

ارزیابی اکولوژیک آلودگی آلی خلیج گرگان با استفاده از شاخص جلبکی پالم

پریسا ملکی^۱، رحمان پاتیمار^{۱*}، حجت الله جعفریان^۱، عبدالرسول سلمان ماهینی^۲، رسول قربانی^۳،

محمد قلی‌زاده^۱ و محمد هرسیج^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۱۹)

چکیده

در سال‌های اخیر بررسی‌های زیادی بر روی مشکل آلودگی دریای خزر انجام شده، اما اطلاعات مرتبط با آلودگی خلیج گرگان محدود است. بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی آلودگی آلی خلیج گرگان با استفاده از شاخص جلبکی پالم بود. نمونه برداری فصلی از تابستان ۱۳۹۷ تا بهار ۱۳۹۸ با سه تکرار انجام شد. نمونه‌های فیتوپلانکتون توسط بطری با حجم یک لیتر از عمق سطحی (حداکثر تا ۰/۵ متر) جمع‌آوری و با فرمالین بافر ۲/۵ درصد در محل تثبیت شدند. در مجموع تعداد ۲۳ ایستگاه در کل خلیج گرگان انتخاب و به سه بخش شرقی (شامل ۷ ایستگاه)، مرکزی (شامل ۸ ایستگاه) و غربی (شامل ۸ ایستگاه) تقسیم‌بندی شدند. نتایج حاصل از شاخص پالم نشان داد تمام بخش‌های خلیج در هر چهار فصل در دسته آب‌های دارای آلودگی آلی بسیار زیاد قرار می‌گیرند. مقایسه سه بخش خلیج در مطالعه حاضر نشان داد که در فصول تابستان، پاییز و زمستان بخش مرکزی دارای بیشترین میزان آلودگی است و تنها در فصل بهار، بالاترین مقدار شاخص در غرب خلیج مشاهده شد. غالب بودن جنس‌های مقاوم به آلودگی مانند *Navicula*، *Cyclotella*، *Euglena*، *Oscillatoria*، *Synedra* و *Nitzschia* در طول سال نیز از دیدگاه طبقه‌بندی این مکان به عنوان یوتروفیک، حمایت می‌کند. به‌طور کلی نتایج شاخص جلبکی نشان می‌دهد که کیفیت آب خلیج گرگان به سطح بحرانی رسیده است.

واژه‌های کلیدی: فیتوپلانکتون، شاخص پالم، خلیج گرگان، آلودگی آلی

۱. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

۲. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳. گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rpatimar@yahoo.com

مقدمه

آلودگی آلی پیکره‌های آبی یکی از مهمترین موضوعات کیفیت آب و یک مشکل مهم زیست‌محیطی است. تقریباً تمام پیکره‌های آبی به‌طور گسترده تحت تأثیر شهرنشینی و جمعیت انسانی قرار گرفته‌اند (۴ و ۳۹). کیفیت آب‌های سطحی توسط فرایندهای طبیعی و ورودی‌های انسانی تعیین می‌شود. فاضلاب‌های انسانی یک منبع آلاینده ثابت و رواناب‌های سطحی یک پدیده فصلی است که تا حد زیادی تحت تأثیر آب و هوا در حوضه است (۳۸ و ۴۸). رشد سکونت در مجاورت دریاچه‌ها بدون سیستم مناسب دفع فاضلاب، بار مواد آلی و مواد مغذی موجود در دریاچه را افزایش می‌دهد (۳۵). فرسایش زمین در حوضه منابع آبی نه تنها بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها تأثیر می‌گذارد بلکه آب را با مواد مغذی غنی می‌کند (۴۷). از آنجا که بیشتر رودخانه‌ها به دریاها ختم می‌شوند، بسیاری از مناطق ساحلی به دلیل دفع زباله شهری با مشکل کیفیت آب روبه‌رو هستند (۴۶). ضایعات شیمیایی حاصل از فرایندهای صنعتی گاهی به‌طور تصادفی در رودخانه ریخته می‌شود. نمونه‌هایی از این گونه آلاینده‌ها شامل سیانید، روی، سرب، مس، کادمیوم و جیوه است (۳۰). بنابراین، منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای هر دو مسئول تخریب کیفیت آب‌های ساکن هستند و تلاش برای مدیریت آلاینده‌های آلی امر بسیار مهمی است. جلبک‌ها برای تعیین کیفیت آب و ارزیابی میزان آلودگی یا به‌عنوان شاخص آلودگی آب در منابع آبی مختلف استفاده می‌شوند (۶، ۷، ۸، ۱۳، ۱۹، ۳۳، ۴۱ و ۴۶). مطالعه جلبک‌ها به‌دلیل طول عمر کوتاه، واکنش سریع به آلاینده‌ها و تعیین آسان تعداد آنها، جزء سریع‌ترین روش‌های زیست‌شناختی در بررسی تغییر کیفیت آب به‌شمار می‌رود (۲). اولین تلاش برای شناسایی و تهیه فهرستی از جنس‌ها و گونه‌های جلبکی مقاوم به آلودگی توسط پالمر (۲۳) انجام شده است. شاخص جلبکی پالمر یک روش سریع، قابل اعتماد و نسبتاً ارزان برای ثبت آلودگی آب در نظر گرفته می‌شود (۲۱). این شاخص برای آلودگی غیر آلی و میزان یوتروفیکاسیون (۳) نیز

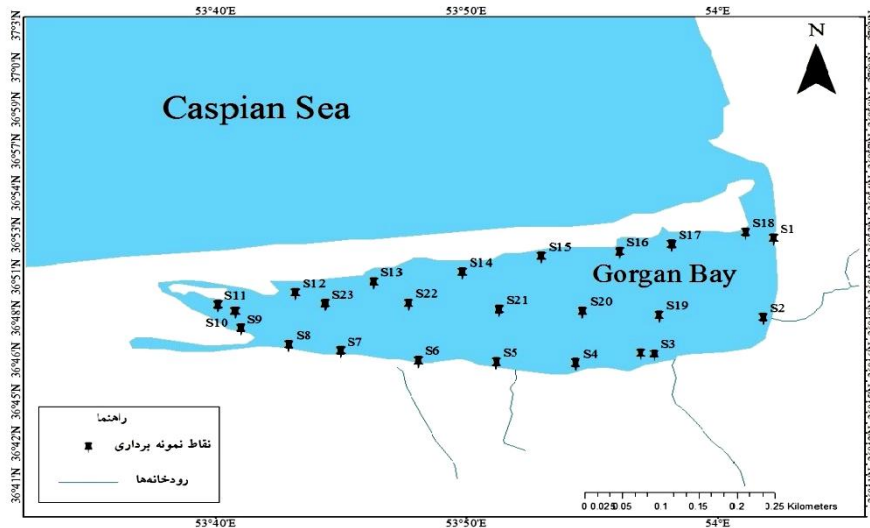
مورد استفاده قرار می‌گیرد. سالم و همکاران (۳۴)، اوپادیای و همکاران (۴۷)، خوزه و کومار (۱۲)، جعفری و گونل (۱۱)، نوئل و راجان (۲۱)، تهامی و همکاران (۴۳)، و خلیفه نیلساز و کیان ارثی (۱۵) مطالعاتی را برای ارزیابی آلودگی با استفاده از شاخص پالمر در منابع آبی مختلف انجام داده‌اند. مظاهری کوهانستانی و همکاران (۱۸) در بخشی از مطالعاتشان، از شاخص پالمر برای بررسی آلودگی در خلیج گرگان استفاده و گزارش کردند که خلیج در طول تابستان در نزدیکی دهانه دارای آلودگی آلی زیاد و در مناطق داخلی فاقد آلودگی است. با توجه به اینکه شاخص جلبکی پالمر برای بررسی آلودگی آلی آب، شاخصی سریع، ارزان و قابل اعتماد است و همچنین با توجه به وسعت زیاد خلیج گرگان و عدم بررسی تمام قسمت‌های آن، مطالعه این موضوع ضرورت دارد. هدف کلی از پژوهش حاضر ارزیابی میزان آلودگی آلی خلیج گرگان با استفاده از شاخص پالمر و یافتن جنس‌های فیتوپلانکتونی شاخص در مکان‌های آلوده به مواد آلی است.

