پژوهش و فناوری محیط زیست، ۱۳۹۹ ۵(۷)، ۱۱۳-۱۲۳

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

غالبیت جدید گروه‌های پلانکتونی در حوضه جنوب شرقی دریای خزر

نیلوفر نوروزی[1*]

۱- دانش‌آموخته دکتری، بوم شناسی آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

مطالعه مستمر اکولوژیک دریای خزر، به‌خصوص پراکنش، شناسایی گونه‌ها و نوسانات منطقه‌ای، قبل از هر مطالعه ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس در پژوهش حاضر نوع غالبیت گروه‌های پلانکتونی در حوزه جنوب شرقی دریای خزر مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور نمونه‌برداری از گروه‌های پلانکتونی در شهریور سال ۱۳۹۴، ۱ بار و با ۳ تکرار صورت گرفت. نتایج حاصل از بررسی فیتوپلانکتون‌ها حاکی از وجود ۴ راسته، ۴ خانواده و ۴ جنس در مناطق مورد بررسی بوده است، که به‌ترتیب شاخه‌های Euglenophyta (جنس *Euglena*، تراکم ۹۹/۹ درصد)، Dinoflagellata (جنس *Prorocentrum*، تراکم ۹۹/۵ درصد) و Bacillariophyta (گروه Diatomatae، تراکم ۱۰۰ درصد) اصلی‌ترین فلور فیتوپلانکتونی اکوسیستم را تشکیل داده‌اند. جنس *اوگلنا* شاخص آب‌های هایپرتروف بوده و اولین بار است که در حوضه‌های مورد مطالعه به صورت غالب دیده شده است. نتایج حاصل از بررسی زئوپلانکتون‌ها نیز حاکی از نابودی این گروه پلانکتونی است (تنها ۱ عدد زئوپلانکتون گونه *Keratella cochlearis* از دسته Rotifera مشاهده شد) که اصلی‌ترین دلیل آن سم تولید شده از *اوگلناها* و نیز شرایط بی‌هوازی مستقر در اکوسیستم در نتیجه انتشار سم مذکور بوده است. به طور کل نتایج، حاکی از وضعیت کیفی وخیم مناطق مورد بررسی، از بین رفتن مقادیر بالایی از فون و فلور زیستی و غالبیت گروه‌های پلانکتونی سمی و نامناسب در اکوسیستم می‌باشد.

کلید واژه‌ها: جنوب شرقی دریای خزر، فیتوپلانکتون‌ها، زئوپلانکتون‌ها

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: norouziniloufar67@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology, 5(7)2020. 113-123

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Online ISSN: 3060-2676

Environmental Research institute

New dominance of planktonic groups in the southeastern part of the Caspian sea

Niloufar Norouzi[1*]

1- PhD in Aquatic Ecology, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

Abstract

An ongoing ecological study of the Caspian Sea, in a particular distribution, identifying the species composition and regional variations, seems to be necessary before any study. According to this, in the present study, the type of dominance of planktonic groups in southeastern basin of the Caspian Sea (Golestan Province) was studied. For this purpose, sampling of planktonic groups was done once in September 2015 with 3 repetitions. The results of phytoplankton study showed that there are 4 orders, 4 families and 4 genera in the study areas, which constitute Euglenophyta (*Euglena* sp. 99.9% density), Dinoflagellata (*Procentrum* sp. 99.5% density) and Bacillariophyta (Diatum group. 100% density), the main phytoplanktons flora of the ecosystem, respectively. The Genus *Euglena* is the index of hypertrophic waters and is the first time that has been seen predominantly in the studied basins. The results of zooplankton study also indicate the destruction of this planktonic group (only 1 zooplankton of the species *Keratella cochlearis* from the genus *Rotifera* was observed), which is mainly due to the toxin produced by *Euglena* and the anaerobic conditions in the ecosystem. In general, the results indicate a critical quality status of the studied areas, the loss of high amounts of living fauna and flora and the dominance of toxic and inappropriate planktonic groups in the ecosystem.

Keywords: Southeast of the Caspian sea, Phytoplanktons, Zooplanktons

* Corresponding author E-mail address: norouziniloufar67@gmail.com

مقدمه

روند تغییرات شرایط کیفی بوم‌سازگان آبی، همواره در معرض نوسانات زیست‌محیطی قرار دارد. بنابراین، مدیریت بهینه هر بوم‌سازگان، مستلزم شناخت اولیه در روند تغییرات و تهدیدات زیست‌محیطی می‌باشد (رائیجی و همکاران، ۱۳۹۷). یکی از مهم‌ترین بوم‌سازگان آبی در ایران، دریاچه خزر است که بزرگ‌ترین بدنه آبی محصور جهان با وسعتی معادل ۳۷۱ هزار کیلومتر مربع می‌باشد (اولیویر[۱] و همکاران، ۲۰۱۶). شرایط متفاوت دریای خزر و وجود تنوع زیستی بالا در این اکوسیستم، شرایط را برای رشد گونه‌های مختلف فیتوپلانکتونی فراهم می‌نماید (واحدی و همکاران، ۱۳۸۷). این در حالی است که هم‌اکنون مسائل و مشکلات بسیاری در دریای خزر، به عنوان تهدیدات زیست‌محیطی این اکوسیستم حساس و آسیب‌پذیر محسوب می‌شود. رشد جمعیت در شهرهای حوضه دریای خزر، افزایش ورود انواع مختلف فاضلاب‌ها (صنعتی، کشاورزی و شهری)، گسترش استخراج نفت و ارتباط دریای خزر با آب‌های آزاد از طریق کانال ولگا- دن، مشکلات زیادی را به وجود آورده است (شمس و افشارزاده، ۱۳۹۱)، به طوری‌که در انتهای قرن بیستم، با افزایش دمای آب، ورود شانه‌دار دریای خزر (*Mnemiopsis leidyi*)، ایجاد شرایط یوتریفیکاسیون[۲] (تجمع بالای مواد غذایی) و ورود مواد مغذی بیش از حد به دریا رو به رو بوده‌ایم (سازمان جهانی بهداشت[۳]، ۱۹۹۹).

