوده کننده در رشد فیتوپلانکتون مطرح بوده است، در حالی که سطح فسفر و سیلیس محلول همیشه بالا باقی می‌ماند (Semenov, 1984). بر اساس مطالعات مختلف، دریای خزر به عنوان بوم‌سامانه‌ای با

¹ Stoichiometric

کیهان‌ثانی، ع.ر.، ۱۳۸۸. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریای خزر ۷۸-۱۳۷۷، موسسه تحقیقات شیلات ایران.

واحدی، ف.؛ نصراله تبار، ع.؛ علومی، ی.؛ یونسی پور، ح.؛ الیاسی، ف.؛ نوروزیان، م.؛ دلیناد، غ.ج.، ۱۳۸۹. پروژه بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در کرانه های جنوبی دریای خزر سال ۸۶ موسسه تحقیقات شیلات ایران.

هاشمیان، ع.؛ روشن طبری، م.؛ روحی، ا.؛ مخلوق، آ.؛ گنجیان، ع.؛ تهامی، ف.؛ رستمیان، م.ت.؛ کیهان ثانی، ع.ر.؛ هاشمیان، ع.؛ سالاروند، غ.ر.؛ افراپی، ع.؛ شیخ الاسلامی، ع.؛ فراخی، ع.؛ امانی، ق.ع.؛ واحدی، ف.؛ علومی، ی.؛ نصراله تبار، ع.؛ واردی، ا.؛ نجف پور، ش.؛ سلمانی، ع.؛ غلامی پور، س.؛ یونسی پور، ح.، ۱۳۸۸. پروژه بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریای خزر در اعماق کمتر از ۱۰ متر، سال ۸۳-۱۳۸۲، موسسه تحقیقات شیلات ایران.

Aladin, N.V. and Plotnikov, I.S., 2004. Impact of invasive species on the Caspian Sea. In: Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems, St. Petersburg. Moscow, Russian. 231-242 PP.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard method for examination of water and wastewater. 18th edition. American public health association publisher. Washington, USA. 1113P.

Bronk, D.A., 2002. Dynamics of organic nitrogen. In: Hansell DA, Carlson CA (eds) Biogeochemistry of marine dissolved organic matter. Academic Press San Diego. 153-247 pp.

Bronk, D.A.; See J.H.; Bradley, P. and Killberg, L., 2007. DON as a source of bioavailable nitrogen for phytoplankton. Biogeosciences, 4:283-296.

Brzezinski, M., 1985. The Si:C:N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables. Journal of Phycology, 21:347-357.

Buckley, D.E. and Winters, G.V., 1992. Geochemical characteristics of contaminated surficial sediments in Halifax Harbor: Impact of waste discharge. Canadian

پاییز و زمستان تفکیک کرده است. در این آنالیز پارامترهای DIP ، DIN ، NO_3^- و DOP نقش مهمی در تفکیک کردن فصول ایفا کرده‌اند.

۵. سیاست‌گذاری

این پروژه به‌وسیله‌ی موسسه تحقیقات شیلات ایران و وزارت جهاد کشاورزی تامین مالی گردید. لذا از پرسنل بخش هیدروشنیمی پژوهشکده‌ی اکولوژی دریای خزر برای آنالیز نمونه‌ها تشکر می‌شود. همچنین از کاپیتان و خدمه‌ی کشتی تحقیقاتی گیلان جهت همکاری در نمونه‌برداری قدردانی می‌گردد. سرانجام از داوران محترم برای پیشنهادات و نظرات سازنده‌ی خود جهت ارتقا و بهبود کیفیت این مقاله کمال تشکر و سپاس‌گذاری به‌عمل آید.

منابع

پورغلام، ر.؛ روشن طبری، م.؛ سلمانی رودی، ع.؛ مخلوق، آ.؛ تکمیلیان، ک.؛ روحی، ا.؛ رستمیان، م.ت.؛ گنجیان، ع.؛ واردی، ا.؛ کیهان ثانی، ع.ر.؛ واحدی، ف.؛ نجف‌پور، ش.؛ نصراله زاده ساروی، ح.؛ هاشمیان، ع.؛ تهامی، ف.؛ لالویی، ف.؛ غلامی پور، س.؛ علومی، ی.؛ سالاروند، غ.ر.، ۱۳۷۴. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با همکاری انستیتو تحقیقات کاسپنریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، ۷۴-۱۳۷۳، انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران.

