

بررسی شکوفایی جلبک *Nodularia* (AAB) در حوضه جنوب غربی دریای خزر (محدوده آب‌های گیلان) سال‌های ۸۵ - ۱۳۸۴

مرضیه مکارمی*^۱، جلیل سبک آرا^۲، علیرضا میرزاجانی^۳

*^۱، ۲ و ۳- پژوهشکده آبی‌زی پروری آب‌های داخلی، بندرانزلی - ایران، صندوق پستی: ۶۶

marziyeh_makaremi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۲۱

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۲

چکیده

در شهریور ۱۳۸۴ (سپتامبر ۲۰۰۵) CEP، گزارشی از محیط زیست گیلان در ارتباط با یک شکوفایی غیر عادی در محدوده آب‌های ساحلی جنوب غربی دریای خزر دریافت کرد. این گزارش بر اساس مطالعات انجام شده توسط پژوهشکده آبی‌زی‌پروری آب‌های داخلی بوده که اولین گزارش درباره شکوفایی سیانوفیتا (سیانوباکتريا) در یک محدوده وسیع در دریای خزر است. پژوهشکده آبی‌زی‌پروری آب‌های داخلی کشور (گیلان) پس از نمونه‌برداری بر اساس مشخصات مورفولوژیکی (ریخت‌شناسی) عامل این شکوفایی غیرعادی را جنس *Nodularia* از شاخه سیانوفیتا شناسایی کرد. این شکوفایی فیتوپلانکتونی بسیار سریع اتفاق افتاد و ۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع از دریای خزر را در بر گرفت، عکس‌های ماهواره‌ای شروع این پدیده را ۲۱ مرداد (۱۲ اگوست) و حداکثر آن را ۱۰ شهریور (۱ سپتامبر) ثبت کردند. تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای وقوع چنین پدیده‌ای را با این حجم طی پنج سال گذشته در دریای خزر نشان نمی‌دهد. ضخامت لایه شناور جلبکی بیش از ده‌ها سانتی‌متر و بیوماس آن بسیار زیاد بود، به طوری که خطر آلودگی شدید نواحی ساحلی را با محصولات پوسیده جلبکی تهدید می‌نمود. خوشبختانه تغییرات جوی از پخش محصولات این شکوفایی به نواحی ساحلی ممانعت کرده و باعث انهدام و نابودی آن گردید. مهمترین عامل در ایجاد این شکوفایی جلبکی دمای بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و عدم وزش باد بوده است. در گشت مطالعاتی سال ۱۳۸۵ جهت بررسی امکان مجدد این شکوفایی در جنوب غربی دریای خزر مجموعاً ۴۱ گونه فیتوپلانکتونی از پنج شاخه سیانوفیتا (۹ گونه)، باسیلاریوفیتا (۱۶ گونه)، پیروفیتا (۸ گونه)، کلروفیتا (۶ گونه) و اگلونوفیتا (۲ گونه) شناسایی گردید که از نظر تعداد گونه‌های مشاهده شده در شاخه باسیلاریوفیتا و شاخه‌های دیگر نسبت به سال‌های گذشته کاهش نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: نودولاریا، شکوفایی جلبکی، فیتوپلانکتون، دریای خزر.

مقدمه

دریای خزر یکی از بزرگترین و مهمترین دریاچه‌های آب شور دنیاست که بعد از انجماد دوران سوم زمین‌شناسی از سایر دریاها مجزا گردیده و مجموعه‌ای از جانوران با منشاء آب شور را دربر دارد. مساحت این دریا 37840 km^2 باحجم آبی 78100 km^3 ، به طول 1030 کیلومتر و به عرض 435 کیلومتر که حداکثر عمق آن به 1025 متر نیز می‌رسد. شوری آب آن در مقایسه با سایر دریاها و اقیانوس‌ها کمتر و قسمت اعظم آب آن از طریق رودخانه‌های وارده تأمین گردیده که فقط صرف تبخیر سطحی آن می‌شود. سطح آبی این دریاچه مدام در حال تغییر و نوسان بوده و بتناوب افزایش و کاهش داشته، به طوری که در سال‌های $1355-1308$ کاهش واز سال $1371-1356$ حدود 14 سانتی‌متر در سال افزایش سطح داشته است (۱۰).

شکل‌گیری سیستم جریان‌ات آبی در دریای خزر تحت تأثیر بادهای و یکنواخت نبودن توزیع گرمایی در تمام منطقه دریا (ترموکلاین) است. حرکت نصف النهاری توده‌های هوا بر روی دریا و یا از شمال به طرف جنوب بوده که ایجاد موج بسمت جنوب کرده و روی چرخش آبی در دریای خزر تأثیر می‌گذارد. بدین ترتیب چرخش آبی در طول سواحل غربی به سمت جنوب و در طول سواحل شرقی به سمت شمال ایجاد می‌شود. خصوصیات برجستگی‌های بستر دریا، جریان‌ات و تقسیمات بافت بستر بر روی شکل‌گیری رژیم هیدروشیمی آب‌های ساحلی ایران و تولیدات بیولوژیکی آن تأثیر دارد.

در ایران شکوفایی مضر جلبکی در خلیج فارس و دریای عمان معمولاً دیده شده اما تا قبل از سال 1384

در دریای خزر چنین شکوفایی‌هایی از جمله در مورد سیانوفیتا گزارش نشده، البته سابقه این نوع شکوفایی در تالاب انزلی وجود داشته و مطالعات محدود دانشجویی روی آن انجام گرفته است. شاید علت مطرح نبودن تحقیقات جامع بر روی شکوفایی جلبک‌ها کوچک بودن شکوفایی و عدم تأثیرگذاری جدی آن‌ها بر روی اکوسیستم‌ها بوده است.

در تاریخ $84/6/20$ گزارشی از وجود یک لکه مشکوک در آب‌های ایرانی دریای خزر داده شد، نقطه ابتدایی این لکه در حدود 15 کیلومتری ساحل انزلی در تراکم‌های مختلف مشاهده شد، عمق این نقطه 75 متر بود. وسعت لکه ایجاد شده در محدوده آب‌های گیلان حدود 300 کیلومتر مربع تخمین زده شد، این شکوفایی سپس به سمت بندر نوشهر حرکت نمود (۳).

تحقیقات انجام گرفته توسط جمهوری اوکراین که سال‌های متمادی از طریق عکس‌های ماهواره‌ای آب‌های شور را مطالعه می‌کند، شروع این پدیده را از تاریخ 21 مرداد 1384 و اوج آن را در 10 شهریور ثبت نمود تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای برای همان فصل در 5 سال گذشته وجود چنین پدیده‌ای با این میزان را نشان نداده است. در اواسط شهریور این شکوفایی به نواحی ساحلی آب‌های ایران رسید و شهر وندان را متحیر ساخت. ضخامت لایه جلبکی شناور بیشتر از 10 سانتی‌متر بوده و زیتوده آن فوق‌العاده زیاد بود به طوری که خطر آلودگی شدید ساحل با جلبک‌های پوسیده بسیار زیاد بود. خوشبختانه تغییرات آب و هوا از پخش شدن این شکوفایی به ساحل ممانعت و موجب از بین رفتن آن گردید.