مطالعات هیدرولوژیک[۴] و هیدروبیولوژیک[۵] در محیط‌های آبی در ایران و جهان سابقه‌ای نسبتاً طولانی دارد که بررسی‌های پلانکتونی بخشی از این مطالعات محسوب می‌شوند (صفایی، ۱۳۷۵.، فلاحی، ۱۳۷۸). بر این اساس، فلور فیتوپلانکتونی دریای خزر را به سه گروه دریایی، لب‌شور و آب شیرین می‌توان تقسیم نمود که گروه آب لب‌شور بزرگترین گروهی هستند که غالب فیتوپلانکتون‌ها را در خود جای داده‌اند (پلاتنیکو[۶] و همکاران، ۲۰۰۶). در مطالعه‌ای که در سال‌های ۱۳۷۳- ۱۳۸۶ بر روی جمعیت فیتوپلانکتون‌های کل حوضه جنوبی دریای خزر صورت گرفت، در مجموع ۳۳۴ گونه فیتوپلانکتون از ۶ شاخه مورد شناسایی قرار گرفتند که شاخه باسیلاریوفیتا[۷] گروه غالب بوده است (فضلی و گنجیان، ۱۳۸۷). در پژوهش مشابه دیگری که در این زمینه انجام شد، شاخه‌های باسیلاریوفیتا، پیروفیتا[۸] و کریزوفیتا[۹] کریزوفیتا[۹] به ترتیب گروه‌های غالب فیتوپلانکتونی حوضه جنوبی دریای خزر شناخته شدند (پورغلام و همکاران، ۱۳۹۳).

زئوپلانکتون‌ها اولین گروه مصرف‌کنندگان زنجیره غذایی هستند و نقش مهمی در حیات دریایی ایفا می‌کنند. زئوپلانکتون‌ها به عنوان یک رابط اصلی، نقش مهمی را در زنجیره غذایی و حمل انرژی از باکتری‌ها یا فیتوپلانکتون‌ها به سایر بی‌مهره‌گان و ماهی‌ها ایفا می‌کنند (سوزا[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۱). گروه‌های زئوپلانکتونی دارای نقش مهمی در مطالعه تنوع زیستی جانوران بوم‌سازگان‌های مختلف آبی نیز دارند (گسوانی[۱۱]، ۲۰۰۴). با توجه به اهمیت بالای این گروه زیستی، مطالعات مختلفی بر روی جمعیت و غالبیت گونه‌ای آن‌ها صورت گرفته است. در پژوهشی که بر روی جمعیت زئوپلانکتون‌ها در حوضه جنوبی دریای خزر (منطقه خلیج گرگان) صورت گرفته است، ۱۶ گروه زئوپلانکتونی مورد شناسایی قرار گرفتند و حداکثر تعداد نمونه‌ها نیز، به تعداد ۴۸/۴ هزار عدد در متر مکعب مشاهده شده است (محمدخانی و غلامپور، ۱۳۹۶). نتایج پژوهش دیگری در این زمینه نیز، نشان داد که جنس *آکارسیا*[۱۲] و گونه *شانه‌دار خزری* در منطقه جنوب غربی دریای خزر به شکل غالب بوده‌اند که این موضوع نشان‌دهنده فروپاشی تدریجی این بخش از دریا بوده است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۰). در پژوهش مشابه دیگر در منطقه خلیج گرگان، گروه‌های زئوپلانکتونی متعلق به ۱۶ جنس از ۵ گروه شامل کوپه‌پودا[۱۳]، گردتنان یا گرددهانان[۱۴]، مژه‌داران[۱۵]، زئوپلانکتون‌های موقتی[۱۶] و یک گروه شامل سایر گروه‌های زئوپلانکتونی، شناسایی شدند (رائیجی و همکاران، ۱۳۹۷).

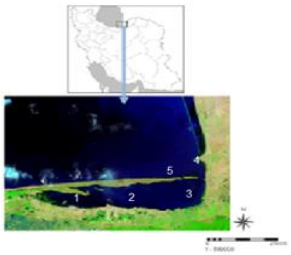
1-Ollivier
2-Eutrophication
3-*World Health Organization* (WHO)
4-Hydrologic
5-Hydrobiologic
6-Plotnikov
7-Bacillariophyta
8-Pyrrophyta
9-Chrysophyta
10-Souza
11-Goswani
12-Acartia
13-Copepoda
14-Rotatoria
15-Protozoa
16-Meroplankton

با توجه به مطالب ذکر شده در فوق و اهمیت بالای اکوسیستم مورد بررسی، پایش مداوم این اکوسیستم جهت ارزیابی روند غالبیت گروه‌های پلانکتونی که به نوبه خود می‌تواند بیانگر وضعیت تروفی (میزان تجمع مواد غذایی) اکوسیستم باشد، ضروری می‌نماید. از این‌رو، مطالعه حاضر به هدف ارزیابی روند غالبیت جمعیت‌های پلانکتونی در اکوسیستم خلیج گرگان و نیز نواحی جنوب شرقی دریای خزر در استان گلستان، انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

- **مکان مورد مطالعه**

حوضه آبخیز خلیج گرگان یکی از زیرحوضه‌های دریای خزر محسوب می‌شود که به طور عمده در استان گلستان و بخش کمی از آن در استان مازندران واقع شده است. خلیج گرگان تنها خلیج دریای خزر است و اکولوژی آن تحت‌تاثیر دریای خزر، رودهای مجاور و شبه‌جزیره میانکاله قرار گرفته و در رشد و تکثیر آبزیان، ماهیان استخوانی، ماهیان خاویاری و جذب پرندگان مهاجر زمستانی نقش مهمی دارد. این در حالی است که در طول سالیان اخیر توسعه صنایع، دامداری، ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی و ... سبب افزایش انواع آلودگی‌ها، به‌ویژه آلودگی تروفی داخل اکوسیستم شده، به شکلی که وضعیت آب آن بسیار نامطلوب ارزیابی شده است (درویش بسطامی و همکاران، ۱۳۹۱). در شکل (۱) موقعیت خلیج گرگان و ایستگاه‌های مورد بررسی (۵ ایستگاه) نشان داده شده است. در جدول (۱) نیز مختصات ایستگاه‌های مورد بررسی ارائه گردیده است.



شکل ۱: موقعیت خلیج گرگان در استان گلستان و ایستگاه‌های مورد بررسی

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی

ایستگاه ۱: ″۲ ′۴۹ °۳۶ شمالی، ″۴۲ ′۴۲ °۵۳ شرقی	**ایستگاه ۲:** ″۴۹ ′۴۹ °۳۶ شمالی، ″۴۵ ′۵۳ °۵۳ شرقی
ایستگاه ۳: ″۵۲ ′۵۱ °۳۶ شمالی، ″۳۵ ′۰ °۵۴ شرقی	**ایستگاه ۴:** ″۱۹ ′۵۵ °۳۶ شمالی، ″۱۰ ′۵۶ °۵۳ شرقی
ایستگاه ۵: ″۱۷ ′۵۸ °۳۶ شمالی، ″۲۵ ′۵۹ °۵۳ شرقی	