روش کار

خلیج گرگان با مساحت ۴۰۰ کیلومتر مربع، ۶۰ کیلومتر طول، عرض متوسط ۱۲ کیلومتر، حداکثر عمق ۶/۵ متر و عمق متوسط ۱/۵ متر در انتهای جنوب‌شرقی دریای خزر واقع شده است (۱۴ و ۳۶). نمونه‌برداری فصلی از تابستان ۱۳۹۷ تا بهار ۱۳۹۸ با سه تکرار انجام شد. در مجموع تعداد ۲۳ ایستگاه با تقسیم به سه منطقه شرقی، مرکزی و غربی (از نظر وسعت و مساحت) بررسی شد. ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ (۷ ایستگاه) به‌عنوان منطقه شرقی، ایستگاه‌های ۴، ۵، ۶، ۱۴، ۱۵، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ (۸ ایستگاه) به‌عنوان منطقه مرکزی و ایستگاه‌های ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۲۳ (۸ ایستگاه) به‌عنوان منطقه غربی خلیج تقسیم‌بندی و مطالعه شد (جدول ۱ و شکل ۱). در نهایت میانگین سه بخش به‌عنوان کل خلیج در نظر گرفته و بررسی شد. نمونه‌های فیتوپلانکتون توسط بطری نمونه‌برداری با حجم یک لیتر از عمق سطحی (حداکثر تا عمق

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری و تقسیم‌بندی آنها

| ایستگاه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ |
|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| منطقه | شرقی | شرقی | شرقی | مرکزی | مرکزی | مرکزی | غربی | غربی | غربی | غربی | غربی | غربی | غربی | مرکزی | مرکزی | شرقی | شرقی | شرقی | شرقی | مرکزی | مرکزی | مرکزی | غربی |
| X | N3656824 | N3649844 | N3648037 | N3647555 | N3647617 | N3647707 | N3648158 | N3648474 | N3649300 | N3650175 | N3650481 | N3651102 | N3651675 | N3652144 | N3652907 | N3653128 | N3653495 | N3654102 | N3649984 | N3650176 | N3650245 | N3650583 | N3650537 |
| Y | E05402353 | E5402001 | E535781 | E5353908 | E05350469 | E5347094 | E5343740 | E05341553 | E5339420 | E5339204 | E05338458 | E05341809 | E05345182 | E5349012 | E05352431 | E05355789 | E5358050 | E5401230 | E5357492 | E5354218 | E5350596 | E5346671 | E5343059 |



شکل ۱. تصویر موقعیت نقاط نمونه برداری (رنگی در نسخه الکترونیکی)

ضریب مخصوص داده شد (جدول ۲) و در نهایت این ضرایب جمع شده و عدد نهایی شاخص به‌دست آمد (۲۳). مقادیر محاسبه شده با مقادیر مرجع پیشنهادی (۲۳) مقایسه شد. عدد نهایی ۹- نشان‌دهنده نبود آلودگی، ۱۴-۱۰ آلودگی متوسط، ۱۹-۱۵ آلودگی زیاد و ۲۰ یا بیشتر نشان‌دهنده آلودگی آلی بسیار زیاد است.

نتایج

در تحقیق حاضر خلیج گرگان در ۲۳ ایستگاه و با تقسیم‌بندی به سه منطقه شرقی، مرکزی و غربی بررسی شده و در مجموع

۵/۰ متر) تهیه شدند. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در هر ایستگاه، به ظروف نمونه‌برداری برچسب‌گذاری شده که حاوی مشخصات ایستگاه، تاریخ و زمان نمونه‌برداری بود منتقل و بلافاصله با فرمالین بافر ۲/۵ درصد در محل تثبیت شدند. تغلیظ نمونه‌ها با روش سانتریفیوژ (۱۷) و شناسایی و شمارش نمونه‌ها با میکروسکوپ مدل Nikon ECLIPSE E600 و لام سدویک رفته انجام شد. برای شناسایی نمونه‌ها از کلیدهای شناسایی (۹، ۲۸ و ۴۵) استفاده شد. از شاخص پالمر برای محاسبه آلودگی آلی آب استفاده شد. نحوه محاسبه این شاخص به این صورت بود که به هر جنس شناسایی شده در نمونه

جدول ۲. ضرایب آلودگی پالم‌ر برای هر جنس

| جنس | ضریب | جنس | ضریب | جنس | ضریب | جنس | ضریب |
|----------------|------|--------------|------|-------------|------|--------------|------|
| Anacystis | ۱ | Micractinium | ۱ | Cyclotella | ۱ | Phacus | ۲ |
| Ankistrodesmus | ۲ | Navicula | ۳ | Euglena | ۵ | Phormidium | ۱ |
| Chyamydomonas | ۴ | Nitzschia | ۳ | Gomphonema | ۱ | Scenedesmus | ۴ |
| Chlorella | ۳ | Oscillatoria | ۵ | Lepocincils | ۱ | Stigoclonium | ۲ |
| Closterium | ۱ | Pandorina | ۱ | Melosira | ۱ | Synedra | ۲ |

پاییز، زمستان و بهار به ترتیب برابر با ۲۵، ۲۳، ۲۲ و ۲۴ است که بر اساس شاخص پالم‌ر در هر چهار فصل در دسته آب‌های دارای آلودگی آلی بسیار زیاد قرار می‌گیرد. جنس‌های *Oscillatoria*، *Euglena*، *Ankistrodesmus*، *Cyclotella*، *Navicula*، *Nitzschia* و *Synedra* در هر چهار فصل در این بخش مشاهده شدند (جدول ۵ و نمودار ۲).