به منظور بررسی این پدیده بعد از انجام نمونه‌برداری در چند ایستگاه و از اعماق مختلف،

اعماق ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر انجام شد. انتخاب ایستگاه‌ها بر اساس مناطق شکوفایی جلبکی ایجاد شده در سال ۱۳۸۴ در آب‌های گیلان بوده است (شکل ۱). نمونه‌برداری با استفاده از لنج و توسط روتنر در هر ایستگاه و در اعماق ذکر شده تا عمق ۵ متر، یک نمونه از سطح، نقطه میانی و ۵ متر گرفته شد، نمونه‌ها با هم مخلوط و یک نمونه به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر جمع‌آوری گردید، نمونه‌ها با فرمالین به نسبت ۴ درصد تثبیت و در ظروف نمونه‌برداری (بطری‌های آب معدنی) به آزمایشگاه منتقل شدند.

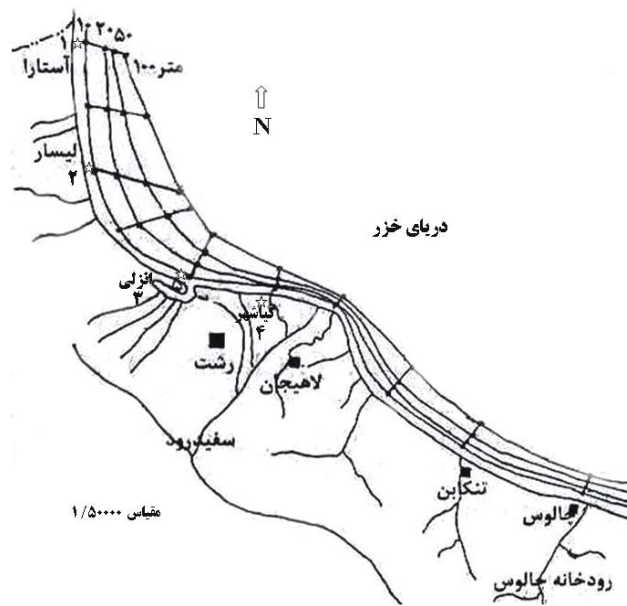
در آزمایشگاه بعد از رسوب کامل، نمونه‌ها بعد از سیفون آب رویی به منظور تغلیظ، در چند مرحله به مدت ۵ دقیقه با دور ۳۰۰۰ سانتریفوژ شدند. حجم نهایی نمونه در این مرحله حدود ۲۵ تا ۳۰ میلی‌لیتر بوده است. در نهایت نمونه‌ها توسط لام خط‌کشی شده و با لامل‌های ۲۴×۲۴ میلی‌متری توسط میکروسکوپ معمولی با عدسی‌های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ برابر، در دو مرحله به صورت کیفی و کمی شناسایی و شمارش شدند. جهت نمونه‌برداری از منابع (۱۶، ۲۱ و ۲۴) و برای شناسایی نمونه‌ها از منابع (۴، ۷، ۱۸، ۲۰ و ۲۳) استفاده شد. جهت ثبت داده‌ها، محاسبات آماری و ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

شناسایی نمونه‌ای که ایجاد شکوفایی جلبکی نموده بود در آزمایشگاه پلانکتون پژوهشکده آبی‌پروری گیلان انجام شد. این جلبک از شاخه سیانوفیتا و خانواده نودولاریاسه و جنس نودولاریا شناسایی گردید. رنگ شیری این جلبک موجب شد تا در اعماق بالاتر با فراوانی کمتر نیز مشاهده شود.

دلایل تشکیل این شکوفایی شناخته شده نبوده و برای ایجاد آن عوامل مختلف و پیچیده‌ای باید در آب وجود داشته باشد. با توجه به اینکه اینگونه شکوفایی‌ها می‌تواند تأثیرات مخربی بر اکوسیستم محیط‌های آبی وارد سازد، به منظور تعیین روند ایجاد شکوفایی و انجام اقدامات لازم در کنترل تأثیرات اکولوژیک منفی آن تحقیق حاضر با اهداف بررسی تغییرت زمانی در فیتوپلانکتون‌ها و مواد مغذی به منظور برآورد زمان شکوفایی و شناسایی و برآورد فراوانی و پراکنش آن‌ها، همچنین مواد سمی حاصل از این شکوفایی، همراه با اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در سال ۱۳۸۵ تعریف گردید.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری فیتوپلانکتونی هر دو هفته یکبار توسط روتنر از چهار خط مطالعاتی در آستارا، لیسار، انزلی و کیشهر از شهریور الی آذرماه سال ۱۳۸۵ در



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه برداری پلانکتونی طرح (A.A.B) در دریای خزر سال ۱۳۸۵

ضمن اینکه بیشترین تنوع گونه‌ای را نیز به خود اختصاص داد (جدول ۱)، نمونه‌های غالب این شاخه *Nitzschia*, *Cyclotella meneghiniana* و *Chaetoceros sp. acicularis* بودند. سپس *Thalassionema nitzschioides* از شاخه Cyanophyta با گونه *Oscillatoria sp.* از نظر تراکم و شاخه Pyrrophyta با گونه‌های غالب *Exuviaella cordata*, *Peridinium sp.* و *Prorocentrum scutellum* از زیتوده بیشتری برخوردار بودند.

نتایج

الف - کیفی

در این طرح ۳۶ نمونه فیتوپلانکتونی از نظر شناسایی و تراکم و زیتوده گونه‌های فیتوپلانکتونی مورد بررسی قرار گرفتند. در مجموع ۴۱ گونه از ۵ شاخه فیتوپلانکتونی شناسایی شدند که ۱۶ گونه از شاخه Bacillariophyta (Diatoms)، ۹ گونه از شاخه Cyanophyta، ۸ گونه از شاخه Pyrrophyta، ۶ گونه از شاخه Chlorophyta و ۲ گونه متعلق به شاخه Euglenophyta بودند (نمودار ۱). در این بررسی شاخه Bacillariophyta (Diatoms)، حداکثر فراوانی و زیتوده را دارا بوده

جدول ۱: تنوع گونه‌های مشاهده شده فیتوپلانکتونی در دریای خزر (پروژه A.A.B سال ۱۳۸۵)

Phylum Bacillariophyta	Phylum Cyanophyta
<i>Chaetoceros socialis</i>	<i>Anabaenopsis cunningtonii</i>
<i>Chaetoceros sp.</i>	<i>Anabaenopsis raciborskii</i>
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Lyngbya limnetica</i>
<i>Diatoma vulgare</i>	<i>Lyngbya sp.</i>
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	<i>Merismopedia elegans</i>
<i>Melosira varians</i>	<i>Microcystis sp.</i>
<i>Navicula sp.</i>	<i>Oscillatoria limosa</i>
<i>Nitzschia acicularis</i>	<i>Oscillatoria sp.</i>
<i>Nitzschia reversa</i>	<i>Spirulina laxissima</i>
<i>Nitzschia sp.</i>	Phylum pyrrophyta
<i>Nitzschia tenui</i>	<i>Exuviaella cordata</i>
<i>Rhizosolenia calcar - avis</i>	<i>Glenodinium lenticula</i>
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	<i>Goniaulax digitale</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Gymnodinium variabile</i>
<i>Synedra ulna</i>	<i>Peridinium latum</i>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Peridinium pallidum</i>
Phylum Chlorophyta	<i>Peridinium sp.</i>
<i>Actinastrum hantzchii</i>	<i>Prorocentrum scutellum</i>
<i>Ankistrodesmus acicularis</i>	Phylum Euglenophyta
<i>Ankistrodesmus convolutus</i>	<i>Euglena viridis</i>
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	<i>Trachelomonas sp.</i>
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	
<i>Tetraselmis sp.</i>	