- **نمونه‌برداری از پلانکتون‌ها**

نمونه‌برداری از گروه‌های پلانکتونی در تابستان ۱۳۹۴ (اواسط شهریور ماه، در ۱ نوبت با ۳ تکرار برای هر گروه) به جهت وجود تنوع زیستی بالا و تغییرات بیوژئوشیمیایی اندک در اکوسیستم (هافمن[1] و همکاران، ۲۰۱۰) صورت گرفت. جهت نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون‌ها در هر ایستگاه، ۱ لیتر آب جهت شناسایی کیفی فیتوپلانکتون‌ها و ۱۰۰ سی‌سی جهت شمارش و تعیین بیوماس فیتوپلانکتون‌ها برداشته شد. سپس نمونه‌ها با اضافه کردن فرمالین ۰/۵ درصد تثبیت (۵ سی‌سی لوگل نیز جهت تثبیت بهتر اضافه گردید) و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. کارهای آزمایشگاهی مطابق روش APHA[2] (انجمن بهداشت عمومی آمریکا، ۲۰۰۵) انجام گرفت. در این روش نمونه‌ها پس از همگن‌سازی توسط دهانه گشاد پیپت داخل ظروف استوانه‌ای مدرج ریخته شده و به مدت ۲۴ ساعت به دور از نور خورشید جهت رسوب دادن بی‌حرکت نگاه داشته شدند. سپس با روش سیفون کردن آب رویی تخلیه و مابقی نمونه در چند مرحله به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید تا حجم نمونه‌ها به ۲۵-۲۰ میلی‌لیتر برسد. سپس در آزمایشگاه نمونه‌ها در دو مرحله کیفی و یک مرحله کمی توسط لام‌های خط‌کشی شده و لامل ۴۰× ۲۴ میلی‌متر و میکروسکوپ با بزرگنمایی x۱۰، x۲۰ و x۴۰ شمارش و بررسی شدند (سلمانو[3]، ۱۹۸۷).

1-Hoffman
2-American Public Health Association
3-Salmanov

در بررسی زئوپلانکتون‌ها، از تور پلانکتون‌گیری با چشمه ۱۰۰ میکرون (۴۹ چشمه در هر سانتی‌متر) و دهانه ۰/۳۶ متر استفاده و در هر نقطه نمونه‌برداری به تعداد ۸ مرتبه در آب حرکت داده شد تا کل ستون آب فیلتر شود. سپس نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی نیم‌لیتری ریخته شده و با فرمالین ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، پس از اندازه‌گیری حجم کامل نمونه و همگن نمودن محتویات ظرف، میزان ۱۰۰ تا ۳۵۰ میلی‌لیتر (باتوجه به تراکم زئوپلانکتونی موجود) از کل حجم نمونه به ظروف پلیت جهت انجام کارهای تکمیلی (شناسایی و شمارش) منتقل و در زیر میکروسکوپ معکوس با بزرگنمایی ×۲۰ مشاهده و تعداد زئوپلانکتون‌ها شمارش گردید. برای این منظور، از لامل مشبک استفاده شد. شمارش با انتخاب تصادفی میدان‌هایی که هر کدام از آنها شامل یک خانه مربعی شکل از شبکه شطرنجی است انجام گرفته و تعداد پلانکتون‌های موجود در هر میدان شمارش شد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۲). شناسایی زئوپلانکتون‌ها نیز از طریق عکس‌برداری و استفاده از کلیدهای شناسایی صورت گرفت.

- **تجزیه و تحلیل آماری**

ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[1] بررسی گردید. داده‌های مربوط به کلیه گروه‌ها به غیر از شاخه اوگلنا، دارای توزیع نرمال بوده‌اند. بنابراین تراکم آن‌ها با استفاده از آزمون پارامتری، تست تجزیه واریانس یک‌طرفه[2] (در سطح معنی‌دار ۵ درصد) و زیر تست دانکن[3] مورد بررسی قرار گرفت. در مورد شاخه اوگلنا از آزمون ناپارامتری، تست کروسکال والیس[4] (در سطح معنی‌دار ۵ درصد) و زیرتست من‌ویتنی[5] جهت بررسی معناداری استفاده شد. جهت انجام تمامی تجزیه و تحلیل‌ها از نرم‌افزارهای آنالیزی Excel نسخه ۲۰۰۷ و Spss[6] نسخه ۲۲ استفاده گردید.

نتایج

- **فیتوپلانکتون‌ها**

- بررسی کیفی (شناسایی نمونه‌ها)

نتایج حاصل از شناسایی نمونه‌ها با استفاده از کلید شناسایی معتبر (بانی[7]، ۱۹۸۹)، حاکی از حضور ۳ شاخه مهم فیتوپلانکتون‌ها در اکوسیستم بوده است. بر این اساس شاخه‌های اولگلنافیتا (Euglenophyta)، داینوفلاژلاتا (Dinoflagellata) و باسیلاریوفیتا (Bacillariophyta) در اکوسیستم غالب بوده و شناسایی شدند. این در حالی است که از شاخه اوگلنافیتا ۲ جنس *Euglena* و *Trachelomonas*، از شاخه داینوفلاژلاتا دو جنس *Prorocentrum* و *Peridinium* و از شاخه باسیلاریوفیتا تنها گروه دیاتومه‌ها (Diatomes) مشاهده گردید. نتایج حاصل از شناسایی نمونه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- شناسایی و طبقه‌بندی کیفی فیتوپلانکتون‌ها بین ایستگاه‌های مختلف در خلیج گرگان و سواحل استان گلستان

طبقه‌بندیClassification					
Helpful Phytoplankton فیتوپلانکتون مفید	Harmful Phytoplanktons فیتوپلانکتون‌های مضر		Harmful Phytoplanktons فیتوپلانکتون‌های مضر		
Eukaryota	Eukaryota	Eukaryota	Eukaryota	Eukaryota	Domain(سرسلسله)
Protista	Protozoa	Protozoa	Protoctista	Protoctista	Kingdom(سلسله)
Bacillariophyta	Euglenophyta	Euglenophyta	Dinoflagellata	Dinoflagellata	Phylum(شاخه)
_	Euglenoida	Euglenoida	Pyrrhophyta	Pyrrhophyta	Subphylum(زیرشاخه)
Diatomatae	Euglenophyceae	Euglenophyceae	Dinophyceae	Dinophyceae	Class(رده)
_	Euglenales	Euglenales	Peridiniales	Prorocentrales	Order(راسته)
_	Euglenaceae	Euglenaceae	Peridiniaceae	Prorocentraceae	Family (خانواده)
_	*Euglena*	*Trachelomonas*	*Peridinium*	*Prorocentrum*	Genus(جنس)

1-Kolmogorov–Smirnov test
2-One-Way ANOVA
3-Duncan
4-*Kruskal-Wallis*
5-Mann–*Whitney*
6-Statistical Package for the Social Sciences
7-Beone

- بررسی کمی (شمارش نمونه‌ها)

نتایج حاصل از شمارش نمونه‌ها نشان داد که به ترتیب شاخه‌های اولگلنافیتا، داینوفلاژلاتا و باسیلاریوفیتا دارای بیشترین مقادیر در اکوسیستم بوده‌اند. این در حالی است که از شاخه اولگلنافیتا دو جنس *Euglena* (با تراکم ۹۹/۹درصد) و جنس *Trachelomonas* (با تراکم حدود ۰/۱ درصد)، از شاخه داینوفلاژلاتا دو جنس *Prorocentrum* (با تراکم ۹۹/۵ درصد) و جنس *Peridinium* (با تراکم ۰/۵ درصد) و در نهایت از شاخه باسیلاریوفیتا تنها گروه دیاتومه‌ها (با تراکم ۱۰۰ درصد) مشاهده گردید.