منطقه غربی خلیج گرگان

در مجموع ۲۴ جنس فیتوپلانکتونی در این منطقه مشاهده شد که تعداد ۱۰ جنس جزء جنس‌های شاخص آلودگی پالم‌ر هستند. میزان شاخص در این منطقه برای چهار فصل تابستان، پاییز، زمستان و بهار به ترتیب ۲۳، ۱۹، ۲۱ و ۲۵ به دست آمد که بر اساس دسته‌بندی شاخص پالم‌ر در فصل‌های تابستان، زمستان و بهار در دسته آب‌های دارای آلودگی آلی بسیار زیاد و در فصل پاییز در دسته آب‌های دارای آلودگی آلی زیاد قرار می‌گیرد. جنس‌های *Oscillatoria*، *Euglena*، *Cyclotella*، *Navicula*، *Nitzschia* و *Synedra* در هر چهار فصل در این بخش مشاهده شدند (جدول ۶ و نمودار ۳).

کل خلیج گرگان

در این منطقه در مجموع ۴۰ جنس فیتوپلانکتونی مشاهده شد که تعداد ۱۱ جنس جزء جنس‌های شاخص آلودگی پالم‌ر هستند. اعداد به دست آمده از شاخص در این منطقه برای چهار فصل تابستان، پاییز، زمستان و بهار به ترتیب ۲۸، ۲۳، ۲۳ و ۲۵ است که بر اساس دسته‌بندی شاخص پالم‌ر در هر چهار فصل در دسته آب‌های دارای آلودگی آلی بسیار زیاد قرار می‌گیرند.

۴۰ جنس فیتوپلانکتون شناسایی شد. از این ۴۰ جنس، هفت جنس متعلق به *Cyanophyta*، شش جنس متعلق به *Chlorophyta*، یک جنس متعلق به *Charophyta*، پنج جنس متعلق به *Pyrrhophyta*، دو جنس متعلق به *Euglenophyta* و ۱۸ جنس متعلق به *Bacillariophyta* است. در مجموع ۱۱ جنس که شاخص آلودگی آلی پالم‌ر هستند مشاهده شد. جنس‌های *Oscillatoria*، *Euglena*، *Cyclotella*، *Navicula*، *Nitzschia* و *Synedra* در همه بخش‌ها مشاهده شدند. کل جنس‌های جلبکی مشاهده شده در خلیج در چهار فصل تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۷ و بهار ۱۳۹۸، به ترتیب در جدول ۳ نشان داده شده است.

منطقه شرقی خلیج گرگان

در مجموع ۲۷ جنس فیتوپلانکتونی در این منطقه مشاهده شد که تعداد ۱۱ جنس جزء جنس‌های شاخص آلودگی پالم‌ر بودند. میزان شاخص در این منطقه برای چهار فصل تابستان، پاییز، بهار و زمستان به ترتیب ۲۳، ۲۳، ۲۰ و ۲۱ به دست آمد که بر اساس دسته‌بندی شاخص پالم‌ر، در هر چهار فصل در دسته آب‌های دارای آلودگی آلی بسیار زیاد قرار می‌گیرد. جنس‌های *Oscillatoria*، *Euglena*، *Cyclotella*، *Navicula*، *Nitzschia* و *Synedra* در هر چهار فصل در این بخش مشاهده شدند (جدول ۴ و نمودار ۱).

منطقه مرکزی خلیج گرگان

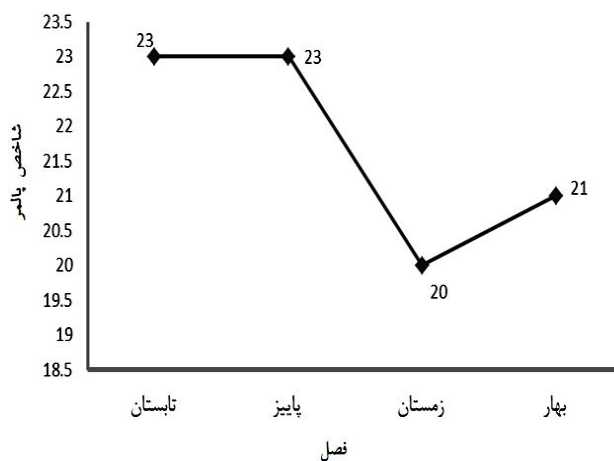
در مجموع ۲۸ جنس فیتوپلانکتونی در این منطقه مشاهده شد که تعداد ۱۰ جنس جزء جنس‌های شاخص آلودگی پالم‌ر هستند. میزان شاخص در این منطقه برای فصل‌های تابستان،

جدول ۳. جنس‌های فیتوپلانکتونی مشاهده شده در خلیج گرگان طی تابستان ۱۳۹۷ تا بهار ۱۳۹۸ (+: حضور، -: عدم حضور)

| ردیف | شاخه | جنس | تابستان ۱۳۹۷ | | | | پاییز ۱۳۹۷ | | | | زمستان ۱۳۹۷ | | | | بهار ۱۳۹۸ | | | |
|------|-----------------|--------------------|--------------|----|----|----|------------|----|----|----|-------------|----|----|----|-----------|----|----|----|
| | | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |
| ۱ | | Oscillatoria | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۲ | | Lyngbya | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - | - | - | - | - |
| ۳ | | Anabaena | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۴ | Cyanophyta | Cylindrospermopsis | + | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | - | - | - | - |
| ۵ | | Spirulina | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۶ | | Merismopedia | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۷ | | Chroococcus | + | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۸ | | Ankistrodesmus | + | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| ۹ | | Kirchneriella | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۱۰ | | Schroederia | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۱۱ | Chlorophyta | Planctonema | + | - | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۱۲ | | Chlorella | + | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۱۳ | | Closterium | - | - | - | - | + | + | + | + | - | + | + | + | - | + | + | - |
| ۱۴ | | Coelastrum | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۱۵ | Charophyta | Spirogyra | - | - | - | - | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۱۶ | | Exuviaella | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۱۷ | | Proocentrum | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۱۸ | Pyrrhophyta | Gymnodinium | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۱۹ | | Peridinium | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| ۲۰ | | Gonyaulax | + | - | - | + | + | + | + | + | - | + | + | + | - | + | + | - |
| ۲۱ | Euglenophyta | Euglena | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۲۲ | | Phacus | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + | - | - | - | + |
| ۲۳ | | Cocconies | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۲۴ | | Coccinodiscus | + | - | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۲۵ | | Cyclotella | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۲۶ | | Cymbella | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۲۷ | | Diatoma | + | - | + | - | - | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۲۸ | | Gyrosigma | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۲۹ | | Melosira | + | - | - | + | + | + | + | + | - | - | - | - | + | + | - | - |
| ۳۰ | | Navicula | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۳۱ | | Nitzschia | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۳۲ | Bacillariophyta | Rhizosolenia | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + | - | + | + | + |
| ۳۳ | | Surirella | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - | - | - | - | + |
| ۳۴ | | Synedra | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ۳۵ | | Thalassiosira | + | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۳۶ | | Cymatopleura | + | - | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - |
| ۳۷ | | Amphiprora | + | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۳۸ | | Rhoicosphenia | - | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + | - | + | - | - |
| ۳۹ | | Amphora | - | - | - | - | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۴۰ | | Stauroneis | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + | - | - | - | - |
| | | مجموع جنس‌ها | ۳۰ | ۲۰ | ۲۵ | ۲۴ | ۲۶ | ۲۰ | ۲۳ | ۲۰ | ۲۸ | ۲۷ | ۲۸ | ۱۷ | ۳۳ | ۲۶ | ۲۸ | ۲۴ |