ب - بررسی کمی

سال ۱۳۸۴

در تاریخ ۸۴/۶/۲۰ گزارشی حاکی از وجود لکه‌های مشکوک در آب‌های ایرانی دریای خزر توسط کشتی‌های در حال تردد داده شد. نقطه ابتدایی لکه در منطقه انزلی از مختصات $37^{\circ} 38' 697''$ شمالی و $49^{\circ} 28' 607''$ شرقی، حدود ۱۵ کیلومتری ساحل انزلی (شکل‌های ۴ و ۳) مشاهده گردید که در تراکم‌های مختلف قرار داشتند، برآورد دقیق آن با عکس‌های ماهواره‌ای منطقه، تا ۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع تخمین زده شد (شکل ۲). این عکس‌ها زمان شروع شکوفایی را ۲۱ مرداد (۱۲ گوست) و اوج شکوفایی را در ۱۰ شهریور (۱ سپتامبر) و خاتمه آنرا اوایل مهر ماه

(اواخر سپتامبر) نشان داده‌اند. گسترش این پدیده بسیار کند بوده است. بر اساس مدارک موجود خواستگاه بلوم این جلبک نامشخص و ممکن بود در بخش‌های دیگر ایجاد و توسط جریان آب و باد وارد آب‌های ایرانی شده باشد. نتایج بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و مقایسه آن با نتایج سایر مطالعات این پژوهشگر در دریای خزر تفاوت بارزی را نشان نداد و تنها در بخش حضور جلبک‌ها شفافیت در لایه‌های سطحی تغییر زیاد داشته که در تراکم زیاد پوشش جلبکی، شفافیت در حد چند سانتی‌متر، در تراکم متوسط در حد ۲۰ الی ۲۵ سانتی‌متر و در تراکم کم

میلی گرم در متر مکعب) را دارا بوده و نمونه غالب گونه *Nitzschia*، *Cyclotella meneghiniana* *acicularis* از شاخه باسیلاریوفیتا (دیاتومها) می باشد. از نظر فراوانی شاخه سیانوفیتا با گونه *Oscillatoria sp.* و از نظر زیتوده شاخه پیروفیتا با گونه غالب *Exuviaella cordata* در رتبه دوم قرار داشتند.

عمق ۵۰ متر: حداکثر تراکم و زیتوده فیتو پلانکتونی در ایستگاه کیشهر (۱۲۸۰۰۰۰۰ عدد در متر مکعب و ۲۹۹/۳۷ میلی گرم در متر مکعب) مشاهده شد و نمونه غالب از نظر فراوانی گونه *Nitzschia acicularis* و از نظر زیتوده گونه *Cyclotella meneghiniana* از شاخه باسیلاریوفیتا است. از نظر فراوانی شاخه سیانوفیتا با گونه *Oscillatoria sp.* و از نظر زیتوده شاخه پیروفیتا با گونه *Peridinium latum* در جایگاه بعدی قرار داشتند.

عمق ۱۰۰ متر: ایستگاه کیشهر دارای حداکثر تراکم و زیتوده فیتوپلانکتونی (۱۵۲۰۰۰۰۰ عدد در متر مکعب و ۳۲/۲۴ میلی گرم در متر مکعب) بوده و نمونه غالب شاخه باسیلاریوفیتا، با گونه *Cyclotella meneghiniana* می باشد. از نظر فراوانی شاخه سیانوفیتا با گونه غالب *Oscillatoria sp.* و از نظر زیتوده شاخه پیروفیتا با گونه *Peridinium sp.* و *Goniaulax digitale* در مرتبه بعدی هستند.

توضیح: گونه *Exuviaella cordata* از نظر تعداد زیاد بوده ولی وزن آن نسبت به گونه های دیگر این شاخه کمتر است.

حدود ۳۰۰ سانتی متر بوده است. این میزان در شرایط طبیعی حدود ۴۰۰ سانتی متر می باشد.

بعد از نمونه برداری، شناسایی و تعیین فراوانی جلبک مذکور در آزمایشگاه پلانکتون پژوهشکده آبی پرووری آب های داخلی توسط میکروسکوپ اینورت میسر گردید. این جلبک متعلق به شاخه Cyanophyta و خانواده Nodulariaceae و جنس *Nodularia* (شکل های ۶ و ۵) و گونه *spumigena* (۱۹) بوده (گونه نامبرده مورد تایید Dr Hanna mazur از انستیتو اقیانوس شناسی شهر گدانسک در لهستان قرار گرفته است) که به صورت رشته های منفرد یا گروهی مستقیم و خمیده دیده شده و برنگ شیری (زرد مایل به قهوه ای) شکوفایی می کند. این گونه شناور بوده، هتروسیست ها پهن تر از سلول های دیگر و اکینت ها بزرگتر از سلول های رویشی و هتروسیست ها می باشند که فشرده یا گوی مانند هستند، غشاء تقریباً قهوه ای تا زرد قهوه ای و محتوی سلول دانه دانه بود. این جنس در تابستان بیش از سایر گونه ها دیده شده ولی تاکنون شکوفایی نداشته است. رنگ شیری این جلبک در آب موجب شد تا در اعماق بیشتر با فراوانی کمتر نیز مشاهده شود. فراوانی آن در لایه سطحی به ۱۰ میلیون در لیتر و در ۵۰ متر در حد ۳۰ هزار در لیتر بوده است. وزن تر آن از لایه سطحی به میزان ۰/۱ گرم در لیتر تا ۰/۰۰۲ گرم در لیتر در لایه ۵۰ متر سنجش گردید (نمودار ۳).

سال ۱۳۸۵

دور اول شهریور ماه

عمق ۲۰ متر: ایستگاه انزلی حداکثر تراکم و

زیتوده (۲۲۵۰۰۰۰۰ عدد در متر مکعب و ۱۰۹۹/۵۳

دور دوم مهر ماه

عمق ۲۰ متر: ایستگاه انزلی، حداکثر تراکم و

زیتوده فیتوپلانکتونی را دارد (۱۰۶۲۰۰۰۰۰ عدد در متر

شاخه پیروفیتا با گونه *Exuviaella cordata* در جایگاه بعدی بودند.

عمق ۵۰ متر: ایستگاه کیشهر دارای حداکثر تراکم و زیتوده فیتو پلانکتونی است (۴۲۶۰۰۰۰۰ عدد در متر مکعب و ۹۸/۰۱ میلی گرم در متر مکعب)، از نظر فراوانی شاخه باسیلاریوفیتا با گونه‌های *Thalassionema* و *Chaetoceros sp.* گونه‌های *nitzschioides* و از نظر زیتوده شاخه پیروفیتا با *Prorocentrum* و *Peridinium sp.* *scutellum* غالب بودند.