در محاسبات انجام شده، از آنجاکه جنس *Peridinium* تنها در ایستگاه ۵ مشاهده گردید (حدود ۴ عدد نیز در ایستگاه ۴) و جنس *Trachelomonas* نیز در تراکم بسیار اندک تنها در برخی ایستگاه‌ها حضور دارد، لذا جهت درک بهتر غالبیت گروه‌های مختلف فیتوپلانکتونی در اکوسیستم، آنالیزهای آماری براساس مقایسه بین شاخه‌های اصلی فیتوپلانکتونی صورت پذیرفت. در جدول ۳ مقایسه تراکم شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون‌ها بین ایستگاه‌های مختلف نشان داده شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین تراکم شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون‌ها بین ایستگاه‌های مختلف در خلیج گرگان و سواحل استان گلستان

ایستگاه/ تراکم فیتوپلانکتون‌ها	شاخه داینوفلاژله‌ها	شاخه باسیلاریوفیتا	شاخه اوگلنافیتا	تراکم کل
ایستگاه ۱	۶۸۳/۶۶ ± ۷۴/۵ [a]	۳۰۰± ۵۰ [c]	۴۳۰۹ [a]	۵۲۸۷/۶ ±۱۲۶ [b]
ایستگاه ۲	۱۸۴۰/۳ ± ۹/۵ [c]	۸۲/۳۳ ± ۲/۵۱ [a]	۴۰۰۹ [a]	۵۹۳۲/۳ ± ۵۰۲ [c]
ایستگاه۳	۱۸۳۶/۳۳ ±۱۰/۵ [c]	۸۳/۶۶ ± ۷/۰۹ [a]	۱۴۶۳۶ [c]	۱۶۵۵۲ ± ۶۶۶ [d]
ایستگاه ۴	۱۱۴۸/۳ ± ۵۰ [b]	۱۳۶ ± ۲۲ [b]	۳۵۱۸ [a]	۴۷۹۴/۳ ± ۱۲۱/۵ [a]
ایستگاه ۵	۲۵۳۴/۶۶ ± ۴۰۶ [d]	۴۴۶/۶۶ ± ۱۵/۶۳ [d]	۵۱۹۴ [b]	۸۱۷۶ ± ۱۸۵/۵ [d]

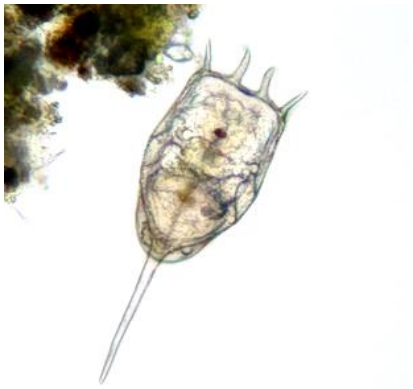
همانطور که در جدول فوق قابل مشاهده است، معناداری مقادیر شاخه داینوفلاژله‌ها و باسیلاریوفیتا در ایستگاه‌های مختلف روند یکسانی را طی می‌کند. بر این اساس در ایستگاه‌های ۲ و ۳ عدم اختلاف معنادار ($p <$ ۰/۰۵) و در سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنادار ($p >$ ۰/۰۵) در مورد هر دو گروه مشاهده می‌شود. شاخه اوگلنافیتا نیز در ایستگاه‌های ۳ و ۵ دارای اختلاف معنادار ($p >$ ۰/۰۵) و مقادیر بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند، تراکم کلی فیتوپلانکتون‌ها در تمامی ایستگاه‌ها نسبت به هم دارای اختلاف معنادار می‌باشد ($p >$ ۰/۰۵).

شکل ۲ : نسبت تراکم گروه‌های فیتوپلانکتونی مفید به مضر در ایستگاه‌های مورد بررسی و نیز در مجموع اکوسیستم

ذکر این نکته حائز اهمیت است که فیتوپلانکتون‌های شاخه اوگلنافیتا (به‌ویژه جنس *اوگلنا*) (سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی امریکا، ۲۰۰۹) و نیز فیتوپلانکتون‌های شاخه داینوفلاژلاتا، از جمله گروه‌های فیتوپلانکتونی مضر بوده که منجر به کاهش بسیار شدید تولیدات اولیه در اکوسیستم‌های آبی می‌شوند. این در حالی است که شاخه باسیلاریوفیتا که جزء فیتوپلانکتون‌های مفید دسته‌بندی می‌گردد، در اقلیت قرار گرفته و دارای نقش تولیدی کمتری در اکوسیستم می‌باشد. بر این اساس در شکل ۲ نسبت تراکم گروه‌های فیتوپلانکتونی مفید به مضر در ایستگاه‌های مورد بررسی و نیز در مجموع اکوسیستم (بر حسب درصد) نشان داده شده است.

- **زئوپلانکتون‌ها**

در بررسی‌های انجام شده، تنها یک نمونه (۱ عدد) زئوپلانکتون جنس *Keratellacochlearis* از دسته Rotifera در ایستگاه ۴ مشاهده گردید که در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: زئوپلانکتون جنس *Keratellacochlearis* از دسته Rotifera

(عکس‌برداری با استفاده از نمایشگر میکروسکوپ معکوس مدل Nikon (T1-SM))

بحث

- **فیتوپلانکتون‌ها**

نتایج حاصل از شناسایی فیتوپلانکتون‌ها نشان داد که به ترتیب، راسته‌های اوگلنافیتا (جنس *اوگلنا*)، پیروفیتا[1] (جنس *پروسنتروم*) و باسیلاریوفیتا (جنس *دیاتومه*) اصلی‌ترین فلور فیتوپلانکتونی مستقر در خلیج گرگان و حاشیه جنوب شرقی خزر را تشکیل می‌دهند. این درحالی است که در پژوهش‌های انجام شده توسط خداپرست (۱۳۷۸)، فضلی و گنجیان (۱۳۸۸)، پورغلام و همکاران (۱۳۹۳) و گل‌آقایی و همکاران (۱۳۹۱)، راسته باسیلاریوفیتا در حوضه جنوب شرقی دریای خزر دارای غالبیت از جهت تنوع و تراکم زیستی بوده است.