حسینی، س.ع.؛ گنجیان، ع.؛ مخلوق، آ.؛ کیهان ثانی، ع.ر.؛ تهامی، ف.؛ محمد جانی، ط.؛ حیدری، ع.؛ مکارمی، م.؛ مخدومی، ن.م.؛ روشن طبری، م.؛ تکمیلیان، ک.؛ روحی، ا.؛ رستمیان، م.ت.؛ فلاحی، م.؛ سبک آرا، ح.؛ خسروی، م.؛ واردی، ا.؛ هاشمیان، م.؛ واحدی، ف.؛ نصرالله زاده ساروی، ح.؛ نجف پور، ش.، ۱۳۸۹. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوزه جنوبی دریای خزر تا عمق ۸۰۰ متری در سال ۱۳۷۵، موسسه تحقیقات شیلات ایران.

رستمیان، م.ت.؛ مکرمی رستمی، ع.؛ خداپرست، ن.ب.؛ کیهان ثانی، ع.ر.؛ نصراله تبار، ع.، ۱۳۸۹. پروژه بررسی پراکنش و فراوانی شانه-دار *Mnemiopsis leidyi* در سواحل ایرانی دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران.

لالویی، ف.؛ پیری، م.؛ نگارستان، ح.؛ شفیع‌پور، م.م.؛ زلفی‌نژاد، ک.؛

- Sea. The Hague, SPB Academic Publishing, Russia. 259P.
- Leonov, A.V. and Stygar, O.V., 2001. Mathematical Modeling of Organogenic Material Biotransformation Processes for Studying the Conditions of Water Eutrophication in the Caspian Sea Surface Layer. *Water Resource*, 28:535-552.
- Levasseur, M.E. and Therriault, J.C., 1987. Phytoplankton biomass and nutrient dynamics in a tidally induced upwelling: the role of the $\text{NO}_3:\text{SiO}_4$ ratio. *Marine Ecology Progress Series*, 39:87-97.
- Libby, P. and Wheeler, P., 1997. Particulate and dissolved organic nitrogen in the central and eastern equatorial Pacific. *Deep-Sea Research*, 44:345-361.
- Moncheva, S.; Gotsis-Skretas, O.; Pagou, K. and Krastev, A., 2001. Phytoplankton Blooms in Black Sea and Mediterranean Coastal Ecosystems Subjected to Anthropogenic Eutrophication: Similarities and Differences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53:281-295.
- Murphy, J. and Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphates in natural waters. *Analytical Chimica Acta*, 27:31-36.
- Nasrollahzadeh, H.S., 2008. Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea. Ph.D. Thesis. School of Biological Sciences (SBS), University Science Malaysia (USM), Malaysia. 245 P.
- Nasrollahzadeh, H.S.; Din, Z.B.; Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*, 28:1153-1165.
- Nelson, D.M. and Brzezinski, M.A., 1990. Kinetics of silicic acid uptake by natural diatom assemblages in two Gulf Stream warm-core rings. *Marine Ecology Progress Series*, 62:283-292.
- Journal of Earth Sciences, 29:2617-2639.
- Carpenter, E.J. and Capone, D.G. (Eds.), 1983. Nitrogen in the marine environment. Academic Press. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London. 900P.
- Dortch, Q. and Whittedge, T.E., 1992. Does nitrogen or silicon limit phytoplankton production in the Mississippi River plume and nearby regions?. *Continent Shelf Research*, 12:1293-1309.
- Dumont, H.J., 1998. The Caspian lake: History, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43(1): 44-52.
- Goldman, J.C., McCarthy, J.J. and Peavey, D.G., 1979. Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature*, 279:210-215.
- Hansell, D.A.; Williams, P.M. and Ward B.B., 1993. Measurements of DOC and DON in the Southern California Bight using oxidation by high temperature combustion. *Deep-Sea Research*, 40:219-234.
- Harrison, P.J.; Conway H.L.; and Dugdale, R.C., 1976. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. I. Cellular chemical composition and steady state growth kinetics of *Skeletonema costatum*. *Marine Biology*, 35:177-186.
- Harrison, P.J.; Conway, H.L., Holmes, R.W. and Davis, C.O., 1977. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. III. Cellular chemical composition and morphology of three marine diatoms. *Marine Biology*, 43:19-31.
- Healey, F.P. and Hendzel, L.L., 1979. Fluorometric measurement of alkaline phosphatase activity in algae. *Freshwater Biology*, 9:429-439.
- Justic, D.; Rabalais, N.N.; Turner, R.E. and Dortch, Q., 1995. Changes in nutrient structure of river-dominated coastal waters: stoichiometric nutrient balance and its consequences. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 40:339-356.
- Kosarev, A.N. and Yablonskaya, E.A., 1994. The Caspian