عمق ۱۰۰ متر: ایستگاه کیشهر دارای حداکثر فراوانی و زیتوده فیتوپلانکتونی بوده (۴۲۰۰۰۰۰۰ عدد در متر مکعب و ۹۰/۴ میلی گرم در متر مکعب)، نمونه غالب از نظر فراوانی، شاخه باسیلاریوفیتا (دیاتوم‌ها) با گونه *Chaetoceros sp.* و از نظر زیتوده شاخه پیروفیتا با گونه *Prorocentrum scutellum* قرار داشت.

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که حداکثر جمعیت و زیتوده فیتوپلانکتونی مربوط به ایستگاه انزلی بوده و کیشهر در رتبه دوم قرار دارد. همچنین حداکثر فراوانی و زیتوده فیتوپلانکتونی در شهر یورماه و به ترتیب در اعماق ۲۰ متر، ۵۰ متر و ۱۰۰ متر مشاهده شد (نمودار ۴). بیشترین میانگین فراوانی و زیتوده مربوط به شاخه Bacillariophyta (Diatoms) بوده که ۶۰/۱ درصد جمعیت و ۷۷/۴ درصد زیتوده فیتوپلانکتونی را در این بررسی نشان داده است. شاخه‌های Cyanophyta و Pyrrophyta به ترتیب با میانگین فراوانی ۲۵/۵ درصد و ۱۳ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند، اما از نظر زیتوده شاخه‌های Pyrrophyta و Cyanophyta به ترتیب با میانگین ۱۸/۹ درصد و

مکعب و ۲۰۶ میلی گرم در متر مکعب) و نمونه غالب از نظر فراوانی گونه *Thalassionema nitzschioides* و از نظر زیتوده گونه *Cyclotella meneghiniana* از شاخه باسیلاریوفیتا بود. از نظر فراوانی گونه *Oscillatoria sp.* از شاخه سیانوفیتا و از نظر زیتوده گونه *Prorocentrum scutellum* از شاخه پیروفیتا در جایگاه بعدی هستند.

عمق ۵۰ متر: ایستگاه انزلی حداکثر تراکم و زیتوده فیتوپلانکتونی را دارا بوده (۲۳۵۰۰۰۰۰ عدد در متر مکعب و ۱۴۸/۳۸ میلی گرم در متر مکعب). از نظر فراوانی گونه *Thalassionema nitzschioides* و از نظر زیتوده نمونه غالب *Cyclotella meneghiniana* از شاخه باسیلاریوفیتا است. سایر شاخه‌ها از جمعیت و زیتوده قابل توجهی برخوردار نبودند.

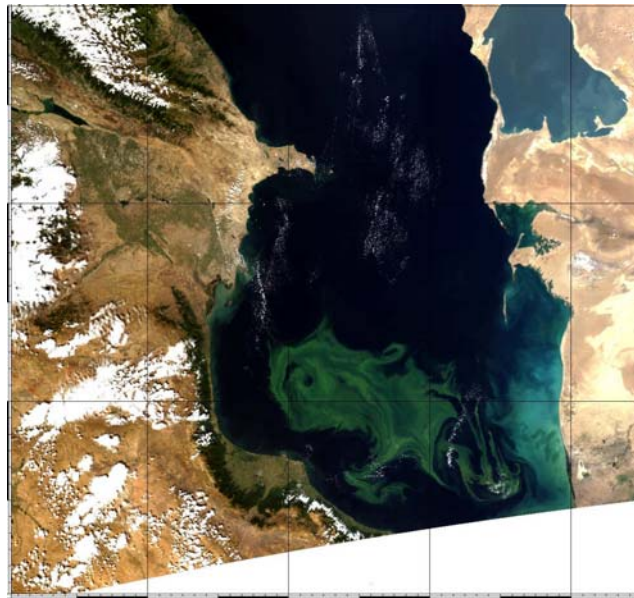
عمق ۱۰۰ متر: ایستگاه آستارا با گونه *Oscillatoria sp.* از شاخه سیانوفیتا دارای حداکثر تراکم (۱۸۳۰۰۰۰۰۰ عدد در متر مکعب) و ایستگاه کیشهر با گونه *Cyclotella meneghiniana* از شاخه باسیلاریوفیتا (دیاتوم‌ها) دارای حداکثر زیتوده فیتو پلانکتونی (۵۴/۶۵ میلی گرم در متر مکعب) است.

دور سوم (آبان - آذر)

عمق ۲۰ متر: ایستگاه انزلی دارای حداکثر تراکم و زیتوده فیتو پلانکتونی می‌باشد (۱۹۷۶۰۰۰۰۰ عدد در متر مکعب و ۴۰۹/۲۶۸ میلی گرم در متر مکعب) و نمونه غالب از نظر فراوانی *Chaetoceros sp.* ولی از نظر زیتوده گونه *Cyclotella meneghiniana* از شاخه باسیلاریوفیتا بوده است. از نظر فراوانی شاخه سیانوفیتا با گونه *Oscillatoria sp.* و از نظر زیتوده

درصد و میانگین زیتوده ۰/۵ درصد در این تحقیق از فراوانی و زیتوده کمی برخوردار بوده‌اند (نمودارهای (۲و۱).

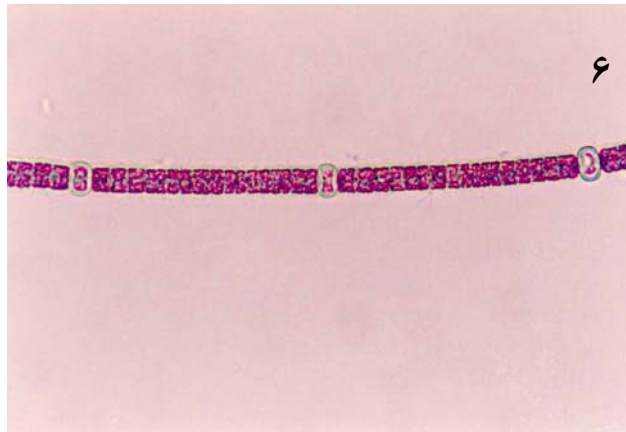
۳/۱ درصد قرار گرفته‌اند. شاخه Chlorophyta با میانگین فراوانی ۱ درصد و میانگین زیتوده ۰/۱ درصد و شاخه Euglenophyta با میانگین فراوانی ۰/۴



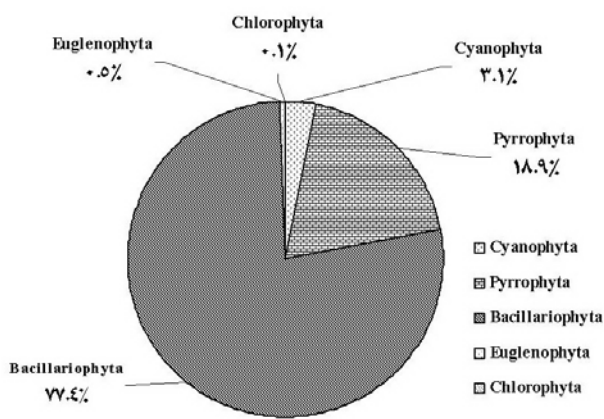
شکل ۲: تصویر ماهواره ای از شکوفایی جلبکی در دریای خزر سال ۱۳۸۴ (CEP اول سپتامبر ۲۰۰۵)