جدول ۴. جنس‌های شاخص پالم‌ر مشاهده شده در بخش شرقی خلیج گرگان

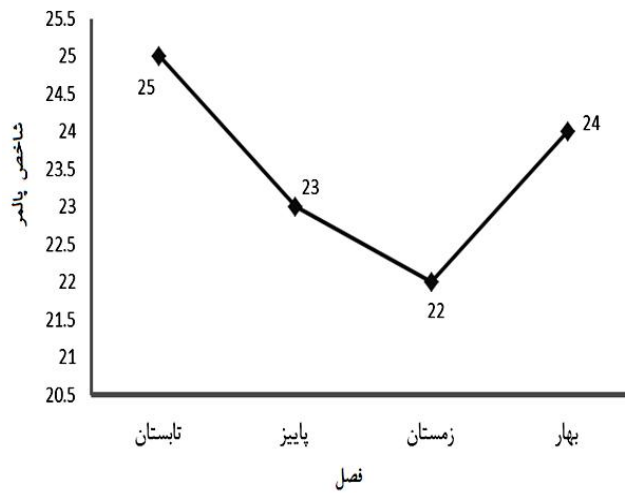
| جنس | ضریب پالم‌ر | تابستان | پاییز | زمستان | بهار |
|----------------|-------------|---------|-------|--------|------|
| Oscillatoria | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| Ankistrodesmus | ۲ | ۲ | ۲ | - | ۲ |
| Chlorella | ۳ | - | - | - | - |
| Closterium | ۱ | ۱ | - | - | - |
| Euglena | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| Phacus | ۲ | - | ۲ | - | - |
| Cyclotella | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| Melosira | ۱ | ۱ | - | - | - |
| Navicula | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| Nitzschia | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| Synedra | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| | | ۲۱ | ۲۰ | ۲۳ | ۲۳ |



نمودار ۱. شاخص پالم‌ر در بخش شرقی خلیج گرگان

جدول ۵. جنس‌های شاخص پالم‌ر مشاهده شده در بخش مرکزی خلیج گرگان

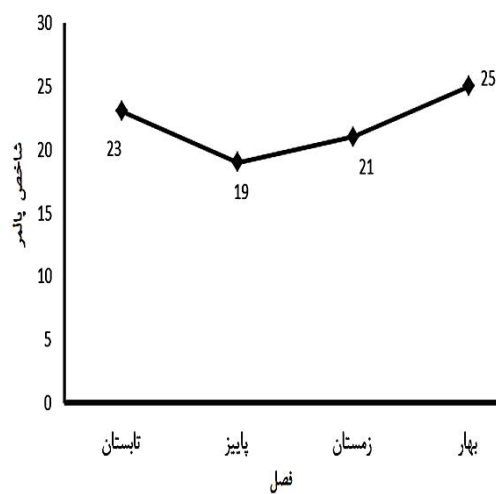
| جنس | ضریب پالم‌ر | تابستان | پاییز | زمستان | بهار |
|----------------|-------------|---------|-------|--------|------|
| Oscillatoria | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| Ankistrodesmus | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| Chlorella | ۳ | ۳ | - | - | - |
| Closterium | ۱ | ۱ | - | - | - |
| Euglena | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| Phacus | ۲ | - | ۲ | - | - |
| Cyclotella | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| Navicula | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| Nitzschia | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| Synedra | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| | | ۲۴ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۵ |



نمودار ۲. شاخص پالمر در بخش مرکزی خلیج گرگان

جدول ۶. جنس‌های شاخص پالمر مشاهده شده در بخش غربی خلیج گرگان

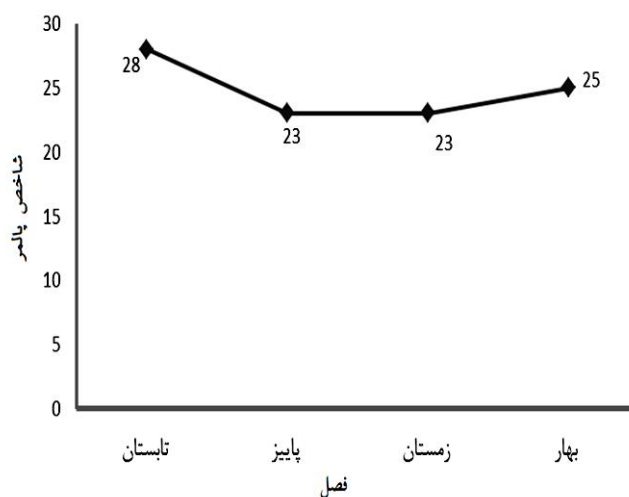
| جنس | ضریب پالمر | تابستان | پاییز | زمستان | بهار |
|----------------|------------|---------|-------|--------|------|
| Oscillatoria | ۱ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| Ankistrodesmus | ۲ | ۲ | - | ۲ | ۲ |
| Chlorella | ۳ | - | - | - | ۳ |
| Euglena | ۴ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| Phacus | ۵ | ۲ | - | - | - |
| Cyclotella | ۶ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| Melosira | ۷ | ۱ | - | - | - |
| Navicula | ۸ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| Nitzschia | ۹ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| Synedra | ۱۰ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| | | ۲۳ | ۱۹ | ۲۱ | ۲۵ |



نمودار ۳. شاخص پالمر در بخش غربی خلیج گرگان

جدول ۷. جنس‌های شاخص پالم‌ر مشاهده شده در کل خلیج گرگان

| جنس | ضریب پالم‌ر | تابستان | پاییز | زمستان | بهار |
|----------------|-------------|---------|-------|--------|------|
| Oscillatoria | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| Ankistrodesmus | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| Chlorella | ۳ | - | - | ۳ | ۳ |
| Closterium | ۱ | ۱ | - | ۱ | - |
| Euglena | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| Phacus | ۲ | ۲ | ۲ | - | - |
| Cyclotella | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| Melosira | ۱ | ۱ | - | ۱ | ۱ |
| Navicula | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| Nitzschia | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| Synedra | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| | | ۲۵ | ۲۳ | ۲۳ | ۲۸ |



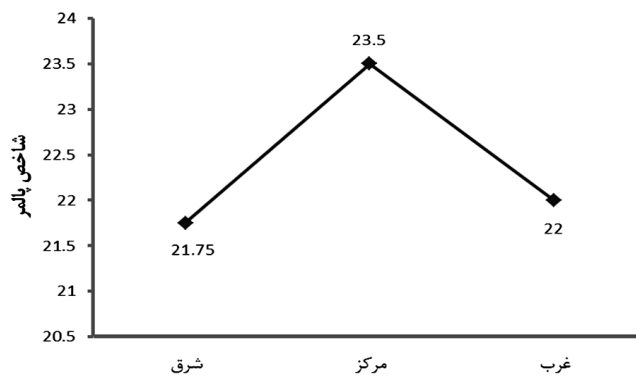
نمودار ۴. شاخص پالم‌ر در کل خلیج گرگان

است و دو بخش دیگر دارای مقدار کمتر با عدد ۲۳ هستند. در فصل پاییز بخش مرکزی و شرقی با عدد ۲۳ آلوده‌تر از بخش غربی با عدد ۱۹ است. در فصل زمستان بالاترین میزان شاخص در مرکز با عدد ۲۲ است و بخش‌های غربی و شرقی به ترتیب مقدار ۲۱ و ۲۰ را نشان دادند. در بهار بالاترین مقدار شاخص در غرب خلیج با عدد ۲۵ دیده شد و کمترین میزان در بخش شرقی با عدد ۲۱ به دست آمد. در نهایت بر اساس اعداد به دست آمده شاخص پالم‌ر می‌توان بخش‌های مختلف خلیج گرگان در