جابجایی راسته غالب از باسیلاریوفیتا به اوگلنافیتا در حاشیه جنوب شرقی دریای خزر و خلیج گرگان، با توجه به تغییر شرایط غذایی دریای خزر و زیر حوضه‌های آن از حالت الیگومزوتروفی[2] به هایپرتروفی[3] به‌خوبی قابل توجیه و تشریح می‌باشد.

فگ[4] در سال ۱۹۷۵ بیان نمود که سطح مواد غذایی در حوضه جنوبی خزر پایین‌تر از حد متوسط است و این دریا یک اکوسیستم الیگو-مزوتروف محسوب شده و دارای تنوع گونه‌ای بالا می‌باشد. پس از آن تهامی در پژوهشی که سال ۲۰۱۲ بر روی این حوضه انجام داد اعلام نمود که در سال‌های پس از ورود *شانه‌دار خزری*، گونه‌های فیتوپلانکتونی بیشتری نسبت به سال‌های قبل از ورود این شانه‌دار، در این اکوسیستم حضور یافته‌اند که نشان‌دهنده تغییر شرایط اکوسیستم به سمت مزوتروفی است. در این شرایط گروه باسیلاریوفیتا به دلیل وجود شرایط کیفی و غذایی مناسب آب و ویژگی‌های زیستی مخصوص به خود (که سبب سازگاری بالا و رشد و تکثیر در مقادیر زیاد، در شرایط مناسب زیستی می‌گردد) و غیره، به سرعت رشد و تکثیر کرده و به شکل غالب درآمدند.

پورغلام و همکاران در سال ۱۳۹۳، در پژوهشی که بر این حوضه داشتند، اشاره کردند که رشد و تکثیر راسته سیانوفیتا[5] به‌ویژه در فصول تابستان و پاییز بسیار افزایش یافته است که این موضوع حاکی از سوق یافتن شرایط تروفی مناطق مورد مطالعه از حالت مزوتروفی به

1 Pyrrhophyta
2 Oligomesotrophic
3 Hypertrophic
4 Fogg
5 Cyanophyta

سمت یوتروفی بوده است. همچنین اعلام نمودند که گروه اوگلنافیتا شاخص آب‌های بسیار آلوده بوده و تراکم پایین آن‌ها در حوضه جنوبی خزر نشان‌دهنده فراهم نبودن شرایط زیستی جهت رشد و تکثیر آن‌ها است، لیکن در مورد غالب شدن این گروه در صورت افزایش آلودگی در حوضه خزر جنوبی هشدار دادند. این در حالی است که طبق گزارش‌های منتشرشده، در بین گروه‌های فیتوپلانکتونی، بیشترین دامنه تحمل آلودگی متعلق به راسته اوگلنافیتا و جنس *اوگلنا* و سپس متعلق به راسته سیانوفیتا و جنس *اوسیلاتوریا* بوده است. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که در آب‌های بسیار آلوده جنس *اوگلنا* (شاخص آب‌های هایپرتروف) جایگزین جنس *اوسیلاتوریا* (شاخص آب‌های یوتروف) می‌گردد (دروباجوتی و بارو[1]، ۲۰۱۴).

با توجه به مطالب فوق، غالبیت جنس *اوگلنا* در مطالعه حاضر، حاکی از سوق یافتن شرایط غذایی حاشیه جنوب شرقی دریای خزر و نیز خلیج گرگان، از یوتروفی به سمت هایپرتروفی می‌باشد. جنس *اوگلنا* از جهت تولید و ارزش غذایی کم‌اهمیت بوده (تولید اولیه اکوسیستم را بسیار کاهش می‌دهد) و در شرایط دشوار زیستی قادر به تغذیه به شیوه هتروتروفی می‌باشد. همچنین زواید بدنی اجازه حرکت و جابجایی بیشتر به سمت محیط مناسب‌تر را برای این گروه فراهم نموده که به نوبه خود سبب افزایش توان سازگاری این گروه در شرایط نامساعد زیستی می‌گردد.

به طور کلی احتمال داده می‌شود که علل اصلی سوق یافتن حوضه جنوب شرقی دریای خزر (در استان گلستان) و خلیج گرگان به سمت وضعیت هایپرتروفی و غالبیت جنس *اوگلنا* شامل: تغییر کاربری اراضی حاشیه مناطق مورد مطالعه، در نتیجه ورود مقادیر بالای آفات، سموم، فاضلاب‌ها و غیره به اکوسیستم، ورود مقادیر بالای رسوبات به داخل اکوسیستم و افزایش کدورت (در نتیجه‌ی تخریب پوشش گیاهی حاشیه‌ای دریا و خلیج و بهم‌خوردگی تقارن فیزیوگرافی اکوسیستم)، بسته شدن و عدم لایروبی کانال‌های ورودی آب خزر به داخل خلیج گرگان و پایین آمدن سطح آب رودخانه‌های ورودی به این حوضه (سبب کاهش هوادهی، افزایش فرآیندهای بی‌هوازی مضر و آلوده‌کننده، تولید گازهای سمی و غیره می‌گردد)، افزایش صید قاچاق و ساخت سازه‌های حاشیه‌ای و تاسیس شرکت‌های تعاونی صیادی و در نهایت فشار تغذیه‌ای پایین زئوپلانکتون‌ها بر روی این گروه فیتوپلانکتون‌ها (به دلیل داشتن ارزش غذایی بسیار پایین، سمیت و نیز مورفولوژی خاص بدنشان) می‌باشند. سم منتشر شده توسط جنس *اوگلنا*، بسیار قوی بوده و قادر به کشتن حجم بالایی از جانوران موجود در اکوسیستم می‌باشد (سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی آمریکا، ۲۰۰۹) و یکی از بزرگ‌ترین تهدیداتی است که حوضه‌های مورد مطالعه با آن مواجه هستند. در کنار جنس *اوگلنا*، جنس *پریدینیوم* نیز در مقادیر بسیار کم در ایستگاه ۵ و بسیار کمتر (انگشت‌شمار) در ایستگاه ۴ مشاهده گردید که حضور آن علیرغم تراکم بسیار پایین، به جهت تولید سم، زیان‌بار بوده و قطعا یکی از عوامل کاهش تولید در ایستگاه ۵ بوده است.

