

شکوفایی ماکرو جلبک (*Cladophora glomerata*) در برخی سواحل ایرانی دریای خزر**(تابستان ۱۳۹۷)****آسیه مخلوق^(۱)، حسن نصراله زاده ساروی^{(۲)*}، محمدعلی افرایی بندپی^(۳)، ابوالقاسم روحی^(۴)، غلامرضا****دریانبرد^(۵) و فریبا واحدی^(۶)**

۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صندوق پستی

۹۶۱، مازندران، ساری، پست الکترونیکی: hnsaravi@gmail.com

عهده دار مکاتبات *

تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۱۴

چکیده

ماکرو جلبک‌ها بعنوان تولیدکنندگان اولیه در انتقال انرژی به سطوح بالاتر زنجیره غذایی نقش مهمی دارند. در تابستان ۱۳۹۷ رشد و تکثیر شدید ماکرو جلبک در سواحل مختلف حوزه ایرانی دریای خزر مشاهده گردید که تحقیق حاضر به منظور شناسایی آن صورت گرفت. بر اساس مشاهدات میکروسکوپی، نمونه‌های مورد مطالعه عمدتاً شامل ماکرو جلبک کلادوفورا گلومراتا (*Cladophora glomerata*) از شاخه کلروفیتا بودند. این ماکرو جلبک، بومی دریای خزر و دارای پتانسیل رشد در اکوسیستم‌های آب شیرین و بسیاری از سواحل سراسر جهان است. آزمایشات فیزیکوشیمیایی آب در محل شکوفایی این ماکرو جلبک نشان داد که میزان نیترژن کل افزایش چشمگیری نسبت به داده های پیشین داشته است. بنظر می‌رسد که افزایش دما و ثبات آن و نیز میزان مناسب مواد مغذی نقش مهمی در افزایش شدید ماکرو جلبک کلادوفورا گلومراتا در سواحل دریای خزر داشتند. کاهش ورود فسفر (بخصوص از منابع نقطه‌ای و مشخص) به اکوسیستم و کاهش سطوح سخت غیر ضروری از روش های موثر در کنترل و کاهش زی توده *Cladophora glomerata* می باشند.

کلمات کلیدی: ماکرو جلبک، *Cladophora*، شکوفایی، دریای خزر، ایران

مقدمه

ماکروجلبک ها بعنوان تولیدکنندگان اولیه در انتقال انرژی به سطوح بالاتر زنجیره غذایی نقش ویژه‌ای دارند. تقریباً تمام ماکروجلبک ها بر سطح بستر سخت در زیر آب، سنگ ها، پوسته‌های مولکولی، سازهای مختلف مهندسی، لوله‌ها، شبکه‌ها، حتی بر قسمت‌های فروریخته کشتی‌ها در آب اگر با رنگ‌های ضد زنگ محافظت نشوند، رشد می‌کنند. بعضی از ماکروجلبک‌ها با جریان آب حمل می‌شوند و در بسترهای شنی یافت می‌شوند. آنها در پاییز نیز، پس از طوفان، یعنی پس از کامل شدن دوره رشد اکثر گونه‌های گیاهی، فراوان می‌شوند. جلبک‌های ماکروفیتی در بسترهای نرم رایج نیستند، اما برخی از گونه‌ها دارای فرم‌های فیزیولوژیکی و شناور آزاد هستند و می‌توانند در بسترهای شنی و گلی یافت شوند. پس از سرمای زمستان، آب در منطقه ساحلی خلیج (در عمق کمتر از ۳-۴ متر) گرم تر از آب‌های دریایی است. جلبک‌های کفزی بر بسترهای سنگی رشد می‌کنند، در حالی که انواع مختلف از فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون در ستون آب رشد می‌کنند (Higgins et al., 2008). در مطالعه Mehdipour و همکاران (۲۰۱۴) دو گونه ماکرو جلبک سبز *Cladophora glomerata* و *Enteromorpha intestinalis* و یک گونه جلبک قرمز *Laurencia caspica*، در حوزه ایرانی دریای خزر (ایستگاه‌های آستار، انزلی، چمخاله، رامسر، سیسنگان، بابلسر، امیرآباد و خواجه نفس) شناسایی شد. این گونه‌ها در نواحی شمال غربی و شرق دریای خزر نیز گزارش شدند (Zhakova, 2006). البته در بخش غرب و شمال شرقی دریای خزر گونه‌های *Cladophora sericea* یا *Cladophora gracilis* و *Cladophora nitida* نیز گزارش شده‌است (Caspian Sea Biodiversity Project). در طبقه‌بندی علمی گونه *Cladophora glomerata* در سلسله گیاهان، شاخه کلروفیتا، رده *Ulvophyceae*، راسته *Cladophorales*، خانواده *Cladophoraceae* قرار دارد. *Cladophora glomerata* دارای پتانسیل رشد در اکوسیستم‌های آب شیرین نیز است و از نقاط مختلف جهان (آمریکای شمالی، اروپا، جزایر اقیانوس اطلس، جزایر کارائیب، آسیا، آفریقا، استرالیا و نیوزیلند و جزایر اقیانوس آرام) گزارش شده است (Higgins et al., 2008). شکوفایی مکرر جلبکی بر اکوسیستم و نیز صنعت توریسم منطقه، اثرات نامطلوب می‌گذارد. لذا مطالعه حاضر به منظور شناسایی ماکروجلبک شکوفا شده در سواحل دریای خزر صورت گرفت تا بتوان در گام بعدی روش‌های کنترل و یا احتمالاً بهره‌برداری از گونه فوق را مورد مطالعه قرار داد.