جنس‌های *Oscillatoria*، *Ankistrodesmus*، *Euglena*، *Navicula*، *Cyclotella*، *Nitzschia* و *Synedra* در هر چهار فصل در این بخش مشاهده شدند (جدول ۷ و نمودار ۴). خلاصه اعداد شاخص پالم‌ر در بخش‌های مختلف خلیج گرگان در جدول (۸) و میانگین شاخص پالم‌ر در طی چهار فصل برای بخش‌های مختلف در نمودار ۵ ارائه شده است. مقایسه سه بخش خلیج در مطالعه حاضر نشان داد که در فصل تابستان بخش مرکزی با عدد ۲۵ دارای بیشترین میزان آلودگی

جدول ۸. جنس‌های شاخص پالمر مشاهده شده در خلیج گرگان

| ردیف | جنس | پالمر تابستان | | | | پالمر پاییز | | | | پالمر زمستان | | | | پالمر بهار | | | |
|------|----------------|---------------|-----|------|-----|-------------|-----|------|-----|--------------|-----|------|-----|------------|-----|------|-----|
| | | ضرب پالمر | کلا | متری | کلا | ضرب پالمر | کلا | متری | کلا | ضرب پالمر | کلا | متری | کلا | ضرب پالمر | کلا | متری | کلا |
| ۱ | Oscillatoria | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| ۲ | Ankistrodesmus | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | - | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| ۳ | Chlorella | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۴ | Closterium | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | - | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۵ | Euglena | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| ۶ | Phacus | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | - | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| ۷ | Cyclotella | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۸ | Melosira | ۱ | ۱ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۹ | Navicula | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| ۱۰ | Nitzschia | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| ۱۱ | Synedra | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| | | ۲۳ | ۲۵ | ۲۳ | ۲۳ | ۱۹ | ۲۸ | ۲۳ | ۲۳ | ۲۳ | ۲۳ | ۲۳ | ۲۳ | ۲۵ | ۲۳ | ۲۴ | ۲۵ |



نمودار ۵. مقایسه میانگین چهار فصل شاخص پالمر برای سه بخش خلیج گرگان

برای ارزیابی آلودگی، تمایل به استفاده از جوامع جلبک‌ها به‌عنوان شاخص، نسبت به یک جلبک واحد، بیشتر دیده می‌شود که در مطالعه حاضر نیز مجموعه‌ای از جلبک‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع ۴۰ جنس از شش شاخه *Pyrrhophyta*، *Charophyta*، *Chlorophyta*، *Cyanophyta* و *Euglenophyta* شناسایی شدند که بیشترین تنوع جنس‌ها مربوط به شاخه *Bacillariophyta* بود. علت فراوانی دیاتومه‌ها را می‌توان قدرت تحمل و سازش‌پذیری گروه‌های دیاتومه در برابر تغییرات هیدرولوژیک و ترکیبات آلاینده یا مواد مغذی وارد شده به منابع آب بیان کرد که این

فصول مختلف سال را به ترتیب، تابستان: ۱- مرکزی ۲- شرقی ۲- غربی، پاییز: ۱- شرقی ۲- مرکزی ۳- غربی، زمستان: ۱- مرکزی ۲- شرقی ۳- غربی و بهار: ۱- غربی ۲- مرکزی ۳- شرقی طبقه‌بندی کرد (نمودارهای ۱ تا ۵).

بحث

جوامع جلبکی برای مطالعه آلودگی آب‌ها استفاده می‌شود (۴۰ و ۵۰). این موضوع توسط بسیاری از محققان تأیید شده که جوامع جلبکی نسبت به جلبک‌های منفرد، نشانگرهای قابل اعتمادتری برای مطالعه آلودگی هستند (۲۳، ۲۴ و ۴۴). بنابراین

کلی مشخص‌کننده وجود سطح تغذیه‌ای پیشرفته و اوتروفیکاسیون است (۳۴). حضور پر تراکم این جنس می‌تواند به دلیل ورود فاضلاب‌ها و رواناب‌ها به محیط باشد که نیازمند اقدامات اصلاحی است.

منطقه مرکزی خلیج گرگان

منطقه مرکزی خلیج گرگان بر اساس شاخص پالم در فصل تابستان نشان‌دهنده میزان آلودگی آلی زیاد است که با مطالعات مظاهری و همکاران (۱۸) مغایرت دارد. ایشان گزارش کردند خلیج در بخش داخلی فاقد آلودگی است. همچنین این منطقه در فصول دیگر سال نیز دارای عدد شاخص بالایی بود و در دسته آب‌های با میزان آلودگی آلی بسیار زیاد قرار می‌گیرد. این امر می‌تواند به دلیل حضور مستمر جنس‌های *Oscillatoria*، *Navicula*، *Cyclotella*، *Ankistrodesmus*، *Euglena* و *Nitzschia* باشد که باعث افزایش شاخص پالم شده است.

همچنین حضور جنس *Chlorella* از جلبک‌های سبز در فصل تابستان و بهار با ضریب پالم بالا، می‌تواند به دلیل وجود مواد مغذی زیاد و آلودگی باشد که موافق نظر عبدالحمید (۱) است. همچنین راتناساباپاتی (۳۱) گزارش کرده که *Chlorella*، *Oscillatoria*، *Euglena* و *Ankistrodesmus* در آب‌های به شدت آلوده ساکن هستند. بسیاری از تحقیقات نشان داده که جلبک *Chlorella* در جداسازی مواد مغذی از زهکش‌ها بسیار مؤثر است و امروزه از آن برای کاهش بار مواد مغذی در سیستم‌های آبی استفاده می‌شود. جنس *Phacus* نیز در این منطقه در فصل پاییز مشاهده شد که با مشاهدات رابرت و همکاران (۳۲) و حسمانی و بهاراتی (۱۰) شباهت دارد.

منطقه غربی خلیج گرگان

بر اساس شاخص پالم، منطقه غربی خلیج گرگان در فصل تابستان نشان‌دهنده میزان آلودگی آلی بسیار زیاد است. این عدد در فصل پاییز کاهش پیدا کرده و نشان‌دهنده آب‌های با آلودگی

موضوع مطابق با یافته‌های سالیوان (۴۲) و نیباکین (۲۲) است. *Pyrrhophyta* نیز در تمام طول سال با تراکم زیاد در این منطقه حضور داشتند.