در مطالعه حاضر راسته پیروفیتا پس از راسته اوگلنافیتا دارای غالبیت بوده است که این موضوع با نتایج حاصل از گل‌آقایی و همکاران (۱۳۹۱) و نصراله‌زاده ساروی (۱۳۹۱) هماهنگی دارد. دلیل اصلی این مطلب فیزیولوژی و بیولوژی راسته پیروفیتا می‌باشد که به دلیل تغذیه هتروتروفیکی و متحرک بودن، توانایی حضور در شرایط مختلف (بعد از اختلاط عمودی و قبل از اختلاط عمودی) و سطوح تروفیکی مختلف (اولیگوتروف و یوتروف) را دارند. نتایج حاضر نشان داد که راسته باسیلاریوفیتا از نظر غالبیت در جایگاه سوم قرار دارد که به دلیل شرایط نامناسب زیستی آب‌های ساحلی جنوب شرقی خزر و خلیج گرگان می‌باشد که در فوق تشریح گردید.

در مقایسه ایستگاه‌های مختلف، ایستگاه ۳ دارای بیشترین تراکم بوده (تراکم کل و به‌ویژه تراکم شاخه اوگلنا) که مهمترین دلیل این تفاوت نسبت به سایر ایستگاه‌ها، ورود رودخانه دائمی قره‌سو به این منطقه می‌باشد. رودخانه قره‌سو طولانی‌ترین رودخانه استان گلستان پس از گرگانرود است که در طول مسیر خود فاضلاب‌های شهری و کشاورزی که سرشار از مواد سمی و شیمیایی هستند را دریافت می‌کند. همچنین رودخانه قره‌سو در مسیر خود مسافتی طولانی از زمین‌های بایر عبور می‌کند که این امر سبب حمل مقادیر بالای رسوبات توسط این رودخانه می‌شود که سبب افزایش کدورت و کاهش تولید می‌گردد. این موارد در کنار عواملی همچون تمرکز بیشتر شهرنشینی در این قسمت و استفاده نامناسب از آب قره‌سو جهت کاربری‌های مختلف، مهم‌ترین دلیل تفاوت پارامترهای زیستی و غیرزیستی این ایستگاه با سایر ایستگاه‌ها می‌باشد که سبب آلودگی بسیار شدید آن توسط مواد آلی و معلق شده و در بسیاری از نقاط آن شرایط بی‌هوازی ایجاد شده است (لاهیجانی و همکاران، ۱۳۸۹). این شرایط در مجموع سبب افزایش تراکم جنس *اوگلنا* در این ایستگاه نسبت به سایر مناطق گردیده است

ایستگاه ۴ نیز دارای کمترین تراکم فیتوپلانکتونی بوده است که دلیل اصلی آن، ۳ جریان خزری عبوری از این منطقه می‌باشد. رودخانه گرگانرود اصلی‌ترین جریان تغذیه‌کننده این منطقه است و این در حالی است که حجم آب آن در سال‌های اخیر به شدت کاهش یافته

1-Dhrubajyoti and Baruah

است، از این‌رو مواد غذایی کمتری وارد حاشیه دریا می‌کند و مساله نگران‌کننده این است که همین حجم اندک، مقادیر بالایی از فاضلاب-ها (به‌ویژه از سمت بندر ترکمن) را وارد این بخش می‌کنند که این مساله در کنار کاهش عمق شفافیت دریا، سبب کاهش تولید گردیده است. از این رو شرایط زیستی در این منطقه دشوار است و می‌توان انتظار تراکم بالای گروه‌های مقاوم به آلودگی را در این بخش داشت، لیکن شاهد کاهش تراکم این گروه‌ها در این منطقه هستیم که اصلی‌ترین دلیل آن وجود جریان‌های شمالی- جنوبی و نیز جریان غربی-شرقی حاشیه جنوب شرقی خزر است که از این منطقه عبور کرده و تا حدود زیادی سبب اختلاط مواد وارده به این قسمت با سایر نواحی می‌گردد. پس در مجموع شاهد تراکم کمتری در این منطقه نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشیم.

ایستگاه‌های ۱ و ۲ از نظر میزان تراکم، نسبت به سایر ایستگاه‌ها، مقادیر نسبتا مشابهی را نشان می‌دهند که این موضوع به موقعیت‌های تقریبا مشابه این دو ایستگاه برمی‌گردد. ایستگاه ۱ از سمت غرب در معرض جریانات ورودی از سمت منطقه زاغ‌مرز و از شمال در معرض جریانات ورودی از تالاب میانکاله می‌باشد. ایستگاه ۲ نیز از شمال متاثر از جریانات میانکاله و از جنوب متاثر از جریانات ورودی از منطقه بندگز می‌باشد. تمامی جریانات مذکور بار آلاینده‌های آلی زیادی را وارد این دو ایستگاه می‌نمایند که موجب کاهش توان باروری این دو بخش می‌گردد. علاوه بر آلاینده‌های آلی، رسوبات و مواد معدنی زیادی نیز وارد این مناطق می‌شود، این درحالی است که فیزیوگرافی ضعیف ساحل این مناطق وخامت اوضاع را دو چندان نموده است. بسته بودن کانال‌های ورودی دریای خزر و کاهش آب ورودی به این مناطق موجب کاهش تهویه و ایجاد شرایط بی‌هوازی گردیده و این امر موجب غالبیت گروه اوگلنا در هر دو ایستگاه نسبت به سایر گروه‌های فیتوپلانکتونی شده است. اگرچه وضعیت کیفی هر دو ایستگاه از نظر کیفی بسیار وخیم می‌باشد، لیکن نسبت به ایستگاه ۳ به دلیل دوری از جریان بزرگ و بسیار آلوده قره‌سو، دارای وضعیت بهتری می‌باشند.

در مورد ایستگاه ۵ تراکم فیتوپلانکتونی نسبت به سایر ایستگاه‌ها (غیر از ایستگاه ۳) بالاتر می‌باشد. این درحالی است که شاهد غالبیت گروه اوگلنا و حضور برخی از انواع داینوفلاژله‌های سمی نیز می‌باشیم که قطعا این شرایط در کنار احداث تعاونی صیادی در این ایستگاه (موجب افزایش صید بی‌رویه و از بین رفتن جایگاه‌های زیستی می‌گردد) موجب کاهش تولید در این ایستگاه گردیده است، لیکن به نظر می‌رسد مهم‌ترین عاملی که تا حدود زیادی به متعادل‌سازی شرایط در این بخش کمک می‌کند، وجود جریانات خزری و ساحلی در این بخش بوده که با اختلاط آب و افزایش عمل تهویه، موجب کاهش فشار بر اکوسیستم شده است.