- Caspian Sea abroad R/V Issledovatel Kaspiya. Oceanology, 46(3): 446-448.
- Schoer, J., 1985. Iron-oxo-hydroxides and their significance to the behavior of heavy metals in estuaries. Environmental Technologies Letters, 6:189-202.
- Semenov, Y., 1984. DIN/DIP and DSi/DIP ratios in the central and southern Caspian Sea. Hydrobiologia, 3:71-73.
- Shiganova, T.A.; Sapozhnikov, V.V.; Musaeva, E.I.; Domanov, M.M.; Bulgakova, Yu, V.; Belov, A.A.; Zazulya, N.I.; Zernova, V.V.; Kuleshov, A.F.; Sokol'skii, A.F.; Imirbaeva, R.I. and Mikuiza, A.S., 2003. Factors determining the conditions of distribution and quantitative characteristics of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the North Caspian. Oceanology, 43:676-693.
- Siapatis, A.; Giannoulaki, M.; Valavanis, V.D.; Palialexis, A.; Schismenou, E.; Machias, A. and Somarakis, S., 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. Hydrobiologia, 612:281-295.
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenolhypochlorite method. Limnology and Oceanography, 14:799-801.
- Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. Marine Chemistry, 10:109-122.
- Vorgelegt, V., 2002. Biogeochemical Conversion of Nitrogen in Enclosed Pelagic Coastal Ecosystems of the German Bight: Mesocosm and Modelling Studies. Ph.D. Thesis. University of Hamburg, Germany. 103P.
- Yurkovskis, A., 2004. Long-term land-based and internal forcing of the nutrient state of the Gulf of Riga (Baltic Sea). Journal of Marine Systems, 50:181-197.
- Padro, R.; Barrado, E.; Castrillejo, Y.; Valasco, M.A. and Vaga, M., 1993. Study of the contents and speciation of heavy metals in river sediments by factor analysis. Analytical Letters, 26:1719-1739.
- Parsons, T.R.; Stephens, K. and Strickland, J.D., 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton. Journal of the Fisheries Research Board Canada, 18:1001-1016.
- Perry, M.J. and Eppley, R.W., 1981. Phosphate uptake by phytoplankton in the central North Pacific Ocean. Deep-Sea Research I, 28:39-49.
- Rabalais, N.N. and Eugene Turner, R., 2001. Coastal Hypoxia: Consequences for Living Resources and Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies. American Geophysical Union. USA. 463P.
- Redfeild, A.C.; Ketchum, B.H. and Richards, F.A., 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In: M.N. Hill (eds.) The Sea, Wiley. New York, USA. 26P.
- Roohi, A.; Kideys, A.E.; Sajjadi, A.; Hashemian, A.; Pourgholam, R.; Fazli, H.; Ganjian Khanari, A and Eker-Develi, E., 2009. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis Leidyi*. Biology Invasions, 12(7): 2343-2361.
- Sapozhnikov, V.N.; Agativa, A.E.; Arjanova, N.V.; Nalitova, E.A.; Mardosova, N.V.; Zobarowij, V.L. and Bandarikov E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher. Moscow, Russia. 80P.
- Sapozhnikov, V.V.; Katunin, D.N.; Lukyanova, O.N.; Batrak, K.V. and Azarenko, A., 2006. Hydrological and hydrochemical studies in the central and southern