منطقه شرقی خلیج گرگان

منطقه شرقی خلیج گرگان بر اساس شاخص پالم در فصل تابستان دارای میزان آلودگی آلی زیاد است که با یافته‌های محققان دیگر سازگار است، از جمله مظاهری و همکاران (۱۸) که میزان آلودگی خلیج در منطقه دهانه آن را در فصل تابستان زیاد گزارش کردند و همچنین سالم و همکاران (۳۴) که دریافتند دلتای نیل آلودگی بیشتری را در طول تابستان نشان می‌دهد.

میزان آلودگی آلی در سه فصل پاییز، زمستان و بهار بسیار زیاد است که این یافته با نتایج مظاهری و همکاران (۱۸) مغایرت دارد. ایشان گزارش کردند این بخش از خلیج در فصول دیگر دارای آلودگی نیست. این مغایرت می‌تواند به دلیل عمق زیاد و حضور جنس‌های مقاوم به سطح آلودگی آلی بالا مثل *Euglena*، *Navicula*، *Cyclotella*، *Nitzschia* و *Synedra* باشد. نتایج این بخش با یافته‌های بلینگر و سیگی (۳) مطابقت دارد که جنس‌های *Cyclotella*، *Melosiera*، *Nitzschia*، *Synedra*، *Oscillatoria*، *Chlorella* و *Euglena* را به‌عنوان جنس‌های شناسایی شده در مطالعاتشان گزارش کردند. دو جنس *Euglena* و *Oscillatoria* جنس‌هایی با قابلیت تحمل آلودگی بسیار زیاد هستند که در تمام فصول در این بخش مشاهده شدند. این امر می‌تواند دلیل بالا بودن مقدار شاخص در این منطقه باشد که با گزارش پاتریک (۲۴) مطابقت دارد.

جنس *Euglena* در فصل تابستان به وفور در خلیج دیده شد. پالم (۲۳)، رابرت و همکاران (۳۲) و حسمانی و بهاراتی (۱۰) گزارش کردند که جنس‌های *Phacus* spp.، *Lepocinclis* spp. و *Chlamydomonas* spp.، *Euglena* spp. به‌ویژه در فصل تابستان میزان آلودگی آلی زیاد را نشان می‌دهند که نتیجه این مطالعه را تأیید می‌کند. *Euglenophyceae* به‌طور

دهد. در زمستان که عمق آب کم است و خلیج آب کمی دریافت می‌کند، آلودگی آلی کمتری نسبت به تابستان مشاهده شد. این یافته با نتایج مظاهری و همکاران (۱۸) همخوانی دارد که گزارش کردند خلیج گرگان در تابستان دارای آلودگی بسیار زیادی بوده و مناطق نزدیک دهانه آن در وضعیت آلوده قرار دارند.

جلبک‌های سبزآبی جنس *Oscillatoria* در تمام خلیج و همچنین دیاتومه جنس *Melosira* در بیشتر مناطق مشاهده شد. پیرسال (۲۵) اولین کسی بود که ارتباط معنی‌داری بین آلودگی آلی و جلبک‌های سبزآبی با دیاتومه‌های خاصی مانند *Melosira* را بیان کرد. حضور این جنس‌ها نشانه وجود آلاینده‌هایی با منشأ زیستی و آلی است که مشابه مشاهدات رای و کومار (۲۹) و کاست و همکاران (۵) است.

علاوه بر این، دو جنس دیگر مقاوم به آلودگی شامل *Euglena* و *Navicula* در تمام مناطق ثبت شدند که این موضوع با یافته‌های قبلی حسمانی و بهاراتی (۱۰) مطابقت دارد. گزارش والش (۵۰) نیز بیانگر این شباهت‌ها در مشاهدات آنها بوده و ارتباط این جلبک‌ها با آلودگی آلی را تأیید می‌کند.

گونه‌های جلبکی مقاوم به آلودگی در بهبود رودخانه‌ها و دریاچه‌ها بسیار مهم هستند زیرا با فتوسنتز سبب افزایش اکسیژن آب می‌شوند و از طرفی با ترکیب مواد آلی و غیرآلی در سلول‌هایشان، سبب حذف آلاینده‌ها از محیط می‌شوند (۱۶). از این رو کمیت و کیفیت فیتوپلانکتون‌ها شاخص بسیار مناسبی برای تعیین کیفیت آب محسوب می‌شود. از سوی دیگر پلانکتون‌هایی که در رشد و تغذیه ماهی‌ها دخالت دارند بیشتر از دیاتومه‌ها و کلروفیسه‌ها (فیتوپلانکتون‌های مفید) مانند *Nitzschia*، *Chlorella*، *Navicula*، *Closterium*، *Ankistrodesmus* و *Synedra* هستند که در این مطالعه حضور داشتند. بنابراین طبق مطالعات پرادهان و همکاران (۲۷) این پلانکتون‌ها با توجه به کیفیت مناسب آنها برای رشد ماهی دارای امتیازهای بیشتری هستند. کیفیت مناسب آب برای پرورش بسیار ضروری است، به همین منظور ایجاد

بالا است. میزان این شاخص دوباره در فصل زمستان افزایش یافته و در بهار به اوج خود می‌رسد، به طوری که آلوده‌ترین فصل سال در این منطقه طبق مشاهدات، فصل بهار است (نمودار ۳). بالا بودن شاخص در تابستان می‌تواند به دلیل وجود جنس‌های *Oscillatoria*، *Euglena* باشد. در فصل پاییز و با سرد شدن هوا و کاهش عمق آب ورودی به این منطقه، عدد پالم کاهش می‌یابد. افزایش آلودگی در فصل زمستان با وجود عمق کم را می‌توان به دلیل تراکم زیاد پرندگان مهاجر که برای زمستان‌گذرانی به این بخش مهاجرت می‌کنند بیان کرد. فضولات این پرندگان وارد آب شده و سبب افزایش مواد مغذی و رشد جلبک‌ها و افزایش عدد شاخص می‌شود. با شروع فصل بهار و افزایش دما و عمق آب عدد شاخص افزایش می‌یابد. همچنین علاوه بر جنس‌های *Oscillatoria*، *Euglena*، *Synedra*، *Navicula*، *Nitzschia* و *Melosira* نیز در این منطقه مشاهده شد که سبب افزایش شاخص در بهار شد. این موضوع با گزارشات عبدالحماد (۱) و راتناساپاتی (۳۱) مطابقت دارد.

کل خلیج گرگان

مظاهری و همکاران (۱۸) گزارش کردند خلیج گرگان به‌ویژه در طول تابستان دارای آلودگی آلی در نزدیکی دهانه آن است، در حالی که نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در فصل تابستان، بخش مرکزی دارای بیشترین میزان آلودگی است. تمام بخش‌های خلیج از نظر شاخص پالم دارای آلودگی آلی بسیار زیاد است. این یافته با وجود جنس‌های مقاوم به آلودگی آلی از جمله *Oscillatoria*، *Euglena*، *Navicula*، *Nitzschia*، *Melosira* و *Synedra* که در آب‌های حاوی آلاینده‌های آلی یافت می‌شوند، تأیید شد. این امر با گزارشات پالم (۲۳)، ونکاتسارلو و ردی (۴۹)، ناندان و پاتل (۲۰)، گونل و بالاکریشنان (۷) و شیخار و همکاران (۳۷) مطابقت دارد.