مواد و روش کار

پس از گزارشات مکرر از منابع مختلف مبنی بر وجود انبوه ماکروجلبک، نمونه‌برداری از سواحل مختلف دریای خزر در تابستان ۱۳۹۷، صورت گرفت. مشخصات (طول و عرض جغرافیایی) ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است. ضمن آنکه، یک بار نمونه‌برداری از ماکروجلبک برای تعیین وزن خشک ماکروجلبک و نیز نمونه‌برداری از آب در ساحل فرح‌آباد، بمنظور شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون و تعیین برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی انجام شد. برای تعیین زی‌توده ماکروجلبک، سطحی معینی از سنگ تراشیده و ماکروجلبک آن برداشت شد. رشته‌های فوق پس از شستشو با آب شیرین و حذف رسوبات و سنگریزه‌ها بمدت ۲۴ ساعت در آون ۶۰ درجه خشک گردیدند. سپس رشته‌ها توزین و وزن خشک آن بر

حسب گرم/مترمربع محاسبه شد (Aguila Ramirez *et al.*, 2003). برای شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون، حجمی معادل ۵۰۰ سی سی از آب به بطری شیشه ای منتقل گردیده و با فرمالین تا حجم نهایی ۲-۵٪ درصد تثبیت گردید. در آزمایشگاه مراحل آماده سازی (سیفون و سانتریفوژ) نمونه آب انجام و سپس مورد شمارش و تعیین زی توده (با استفاده از محاسبه حجم هندسی فیتوپلانکتون) قرار گرفت (APHA, 2005). اندازه گیری پارامترهای دما (آب و هوا)، شوری و pH، بترتیب با داماسنج معمولی و دستگاه های پرتابل صورت گرفت. سیلیس محلول با استفاده از روش مولیدوسیلیکات و بوسيله اسپکتروفتومتری اندازه گیری گردید (Sapozhnikov *et al.*, 1988). در این روش سیلیس محلول با مولیدات واکنش داده و در مجاورت اسید اگزالیک به کمپلکس زرد رنگ تبدیل می شود. جذب نمونه در طول موج ۳۸۰ نانومتر قرائت شد. جهت اندازه گیری نیتروژن و فسفر کل، با استفاده از پرسولفات- بوریک اسید، ترکیبات آلی هضم و به ترتیب به فرم معدنی نیترات و فسفات تبدیل شدند. برای تعیین فسفر معدنی (فسفات)، با افزایش آمونیم مولیدات و اسید اسکوربیک، کمپلکس آبی رنگ ایجاد و جذب این ترکیب آبی رنگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۸۸۵ نانومتر قرائت شد. برای تعیین نیترات با روش ستون کاهشی کادمیم به نیتريت تبدیل و سپس با افزودن معرف ان نفتیل آمین کمپلکس ارغوانی رنگ ایجاد و جذب در طول موج ۵۳۴ قرائت گردید (APHA, 2005).