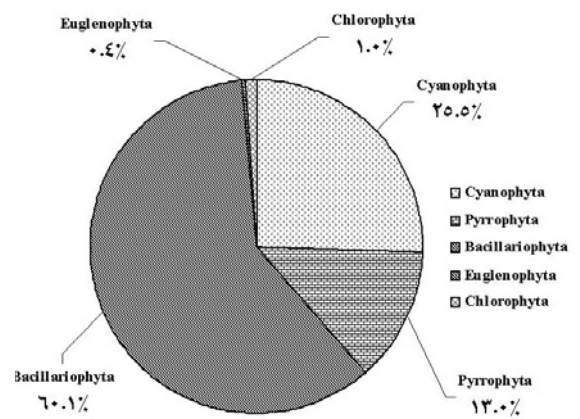
شکل های ۳ و ۴: عکس‌های برداشته شده توسط پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی از شکوفایی جلبکی در دریای خزر



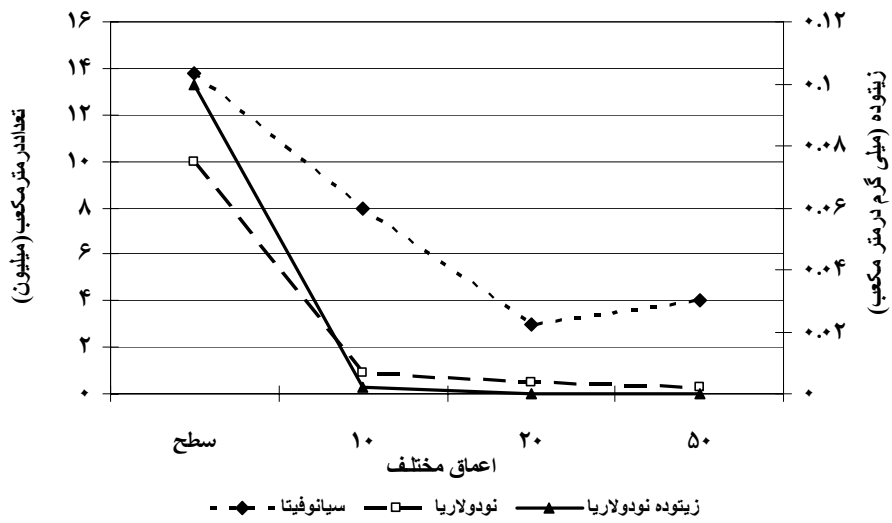
شکل های ۵ و ۶: جلبک *Nodularia* ایجاد کننده شکوفایی در دریای خزر در سال ۱۳۸۴



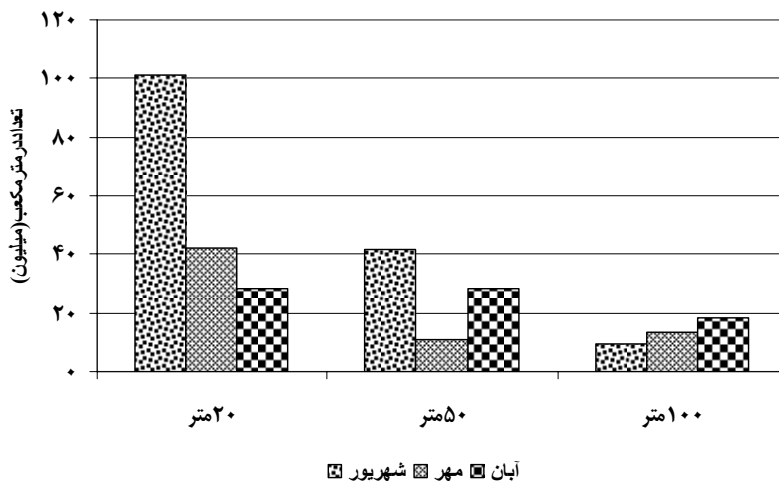
نمودار ۲: درصد زیتوده فیتوپلانکتون های دریای خزر در سال ۱۳۸۵



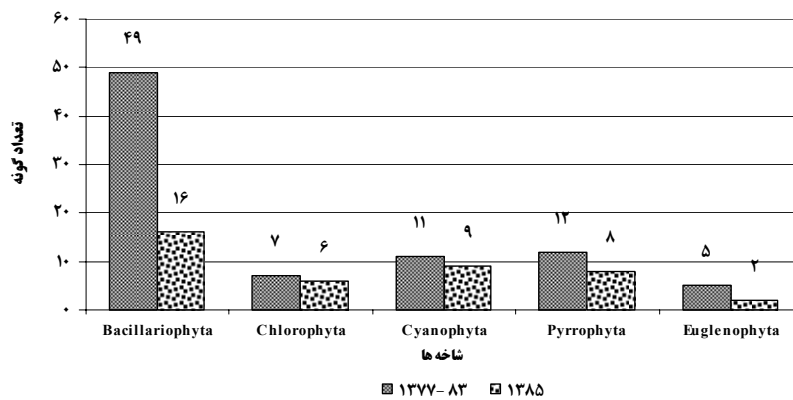
نمودار ۱: درصد فراوانی فیتوپلانکتون های دریای خزر در سال ۱۳۸۴



نمودار ۳: مقایسه فراوانی سیانوفیتا و جنس نودولاریا و زیئوده آن در اعماق مختلف در دریای خزر سال ۱۳۸۴



نمودار ۴: میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در اعماق مختلف دریای خزر سال ۱۳۸۵



نمودار ۵: مقایسه تعداد گونه‌های مشاهده شده در شاخه‌های فیتوپلانکتونی در فصول بهار و پاییز طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۷

بحث

افزایش موادیوژن مانند فسفر و کلسیم در منابع آبی در شرایط مطلوب مثل دمای مناسب و نور کافی و ... منجر به بروز شکوفایی جلبکی می‌گردد. این شکوفایی ممکن است شامل گونه‌های متعددی از ارگانسیم‌های تک سلولی گیاهی (فیتوپلانکتون) بوده و خطرات جدی برای آبزیان بوجود آورد. از نظر طبقه‌بندی این جلبک‌ها را در سه گروه باسیلاریوفیتا (دیاتوم‌ها)، پیروفیتا و سیانوفیتا تقسیم‌بندی می‌کنند. که در این بین جلبک‌های گروه سیانوفیتا (سیانوباکتريا) عامل عمده شکوفایی و تلفات ماهیان در منابع آبی هستند، گونه‌های متعدد این گروه با رشد سریع خود لایه قطوری در سطح آب بوجود آورده و به دو طریق موجب تلفات ماهیان و سایر آبزیان می‌شوند، اول با ایجاد مسمومیت توسط ایکتیوتوکسین، دوم با کاهش سریع اکسیژن محلول، موجب مرگ سریع و ناگهانی ماهیان می‌شوند، همچنین از بین رفتن این جلبک‌ها موجب افزایش بار آلی آب و تغییرات مضر شیمیایی در محیط‌های آبی می‌شود. جلبک‌های بوجود آورنده این وضعیت عبارت از گونه‌های مختلف از جنس‌های *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* و *Nodularia* بوده که جنس اخیر در دریای خزر دارای ۲ گونه *N. spumigena* و *N. harveyana* می‌باشد. گونه اول شناور در سطح آب، گاهی در فصل تابستان و پائیز در خزر شمالی غالب بوده ولی در خزر میانی بندرت و به صورت منفرد در شوری ۱۲/۵ - ۱/۴ و در دمای ۲۶ - ۱۵ دیده می‌شود. گونه *N. harveyana* کفزی بوده و بندرت ایجاد شکوفایی می‌کند (۱۹)، این گونه در کل دریای خزر نسبتاً غالب بوده و بیشترین میزان آن مربوط به فصل تابستان و در