در طول تابستان، عمق آب نسبت به فصل زمستان بیشتر است که ممکن است بار آلودگی آلی ورودی را تحت تأثیر قرار

مغذی ناشی از باران و رواناب سطحی باشد که به سمت خلیج روانه می‌شود. نتایج جلبیکی نشان می‌دهد که کیفیت آب خلیج به یک سطح آستانه رسیده و بنابراین، برای حفظ آن نیاز به اقدامات اصلاحی است. برای حفاظت و مدیریت، ابتدا باید بر جلوگیری کلی از ورود مواد مغذی خارجی به درون خلیج تأکید شود. در نتیجه، حوضه زهکشی خلیج نقطه شروعی منطقی برای برنامه‌ریزی و اقدامات مدیریتی است. کنترل فرایندهای بوم‌شناختی داخلی از طریق فناوری‌های نوین زیست‌محیطی و یا سایر معیارهای درمانی، برای بالا رفتن کیفیت آب مورد نیاز است. تعیین معیارها و استانداردهایی جهت تخلیه مواد مغذی، نقش اساسی در تنظیم بار مواد مغذی موجود در خلیج گرگان خواهد داشت.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به‌خاطر تأمین مالی، از شرکت مادر تخصصی ماهیان خاویاری استان گلستان و اداره کل محیط زیست استان گلستان به سبب تأمین تجهیزات و ادوات نمونه‌برداری و از مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر و خانم دکتر مریم فلاحی بابت کمک در شناسایی نمونه‌ها تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آورند.

پلانکتون‌های مفید در طول دوره رشد ماهی برای نیل به تولید مناسب در استخر ضروری است. به این دلیل با کوددهی آلی در استخرها در عین حال که آلودگی افزایش می‌یابد، پلانکتون‌های مفید نیز افزایش یافته و سبب رشد ماهی می‌شود (۲۶). مقایسه شاخص پالمر و فیتوپلانکتون‌های مفید نشان می‌دهد درجایی که شاخص بیانگر آلودگی است حضور فیتوپلانکتون‌های مفید بیشتر است. همچنین برخی از پلانکتون‌های مشاهده شده مانند *Chlorella*، *Oscillatoria* و *Synedra* نقش مهمی در جدا کردن فلزات سنگین از آب و رسوب دارند (۲۷). با توجه به حضور این جنس‌های فیتوپلانکتونی در خلیج گرگان، می‌توان پیش‌بینی کرد که این جنس‌ها سبب جداسازی عناصر سنگین از رسوبات و آب گردند و بنابراین بررسی دقیق‌تر موضوع از این جنبه حائز اهمیت است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی از یافته‌های شاخص پالمر می‌توان نتیجه گرفت که این مکان از نظر آلی بسیار آلوده است. غالب بودن جنس‌های مقاوم به آلودگی مانند *Euglena*، *Oscillatoria*، *Nitzschia* و *Navicula* در طول سال نیز از دیدگاه طبقه‌بندی این مکان به‌عنوان یوتروفیک، حمایت می‌کند. عدد بالای شاخص ممکن است به دلیل افزایش تراکم جلبیکی ناشی از اختلاط آب و مواد

منابع مورد استفاده

1. Abdel Hamed, M. S. 2007. Effect of algal density in bead, bead size and bead concentrations on wastewater nutrient removal. *African Journal of Biotechnology* 6: 1185-1191.
2. Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder and J. B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, Second Edition. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
3. Bellinger, E. and D. Sigeo. 2010. Algae as bioindicators. pp. 99-136, In: E. Bellinger and D. Sigeo (eds.), *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*. John Wiley & Sons, Chichester.
4. Carpenter, S. R., N. F. Caraco, D. L. Correll, R. W. Howarth, A. N. Sharpley and V. H. Smith. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8: 559-568.
5. Coste, M., C. Bosca and A. Dauta. 1991. Use of algae for monitoring rivers in France. pp. 75-88, In: B. A. Whitton, E. Rott and G. Friedrich (eds.), *Use of algae for monitoring rivers*. Düsseldorf, E. Rott, Innsbruck.
6. Dwivedi, B. K. and G. C. Pandey. 2002. Physico-chemical factors and algal diversity of two ponds (Girija Kund and Maqubara Pond), Faizabad. *Indian Polls Result* 21(3): 361-369.
7. Gunale, V. R. and M. S. Balakrishnan. 1981. Biomonitoring of eutrophication in the Pavana, Mula and Mutha rivers through Poona. *Indian journal of environmental health* 23(4): 316-322.