- **زئوپلانکتون‌ها**

به صورت کلی، گروه کوپه‌پودا[1] جمعیت غالب زئوپلانکتونی را در بهار، تابستان و پاییز در دریای خزر تشکیل می‌دهد. در این بین گونه غالب *آکارسیا تونسا*[2] می‌باشد. دلایل غالب شدن این گونه مهاجم در طول سالیان اخیر شامل: وجود غذای کافی و مناسب (گروه باسیلاریوفیتا که در سال‌های گذشته اکثرا به صورت غالب مشاهده شده است، منبع غذایی بسیار مناسب و با ارزش غذایی بالا برای چرای این گونه محسوب می‌شود)، توانایی تغذیه در دامنه دمایی بالا (۱- الی ۳۲ درجه سانتی‌گراد) و نیز دامنه شوری بالا (۱ الی ۳۸ ppt) حتی زمان تغییرات ناگهانی پارامترهای مذکور، توانایی زیست در اعماق مختلف (آب‌لایه سطحی تا عمق ۶۰۰ متری)، راندمان بالای شکار با مهاجرت شبانه از عمق به سطح و چرای فیتوپلانکتون‌ها و نیز ایمن ماندن از شکارچیان نوردوست با قرارگیری در اعماق بالاتر در طول روز، می‌باشد. توان سازگاری بالای این گونه موجب شده که در شرایط مختلف تروفی (مزوتروف و یوتروف) بتواند جمعیت غالب خود را حفظ نماید (روشن‌طبری، ۲۰۰۲.، روشن‌طبری و همکاران، ۲۰۱۴). در کنار *آکارسیا تونسا*، گونه‌ای از شانه‌دار خزری (***Mnemiopsis leidyi***)، که در انتهای قرن ۲۰ به صورت مهاجم وارد دریای خزر شد نیز توانست در مدت زمان کوتاهی جمعیت خود را افزایش داده و به صورت غالب درآید. این گونه شکارچی فعال و حریصی بوده و در صورت تکثیر بالا قادر است بیوماس سایر گروه‌های زئوپلانکتونی را به طور کامل از بین ببرد (هرمان[3] و همکاران، ۱۹۶۸). از آنجا که مهمترین دلیل غالبیت گونه *آکارسیا تونسا* در طول سالیان اخیر، وجود منابع غذایی غنی فیتوپلانکتونی و نیز در مورد گونه شانه‌دار، وجود جمعیت بالای زئوپلانکتونی بوده است، به‌خوبی دلیل حذف کامل این دو گونه در پژوهش حاضر و تراکم بسیار اندک فون زئوپلانکتونی مشخص می‌گردد.

با توجه به نتایج گزارش شده در مورد جمعیت فیتوپلانکتون‌ها در مطالعه حاضر، با غالب شدن جنس *اوگلنا* که دارای ارزش غذایی بسیار اندک بوده و علاوه بر آن قادر به تولید سمی بسیار قوی است، دلیل اصلی کاهش تراکم این گونه طبیعی به نظر می‌رسد. این درحالی است که با کاهش تراکم گروه‌های مختلف زئوپلانکتونی، در نتیجه‌ی حذف منابع غذایی غنی فیتوپلانکتونی و نیز وجود شرایط هایپرتروفی،

1-Copepoda
2-*Acartia tonsa*
3-Herman

کاهش بسیار زیاد تراکم شانه‌دار خزری نیز به‌خوبی توجیه‌پذیر می‌گردد. نکته حائز اهمیت این است که طبق گزارش سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی امریکا در سال ۲۰۰۹، سم منتشر شده از جنس *اوگلنا* قادر به ایجاد مرگ و میر در سطح وسیعی در فون ماهیان یک اکوسیستم می‌باشد و دلیل آنکه در اکوسیستم مورد بررسی ما تاکنون شاهد مرگ دسته‌جمعی ماهیان نبوده‌ایم و صرفا سبب کاهش تنوع و تراکم شدید گونه‌ای آن‌ها شده است، می‌تواند به دلیل تراکم پایین این شاخه در خلیج گرگان و حاشیه خزر نسبت به اکوسیستم‌های مشابه باشد، این درحالی است که به نظر می‌رسد همین مقدار تراکم شاخه اوگلنا و سموم مترشحه از آن به‌خوبی قادر به حذف کامل گروه‌های زئوپلانکتونی و برخی گروه‌های غالب فیتوپلانکتونی بوده است. در نمونه‌برداری انجام شده تنها یک نمونه *Keratella cochlearis* از دسته Rotifera در ایستگاه ۴ مشاهده گردید که ممکن است از طریق جریانات مختلف عبوری از سایر مناطق به این ایستگاه منتقل شده باشد، پس نمی‌تواند در مطالعه حاضر شاخص زیستی مناسبی از ایستگاه ۴ باشد، به همین دلیل از توضیحات بیشتر در مورد آن صرف‌نظر گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج نهایی حاکی از آن است که از نظر وضعیت تروفی، اکوسیستم مورد بررسی دارای شرایط یوتروف- هایپرتروف با غالبیت شرایط هایپرتروفی به‌ویژه در ایستگاه‌های مستقر در خلیج گرگان بوده و به نظر می‌رسد به شبکه غذایی غالب اکوسیستم، باکتری‌های بی‌هوازی (به علت غالب شدن شرایط بی‌هوازی) را باید اضافه و گروه‌های پلانکتونی را تا حدود زیادی حذف نمود (این گروه‌ها در شبکه غذایی اکوسیستم حضور داشته، لیکن در شبکه غذایی غالب جایگاه خود را از دست داده‌اند) که دلیل اصل این امر غالب شدن شرایط بی‌هوازی در اکوسیستم و مقاومت فیزیولوژیکی اندک این موجودات در برابر شرایط موجود می‌باشد.

منابع

پورغلام، ر.، تهامی، س.ف. و کیهان ثانی، ع. ۱۳۸۹. تنوع فصلی فیتوپلانکتون‌ها در آب‌های حوضه جنوبی دریای خزر طی سال ۱۳۸۹. مجله پژوهش‌های جانوری، ۲۷ (۳): ۱۲ صفحه.

تهامی، س. ف. ۱۳۹۱. تغییرات در ساختار جامعه فیتوپلانکتون‌ها در طول حمله *Mnemiopsis leidyi* به جنوب دریای خزر (ایران). پایان‌نامه درجه دکتری علوم دریایی، ۲۶۰ صفحه.

حیدری، م.، سیف‌آبادی، س.ج. و خانی‌پور، ع.ا. ۱۳۹۰. تعیین شاخص‌های زیستی در اعماق مختلف و طی ساعات متفاوت شبانه‌روز در آب‌های ساحلی بندر انزلی. مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۴: ۶۲۳- ۶۳۱.

خداپرست، س.ه. ۱۳۷۹. گزارش نهایی پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی تالاب انزلی طی سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۷. مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان، ۱۵۶ صفحه.