شهریور ماه است، گونه نامبرده در خزر شمالی غالب ولی در منطقه مرکزی و جنوبی در درجه شوری ۱۲/۵ - ۱۲ و در دمای ۲۵ - ۱۹ درجه سانتی‌گراد دیده می‌شود.

شکوفایی متراکم این فیتوپلانکتون‌ها موجب تشکیل لایه سنگین و قطور در سطح آب شده که مانع نفوذ نور خورشید به لایه‌های عمیق‌تر و مانع انجام عمل فتوسنتز و در نتیجه کاهش اکسیژن محلول در این لایه‌ها می‌شود. جلبک‌های مرده یا در حال مرگ نیز محل مناسبی برای رشد باکتری‌ها بوده که به نوبه خود اکسیژن محلول را کاهش و تولید گاز کربنیک را افزایش می‌دهند، با پیشرفت این پدیده که در شرایط بی‌هوازی بعد از افزایش زیاد مواد معلق موجود در آب به وجود می‌آید اکسیژن مورد نیاز ماهیان درشت تأمین نشده و سرانجام سبب تلفات ماهیان می‌گردد. تحت این شرایط ماهیان و جلبک‌های مرده موجب عفونت و آلودگی آب می‌شوند. چنین وضعیتی در تلفات ماهیان دریاچه زریوار (۵) مشاهده و ثبت گردید. جلبک عامل ایجاد این شکوفایی جنس *Microcystis* بوده که با تولید سم در اثر حجم زیاد و کاهش سریع اکسیژن آب بخاطر پوشاندن سطح آب موجب تلفات ماهیان شد. فاکتورهایی که به شکوفایی سیانوفیتا (جلبک‌های سبز - آبی) منجر می‌شوند به طور عمده مربوط به غنی شدن بیش از حد آب در اثر افزایش بار مواد آلی، همچنین یکی از شرایط اصلی برای بروز این شکوفایی افزایش pH بین ۹/۵ الی ۱۱ و دمای ۲۰ الی ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. این فرآیند ناشی از کاهش گاز کربنیک، به علت مصرف آن در جریان عمل فتوسنتز بوده که مطلوبترین شرایط را برای این شکوفایی جلبکی فراهم می‌سازد (۲۶).

نتایج مطالعات هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر طی سال‌های مختلف نشان داده که شاخه دیاتوم‌ها به جز فصل بهار در سایر فصول از تراکم بیشتری برخوردار بوده و حداکثر تراکم آن‌ها در فصول پاییز و زمستان و حداکثر زیتوده آن‌ها مربوط به فصل تابستان به دلیل حضور گونه‌های بزرگ مثل *Rhizosolenia calcar-avis* می‌باشد. همچنین بدلیل غنی بودن منطقه ساحلی و شرایط خاص و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، شاخه باسیلاریوفیتا (دیاتوم‌ها) از تراکم فوق‌العاده زیادی در لایه‌های سطحی و مناطق ساحلی برخوردارند. برعکس شاخه پیروفیتا علاوه بر تراکم زیاد آن‌ها در مناطق ساحلی تراکم نسبتاً خوبی در مناطق عمیق‌تر داشته، بنابراین بر عکس دیاتوم‌ها که فقط منطقه نورانی (Euphotic) را انتخاب می‌کنند این شاخه در منطقه تاریک (Aphotic) بعد از عمق ۵۰ متر) نیز با تراکم خوبی رشد می‌کند (۶ و ۱۵). در میان گونه‌های شاخه پیروفیتا *Exuviaella cordata* اهمیت ویژه‌ای داشته و به همراه گونه *scutellum Prorocentrum* بر اساس مطالعات (۸) از دیگر فیتوپلانکتون‌های پرجمعیت این شاخه محسوب می‌شود در بین گونه‌های شاخه پیروفیتا *Exuviaella cordata* بیشترین درصد فراوانی را داشته اما به دلیل وزن کم از نظر زیتوده پایین‌تر است. نتیجه این بررسی و مطالعات سال‌های قبل نشان داده که در فیتوپلانکتون‌های حوضه جنوبی دریای خزر دیاتوم‌ها جایگاه اصلی را از نظر تنوع گونه‌ای، تراکم و زیتوده در کل سطح دریا دارا هستند. در بین گونه‌های فیتوپلانکتونی متنوع مشاهده شده در حوضه جنوبی دریای خزر، گونه‌های متمایزی دیده می‌شوند که انتشار وسیعی دارند از جمله می‌توان به گونه شاخص

Rhizosolenia calcar-avis از دیاتوم‌ها در فصل تابستان و *Exuviaella cordata* از پیروفیتا در فصول بهار و پاییز اشاره نمود (۸، ۱۲ و ۱۴). سیانوفیتا درجات حرارتی بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد را جهت رشد خود ترجیح می‌دهند (۲۲) لذا در فصل بهار و تابستان که متوسط درجه حرارت نسبت به فصول دیگر بالاتر است، محدودیتی از نظر درجه حرارت مناسب جهت رشد ندارند. در نتیجه در این فصول نقش عوامل دیگر بر میزان تراکم و زیتوده سیانوفیتا بیشتر می‌گردد. از این جهت می‌توان گفت که افزایش تراکم و زیتوده آن‌ها در این دو فصل در منطقه غربی به علت ورود آب‌های رودخانه‌ای غنی از مواد مغذی است (۸). در حالی که در سرمای زمستان درجه حرارت نقش بارزتری می‌یابد، نقاط حداکثر تراکم و زیتوده از منطقه غربی به منطقه شرقی که دارای درجه حرارت بالاتری نسبت به غرب است کشیده می‌شود. در فصل پاییز که شرایط دیگری از قبیل چرخش‌های عمودی آب و کاهش نرخ چرای ژئوپلانکتون‌ها مطرح می‌گردد (۱۷) زمینه‌های مناسبی جهت انتشار بیشتر سیانوفیتا فراهم می‌گردد.