8. Harkins, R. D. 1974. An objective Water Quality Index. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 8: 46-58.
9. Horner, R. A. 2002. A taxonomic guide to some common marine phytoplankton. Biopress Ltd., Bristol.
10. Hosmani, S. P. and S. G. Bharati. 1980. Algae as indicators of organic pollution. *Phykos* 19(1): 23-26.
11. Jafari, N. G. and V. R. Gunale. 2006. Hydrobiological study of algae of an urban freshwater river. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 10(2):153-158.
12. Jose. L. and C. Kumar. 2011. Evaluation of pollution by Palmer's algal pollution index and physico-chemical analysis of water in four temple ponds of Mattancherry, Ernakulam, Kerala. *Nature Environment and Pollution Technology* 10(3): 471-472.
13. Joubert, G. 1980. A bioassay application for quantitative toxicity management using the green algae, *Selenastrum Capricornutum*. *Water Research* 14: 1759-1763.
14. Karbassi, A. R. and R. Amirnezhad. 2004. Geochemistry of heavy metals and sedimentation rate in a bay adjacent to the Caspian Sea. *International Journal of Environmental Science & Technology* 1(3): 191-198. (in Persian).
15. Khalifeh-Nilsaz, M. and F. Kian-Ersi. 2013. Assessment of phytoplankton in agricultural sewage as a feasibility index of aquaculture in Karoon River (Ahwaz to Khorramshahr). *Iranian Scientific Fisheries Journal* 2(22): 55-64. (in Persian).
16. Lobban, C. S., D. J. Chapman, and B. P. Kremer. 1988. Experimental phycology: A laboratory manual. Press Syndicate: Cambridge University Press, New York.
17. Lohmann, H. 1911. Über das nannoplankton und die Zentrifugie rung kleinster Wasserproben zur Gewinnung desselben in leben-dem Zustande. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 4: 1-38.
18. Mazaheri-Kouhanestani, Z., D. L. Roelke, R. Ghorbani and M. Fujiwara. 2019. Assessment of spatiotemporal phytoplankton composition in relation to environmental conditions of Gorgan Bay, Iran. *Estuaries and Coasts* 42: 173-189.
19. McGeoch, M. A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews* 73: 181-201.
20. Nandan, S. N. and R. J. Patel. 1985. Eutrophication in Vishwamitri river flowing through Baroda city. *Geobios* 2: 60-62.
21. Noel, S. D. and M. R. Rajan. 2015. Evaluation of organic pollution by Palmer's algal genus index and physico-chemical analysis of Vaigai River at Madurai. *India Natural Resources* 3: 7-10.
22. Nybakken, J. W. 1993. Marine biology and ecological approach. Harper Collins College Publishers, California.
23. Palmer, C. M. 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology* 5: 78-82.
24. Patrick, R. 1965. Algae as indicator of pollution. In: 3rd Seminar on Biological Problems in Water Pollution. Cincinnati, USA. pp. 223-232.
25. Pearsall, W. H. 1932. Phytoplankton in the English lakes II. *Ecology* 22: 241-262.
26. Ponce-Palafox. J. T., J. L. Arredondo-Figueroa, S. G. Castillo-Vargasmachuca, G. Rodriguez Chavez Benitez, A. Valle, M. A. RegaladodeDios, F. Medina Carrillo, R. Navarro Villalobos, J. A. Gomez Gurrola and P. Lopez Lugo. 2010. The effect of chemical and organic fertilization phytoplankton and fish production in carp (Cyprinidae) polyculture system. *Revista Biociencias Julio* 1: 44-50.
27. Pradhan A., P. Bhaumik, S. Das, M. Mishra, S. Khanam, B. Amin Hoque, I. Mukherjee Ranjan, A. Thakur and S. Ray Chaudhuri. 2008. Phytoplankton diversity as indicator of water quality for fish cultivation. *American Journal of Environmental Sciences* 4: 406-411.
28. Proshkina-Lavrenko, A. E. and E. V. Makarova. 1968. Vodorosli planktona Kaspiskogo morya (Plankton algae of the Caspian Sea.). Nauka Press, Leningrad. (in Russian).
29. Rai, L. C. and H. D. Kumar. 1976. Systematic and ecological studies on algae of some habitats near Sahupuri, Varanasi. *Nova Hedwigia* 27: 803-812.
30. Rajmohan. N. and L. Elango. 2005. Nutrient chemistry of groundwater in an intensively irrigated region of southern India, *Environmental Geology* 47: 820-830.
31. Ratnasabapathy, M. 1975. Biological aspects of Wardieburn sewage oxidation pond. *Malaysian Science* 3(a): 75-87.
32. Robert, D. S., W. H. Robert and L. G. Everett. 1974. Phytoplankton distribution and water quality indices for Lake Mead (Colorado River). *The Journal of Phycology* 10: 323-331.
33. Saha. S. B., S. B. Bhattacharya and A. Choudhury. 2000. Diversity of phytoplankton of sewage pollution brackish water tidal ecosystems. *Journal of Environmental Biology* 21: 9-14.
34. Salem, Z., M. Ghobara and A. A. ElNahrawy. 2017. Spatio-temporal evaluation of the surface water quality in the middle Nile Delta using Palmer's algal pollution index. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences* 4(3): 219-226.
35. Sangeeta. D. and D. Savita. 2011. Hydro-chemical changes in two eutrophic lakes of Central India after immersion of Durga and Ganesh idol, *Research Journal of Chemical Sciences* 1(1): 38-45.

36. Sharbaty, S., M. R. Imanpour, S. Gorgin and S. Hosseini. 2010. The first phase of simulation studies of short-term sea currents in the Gorgan Bay, Research Report. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan. (In Persian)
37. Shekhar, S., B. R. Kiran, E. T. Puttaiah, Y. Shivraj and K. M. Mahadevan. 2008. Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution. *Journal of Environmental Biology* 29(2): 233-236.
38. Singh, K. P., A. Malik, D. Mohan and S. Sinha. 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India): a case study. *Water Research* 38: 3980-3992.
39. Smith V. H., G. D. Tilman and J. C. Nekola. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Environment Pollution* 100:179-196.
40. Sonneman, J. A., P. F. Walsh Breen and S. K. Sharpe. 2001. Effects of urbanization on streams of the Melbourne region, Victoria, Australia. II. Benthic diatom communities. *Freshwater Biology* 46(4): 553-565.
41. Sudhaker, G., B. Joyothi and V. Venkateswarlu. 1994. Role of diatom as indicator of polluted gradients. *Environmental Monitoring and Assessment* 33: 85-99.
42. Sullivan, M. J. 2000. Applied diatom studies in estuaries and shallow coastal environments. pp. 334-351, In: E. F. Stoermer and J. P. Smol (eds.), *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press, Cambridge.
43. Tahami, F. S., A. K. Sany and A. Ganjian. 2017. Water quality study behind Sanandaj Azad Dam using algal bioassay. *Journal of Aquatic Ecology* 1: 23-32. (in Persian).
44. Taylor, S. L., S. C. Roberts, C. J. Walsh and B. E. Hatt. 2004. Catchment urbanization and increased benthic algal biomass in streams: linking mechanisms to management. *Freshwater Biology* 49: 835-851.
45. Tomas, C. R. 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, San Diego.
46. Trivedy, R. K. 1986. Role of algae in biomonitoring of water pollution. *Asian Environment* 8(3): 31-42.
47. Upadhyay, R., A. Pandey, S. K. Upadhyay and A. Bajpai. 2012. Annual sedimentation yield and sediment characteristics of Upper Lake, Bhopal. *Research Journal of Chemical Sciences* 2(2): 65-74.
48. Vega M., R. Pardo, E. Barrado and L. Deban. 1998. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research* 32: 3581-3592.
49. Venkateswarlu, V. and M. P. Reddy. 1985. Algae as biomonitor in river ecology. In: *Proceeding of Biomonitoring State Environment Symposium*, Indian National Science Academy. New Delhi, India. pp. 183-189.
50. Walsh, C. J. 2000. Urban impacts on the ecology of receiving waters: a framework for assessment, conservation and restoration. *Hydrobiologia* 431(2): 107-114.

Ecological Assessment of Organic Pollution in the Gorgan Bay, Using Palmer Algal Index

P. Maleki¹, R. Patimar^{1*}, H. Jafarian¹, A. R. Mahini², R. Ghorbani³,
M. Gholi zade¹ and M. Harsij¹

(Received: February 02-2020; Accepted: June 08-2020)

Abstract

The problem of pollution in the Caspian sea has attracted increasing scientific concerns in recent years, but still, there is limited data relevant to the Gorgan bay. The current study aimed to evaluate the organic pollution of the Gorgan Bay, using Palmer Algal Index. Sampling was conducted seasonally in triplicate from summer 2017 to spring 2018. Phytoplankton samples were collected from surface water (maximum depth of 50cm), using a one-liter sampling bottle and fixed in 2.5% formaldehyde buffer solution. A total of 23 stations were selected including, seven stations in the eastern areas, eight stations in the centre, and eight stations in the western part of the bay. The Palmer Index indicated that all parts of the bay are highly polluted, in the four seasons. Comparison of the index among the three parts of the bay indicated that the central areas are more polluted than other areas in the three seasons, from summer to winter, while only in the spring, the western area of the bay showed the highest value of the index. The predominance of the pollution resistant Phyto-genera such as *Oscillatoria*, *Euglena*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia*, and *Synedra* supports the classification of the bay as eutrophic. Generally, the results of the algal index revealed that the water quality of the bay has reached a critical level.

Keywords: Phytoplankton, Palmer Index, Gorgan Bay, Organic Pollution

1. Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.
2. Department of Environment, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: rpatimar@gmail.com