درویش‌بسطامی، ک.، طاهری، م.، باقری، ح.، یزدانی فشتمی، م.، سلطانی، ف.، حق‌پرست، س.، حمزه‌پور، ع. و لطفی‌آشتیانی، م. ۱۳۹۱. ارتباط بین غلظت برخی فلزات سنگین در رسوبات و جمعیت ماکروبنتوزها در خلیج گرگان. فصلنامه علمی- پژوهشی محیط زیست جانوری، ۴ (۴): ۱۰۲-۹۱ .

رائیجی، ح.، قلی‌زاده، م.، پاتیمار، ر. و پورصوفی، ط. ۱۳۹۷. بررسی تراکم و فراوانی زئوپلانکتون‌های حوضه جنوب شرقی دریای خزر (خلیج گرگان). مجله علمی شیلات، ۲۸ (۲): ۱۳ صفحه.

روشن‌طبری، م. ۱۳۷۹. پراکندگی زئوپلانکتون‌های حوضه جنوبی دریای خزر (راسته کوپه‌پودا). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.

روشن‌طبری، م.، فاطمی، س.م.ر.، پورغلام، ر. و موسوی ندوشن، ر. ۱۳۹۳. آخرین روند تنوع و فراوانی فصلی جمعیت زئوپلانکتونی (هولوپلانکتون) در دریای خزر جنوبی، ایران. مجله علوم شیلات ایران، ۱۳ (۲): ۴۳۷-۴۴۸.

شمس، م. و. و افشارزاده، س. ۱۳۹۱. مطالعه تغییرات فیتوپلانکتون‌های دریاچه زاینده‌رود. مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۵ (۲): 316-328.

صفایی، س. ۱۳۷۵. گزارش نهایی بررسی جامع شیلاتی دریاچه سد ارس. مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان، ۲۰۱ صفحه.

فضلی، ح. و گنجیان، ا. ۱۳۸۸. تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر طی سال‌های ۱۹۹۱- ۲۰۰۶. موسسه تحقیقات شیلات ایران.

فلاحی، م. ۱۳۷۸. بررسی پلانکتون‌های بخش جنوبی دریای مازندران. مجله علمی شیلات ایران، ۴: ۱۹ تا ۳۸.

قربانی، ر.، حق پرست، س.، وثاقی، م.ج.، شیرود میرزایی، ف.، آقاجری، س.ن.، منجمی، م.، نوروزی، ن.، ملائی، م.، نعیمی، ع.ا.، پاکان، ع.ر. و عبدی، ا. ۱۳۹۲. بررسی اثر پیش‌روی و پس‌روی آب دریای هزر در بخش ساحلی تالاب گمیشان بر تنوع، تراکم و پراکنش مکانی فون فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون. یافته علمی کوتاه. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۶۳ صفحه.

گل‌آقایی، م.، تهامی، ف.، مخلوق، ا.، گنجیان، ا.، کیهان ثانی، ا.، دوستدار، م.، اسلامی، ف.، نصراله تبار، ا.، خداپرست، ن.، مکرمی، ا. و پورمند، ت. ۱۳۹۱. توزیع فیتوپلانکتون‌ها در جنوب دریای خزر طی سال ۱۹۹۹. موسسه تحقیقات بوم‌شناسی دریای خزر، ۱۳۰ صفحه

لاهیجانی، ح.، حایری اردکانی، ا.، شریفی، آ. و نادری بنی، ع. ۱۳۸۹. شاخص‌های رسوب‌شناختی و ژئوشیمیایی رسوبات خلیج گرگان. مجله اقیانوس‌شناسی، ۱۱ (۱): ۵۵-۴۵.

محمدخانی، ح. و غلام‌پور، ع. ۱۳۹۶. زئوپلانکتون‌های حوزه جنوبی دریای خزر (خلیج گرگان). نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، ۱۱(۳): ۳۶-۴۹.

نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، ا.، پورغلام، ر. و رحمتی، ر. ۱۳۹۱. استراتژی گونه‌های غالب فیتوپلانکتون با تاکید بر طبقه‌بندی اندازه آن‌ها در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر. مجله اقیانوس‌شناسی، ۳ (۱۰): ۴۵-۵۷.

واحدی، ف.، یونسی پور، ح.، علومی، ی.، نصراله تبار، ع.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، و دلیناد، غ. ۱۳۸۷ .بررسی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آب در کرانه جنوبی دریای خزر. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر،۷۲ صفحه.

APHA, S. 2005. Standard Methods. American Public Health Association .Washington, DC 2005, USA, PP: 346.

Beone, G. M., Cenci, R., and Lodigiani, P. 2003. Metal concentrations in Unio Pictorum mancus (Mollusca), Lamellibranchia from of 12 Northern Italian lakes in relation to their trophic level. Journal of Limnoogy, 62(2):121-138.

Dhrubajyoti, B., and Baruah, P. P. 2014. Water quality assessment using phytoplankton in a historical pond of Upper Assam. Journal of algal biomass utilization, 5(2): 1-7.

Fogg, G. E. 1975. Algal culture and phytoplankton ecology. Wisconsin University Press, London.269p.

Goswani, S.C. 2004. Zooplankton methodology, Collection, & Identification– a fief Manual. National institute of Oceanography, Dona Paula, Goa, PP: 26.

Herman, S. S., Mihursky, J. A., and McErlean, A. J. 1968. Zooplankton and environmental characteristics of the Patuxent Sstuary. Chesapeake Science, 9:67-82.

Hoffman, J.C., Peterson, G.S, Cotter, AM, and Kelly, J.R. 2010. Using stable isotope mixing in a great lakes coastal tributary to determine food web linkages in young fishes. Journal of Estuaries and Coasts, 33:1391-1405.

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2009. Powerful fish-killing toxin holds promise for cancer applications. Making Waves: Episode 36 (30 September).

Olliver, v., Fontugne, M., Lyonnet, B., and Chataigner, C. 2016. Base level changes, river avulsions and Holocene human settlement dynamics in the Caspian Sea area (middle Kura valley, South Caucasus). Quaternary International,395: 79-94

Plotnikov, I., Aladin, N., Cretaux, J. F., Micklin, Ph., Chuikov, Yu., and Smurov, A. 2006. Biodiversity and recent exotic invasions of the Caspian Sea. Journal of Limnoogy, PP: 2259-2262.

Salmanov, M. A. 1987. The role of microflora and phytoplankton in the production processes of the Caspian. Moscow, Nauka, PP: 214.

Souza, L.C., Branco, C.W.C., and Bonecker, D. P. 2011. Zooplankton of an urban coastal lagoon: composition and association with environmental factors summer fish kill. Zoological Studies, 28: 150.

WHO. 1999. Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. World Health Organization, Geneva, PP: 407