نتایج حاصل از تحقیقات نشان داده که می‌توان حضور سیانوفیتا را در درجات مختلف حرارتی مشاهده کرد به عبارتی دما اثر تعیین کننده بر وجود یا عدم وجود آن‌ها ندارد. چنان‌که در دمای پایین زمستان نیز در جمعیت فیتوپلانکتونی حضور داشته اما بالاترین تراکم آن‌ها در گرمای تابستان بچشم می‌خورد، چنان‌که نتیجه تحقیقات در خلیج گدانسک در سال ۱۹۹۸ نشان می‌دهد با کاهش دما در فصل تابستان تراکم سیانوفیتا کاهش می‌یابد (۲۷)، که این می‌تواند تاییدی بر فرضیه (۲۲) باشد. به نظر آن‌ها سیانوفیتا بیشتر

از آنکه سایکروفیل (سرمادوست) باشند، سایکروتروف (تغذیه در محیط سرما) هستند. طبق این فرضیه سیانوفیتا در فصول سرد حضور داشته و تغذیه می‌کنند ولی از رشد و تکثیر چندان بالایی برخوردار نیستند. در مجموع باید به این نکته توجه کرد که دینامیک جمعیت سیانوفیتا بیشتر تحت تأثیر ترکیب خاصی از عوامل محیطی است و ارتباط مستقیم بین عوامل محیطی (مثل دما) و سیانوفیت کمتر دیده می‌شود (۲۵).

با بروز شکوفایی جنس *Nodularia* از شاخه سیانوفیتا در اواخر شهریور سال ۱۳۸۴ با میزان متوسط ۷/۷ میلیون عدد در لیتر تراکم این شاخه در این مطالعه نسبت به سال ۱۳۸۰ حدود ۴۰ برابر و نسبت به سال ۱۳۸۲ حدود ۷۰ برابر شده است. بیشترین فراوانی این جلبک در سطح دریا بوده و به دلیل رنگ شیری در آب موجب شد تا در اعماق بیشتر با فراوانی کمتر نیز قابل مشاهده باشد. فراوانی آن در لایه سطحی به حدود ۱۰ میلیون عدد در لیتر و در عمق ۵۰ متر حدود ۳۰ هزار عدد در لیتر و وزن تر آن در لایه سطحی ۰/۱ گرم در لیتر و در ۵۰ متر ۰/۰۰۰۲ گرم در لیتر بوده است (۳).

پدیده شکوفایی جلبکی در اکثر نقاط دنیا و در منابع مختلف آبی وجود داشته اما در سال‌های اخیر تکرار و وسعت بیشتری یافته است، در دریای خزر بروز این پدیده نادر و غیرمحسوس بوده، اما تغییرات جوامع پلانکتونی و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب، در ارتباط با تهاجم شانه‌دار *Mnemiopsis leidyi* در سال‌های اخیر ناگهانی بوده است. کم شدن و حذف تعدادی از گونه‌های زئوپلانکتونی در دریای خزر در اثر ورود شانه‌دار و کاهش نرخ چرای زئوپلانکتون‌ها موجب تغییر جوامع فیتوپلانکتونی در این دریا بوده است.

تأثیر ورود شانه‌دار به دریای خزر بر روی جوامع فیتوپلانکتونی اصولاً متضاد با تأثیرات آن بر روی جمعیت زئوپلانکتون‌ها بوده است. به دلیل کاهش جمعیت زئوپلانکتونی طی ماه‌های خرداد تا اوایل شهریور، جمعیت فیتوپلانکتون‌ها افزایش چشمگیری یافت. به طوریکه زیتوده کل فیتوپلانکتون‌ها در خرداد ماه معادل 354 ± 224 میلی‌گرم در متر مکعب بوده و این میزان تا اوایل شهریورماه تا میزان قابل توجهی یعنی 510 ± 258 میلی‌گرم در متر مکعب افزایش یافته است (۱). در واقع زیتوده پلانکتون‌های گیاهی در مناطقی که همراه با حضور شانه‌داران بوده است افزایش چشمگیری یافته است که این مناطق همواره همراه با فقر پلانکتون‌های جانوری بوده‌اند. این مناطق به طور عمده سواحل غربی میانی و به ویژه سواحل جنوبی دریای خزر را شامل می‌گردد. بنابراین مقادیر زیادی از جمعیت فیتوپلانکتونی در خرداد ماه زمانی که پدیده فراچاندگی (جابجایی مواد مغذی ته نشین شده از بستر به سطح آب) در امتداد سواحل شرقی قسمت شمالی خزر میانی رخ می‌دهد مشاهده می‌گردد. در این زمان میزان فیتوپلانکتون‌ها در قسمت غربی خزر میانی به مراتب کمتر از خزر شمالی بوده و در خزر جنوبی در مقایسه با سایر قسمت‌ها در حداقل می‌باشد. در مرداد و اوایل شهریور میزان زیتوده پلانکتون‌های گیاهی در سواحل شرقی خزر میانی دو برابر بیشتر از سواحل غربی بوده و بیشترین افزایش گیاهان پلانکتونی در سواحل غربی خزر جنوبی در طی ماه‌های یاد شده مشاهده می‌گردد. به طوری که زیتوده آن در این زمان معادل 630 ± 227 میلی‌گرم در متر مکعب می‌رسد (۲). در این زمان در سواحل شرقی خزر میانی جمعیت فیتوپلانکتونی تقریباً ثابت است زیرا که میزان شانه

آنجا که شکوفایی تحت شرایط خاص دمایی و نوری و فیزیکیوشیمیایی انجام می‌گیرد. کاهش دما، بروز کولاک‌های مساعد و کوتاه شدن دوره نوری، کاهش و متزلزل شدن این پدیده را دربر دارد، مشخص شدن دلایل و زمان بروز شکوفایی و نوع جلبک عامل آن احتیاج به مطالعات مستمر و جامع‌تر دارد.

سپاسگزاری

با سپاس از خداوند بزرگ و منان که توفیق انجام این بررسی را به ما عطا فرمودند، لازم است از همکاری و مساعدت‌های ریاست وقت پژوهشکده آبی‌پروزی و آب‌های داخلی دکترخانی‌پور، و مجری این پروژه مهندس خداپرست و همکاران بخش پلانکتون‌خانم مهندس خطیب و خانم مددی جهت آماده‌سازی نمونه‌ها و آقایان زحمتکش، یوسف‌زاد، صیادرحیم و نوروزی که زحمت نمونه‌برداری‌ها را تقبل کردند، سپاگزاریم.

منابع

۱. باقری، س.؛ سبک آرا، ج.؛ روحی، ا.؛ پرافکنده، ف.؛ قاسمی، ش. و رضوی صیاد، ب.، ۱۳۸۱. گزارش نهایی بررسی فراوانی و پراکنش شانه‌داران در حوزه جنوبی دریای خزر (سواحل استان گیلان). پژوهشکده آبی‌پروزی آب‌های داخلی کشور. ۳۴ صفحه.
۲. باقری، س.، ۱۳۸۳. گزارش نهایی بررسی جامع اکولوژیک امکان کنترل جمعیت شانه‌دار مهاجم دریای خزر. فعالیت ۲: بررسی تغذیه شانه‌دار مهاجم در دریای خزر. پژوهشکده آبی‌پروزی آب‌های داخلی کشور. ۱۰۲ صفحه.

داران و زئوپلانکتون‌ها هر دو در میزان تقریباً پائینی هستند. در حالی که در این زمان و در سواحل غربی زیتوده فیتوپلانکتونی افزایش یافته و به دو برابر رسیده و در سواحل جنوبی میزان زیتوده فیتوپلانکتون‌ها سه برابر شده است. افزایش زیتوده فیتوپلانکتونی در دریا موجب افزایش کلروفیل *a* خواهد گردید. این میزان در سال ۱۳۸۰ و در مقایسه با سال ۱۳۷۸ طی ماه‌های تیر و شهریور در خزر شمالی دو برابر اندازه‌گیری شد در حالی که این میزان در خزر میانی طی ماه‌های شهریور و مهر دو برابر شده بود و در خزر جنوبی در مقایسه با تابستان ۱۳۷۸ این میزان تا پنج برابر افزایش یافته بود (۹). در یک مقایسه کلی در طی ماه‌های خرداد تا شهریور، میزان کلروفیل در خزر میانی تا دو برابر و در خزر جنوبی تا سه برابر افزایش می‌یابد. اگرچه فیتوپلانکتون‌های دریای خزر طی سال‌های اخیر و بعد از تهاجم شانه‌دار در قالب پنج گروه عمده *Chlorophyta*، *Cyanophyta*، *Bacillariophyta* و *Pyrrophyta* و *Euglenophyta* بوده ولی تغییرات عمده‌ای از لحاظ تعدادگونه‌ها، زیتوده و فراوانی گونه‌ای در آن‌ها ایجاد شده است. (۱، ۲ و ۱۲) (نمودار ۵).

نتایج بررسی‌های فیتوپلانکتونی در این تحقیق جهت بررسی تغییرات زمانی در ظهور فیتوپلانکتون‌های عامل شکوفایی‌های مضر جلبکی، غالبیت شاخه دیاتوم‌ها را از نظر فراوانی و زیتوده (به ترتیب ۶۰/۱ درصد و ۷۷/۴ درصد) نشان داده که تقریباً با نتایج مطالعات هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر در سال‌های گذشته و مطالعات شانه‌دار مطابقت دارد. در این بررسی از جلبک نودولاریا و سایر جلبک‌های مضر با تراکم بالا جهت شکوفایی نمونه‌ای مشاهده نشد. از

۳. پژوهشکده آبی‌پرووری آب‌های داخلی کشور، ۱۳۸۴. گزارش فنی رویت لکه مشکوک در دریای خزر. ۶ صفحه.
۴. پیروشکینا، آ.آی - لاورینکو و ماکارووا، ی.و.، ۱۹۶۸. جلبک‌های پلانکتونی دریای خزر. لنینگراد، ۲۹۰ صفحه.
۵. جلالی، ب. و برزگر، م.، ۱۳۸۲. بررسی علل تلفات ماهیان دریاچه زریوار و نقش جلبک میکروسیستیس در ایجاد تلفات. شرکت مهندسین مشاور آبی‌گستر. صفحات ۱-۱۷.
۶. حسینی، ع. و نصرالله‌زاده، ح.، ۱۳۷۶. بررسی رابطه بین میزان کلروفیل و سی‌چی دیسک در حوزه جنوبی دریای خزر. مرکز تحقیقات شیلاتی مازندران. ۱۵ صفحه.
۷. زابلینا، ام.ام.؛ کسلیف، ی.آ.؛ پیروشکینا، آ.آی. و شیشوکوما. اس.، ۱۹۵۱. جلبک‌های دیاتومه‌ای. مسکو. ۶۲۱ صفحه.
۸. سلیمانوف، ام.آ.، ۱۹۸۷. نقش میکروفلورها و فیتوپلانکتون‌ها در پروسه‌های تولیدی دریای خزر. ترجمه ابوالقاسم شریعتی، علوم و صنایع شیلاتی میرزا کوچک‌خان، رشت. ۳۴۹ صفحه.
۹. شاهی‌فر، ر.، ۱۳۸۵. ورود *Mnemiopsis leidy* به دریای خزر و تأثیرات آن بر ذخایر ماهیان اقتصادی. سایت پایگاه اطلاع‌رسانی شیلات ایران.
۱۰. کاسیموف، ا. گ.، ۱۹۹۴. اکولوژی دریای خزر. ترجمه ابوالقاسم شریعتی. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۷۲ صفحه.
۱۱. کاسیموف، ا. گ.، ۱۹۸۷. دریای خزر. لنینگراد، ترجمه یونس عادل. انتشارات مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان. ۸۰ صفحه.
۱۲. گنجیان، ع.؛ حسینی، س.ع.؛ کیهان‌ثانی، ع. و خسروی، م.، ۱۳۷۷. بررسی تراکم و پراکنش گروه‌های عمده فیتوپلانکتون‌های حوضه جنوبی خزر. مجله علمی شیلات ایران. شماره ۲، سال هفتم. صفحات ۹۵ تا ۱۰۷.
۱۳. لوشاکووا، و. دی.، ۱۹۷۰. تغییرات فصلی فیتوپلانکتون‌های خزر شمالی. مجله هیدروبیولوژی. مسکو. صفحات ۱۱ تا ۱۹.
۱۴. مائی سیوپ. ا. و فیلاتووا، ز.، ۱۹۸۵. جانوران و تولیدات زیستی دریای خزر. ترجمه: ابوالقاسم شریعتی، موسسه تحقیقات شیلات ایران. صفحات ۴۸ تا ۴۹.
15. Boney, A.D., 1989. Phytoplankton. Edward annoid. British Library Cataloguing Publication data. 118 P.
16. Clesceri, L.S; Greenberg, A.E. and Trussell, R., 1989. Standard metod for examination water and Wastewater, 17th edition. American public helth Association .Washington,U.S.A. 1193p.
17. Davis, C., 1955. The marine and freshwater plankton. Michigan State University Press. 156p.
18. Habit, R.N. and Pankow, H., 1976. Algenoflora der ostsee. Vebgusta fischers verlagjena. 493p.
19. Mazur,H; Plinski, M., 2003. Nodularia spumigena blooms and the accurance of Hepatotoxin in the Golf of Gedanck.Oceanologia, Institute of oceanology PAS. 45(1), pp.305-316.
20. Presscot, G.W.,1962. Algae of the western great lakes area . vol 1,2,3. WM.C.Brown Company Publishing,Iowa. 933P.
21. Sorina, A., 1978. Phytoplankton manual, United nations educational, scientific and Culture organization.337 P.

22. Tang, E.P.; Tremly, R. and Vincen, W.F., 1997. Cyanobacterial dominance of polar freshwater ecosystem. Canada. Jurnal – Article, 371-381.
23. Tiffany, L.H. and Britton, M.E., 1971. The Algae of Illinois. Hanfer publishing Company, Newyork .407 P.
24. Vollen weider, A.R., 1974. A manual on methods for Measuring primary production in aquatic environmental. Blackwell Scientific Publication .Oxford, London .423p.
25. Wade, D.C., 1984. Factor affecting development of a summer Cyanophyta dominated Phytoplankton community in a mainstem Tennessee Reservoir. U.S.A. 138p.
26. Willoghby, S., 1999. Manual of salmonid farming .Fishing news books. London. England.329p.
27. Zmijews, M.I. and Neim lewicz, E., 2000. Abundance and species composition of Plankton in the gulf of Gdansk- wschd (Gdansk- East) sewage treatment plant. Oceanologia. 42 .Poland pp.5-57.