جدول ۱- مشخصات ایستگاه های مورد مطالعه در سواحل دریای خزر- تابستان ۱۳۹۷

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	تاریخ نمونه برداری
ساحل میان حاله	۵۰°۴۴'	۳۶°۵۳'	۱۳۹۷/۴/۱۰
ساحل سی سنگان	۵۱°۸۲'	۳۶°۵۸'	۱۳۹۷/۴/۲۸
مصب خیرود	۵۱°۳۴'	۳۶°۳۷'	۱۳۹۷/۴/۶
ساحل فرح آباد	۵۳° ۱۱'	۳۶° ۵۹'	۱۳۹۷/۴/۱۹

نتایج و بحث

در تابستان ۱۳۹۷، رشد و تکثیر شدید ماکرو جلبک از سواحل مختلف در حوزه ایرانی دریای خزر گزارش شد (شکل های ۱، ۲ و ۳).



شکل ۱ - انبوه رشته های ماکرو جلبک در ساحل میان حاله- تابستان ۱۳۹۷ (عکس از غلامرضا دریانبرد- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر)

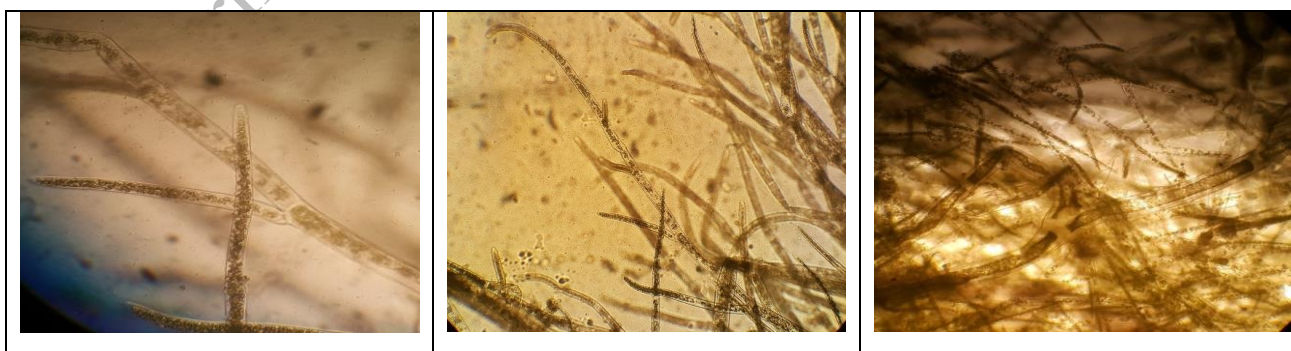


شکل ۲- رشته‌های ماکرو جلبک بر سطح سنگ و تور ماهیگیری در مصب رودخانه خیرود-تابستان ۱۳۹۷ (عکس از محمدعلی افرائی-پژوهشکده اکولوژی دریای خزر)



شکل ۳- انبوه رشته‌های ماکرو جلبک در ساحل سی سنگان-تابستان ۱۳۹۷ (عکس از حسن نصراله‌زاده ساروی-پژوهشکده اکولوژی دریای خزر)

بر اثر برخورد امواج به سطوح سنگی و سخت مقدار زیادی از رشته‌های ماکرو جلبک تا مسافتی حدود ۲ کیلومتر دورتر از ساحل بصورت شناور در آب وجود داشتند (شکل‌های ۱ و ۳). از دیگر مشاهدات، مزاحمت‌های ناشی از رشته‌های ماکرو جلبک چسبیده به لباس شناگران، تور ماهیگیری و بچه ماهیان صید شده در تورها (شکل ۲) بود. پوشش چندلایه از رشته‌های ماکرو جلبک در محل برخورد امواج دریا به سطوح سنگی ساحل سی سنگان چشمگیر بود. پرسنل مکان‌های گردشگری، برای جلوگیری از ایجاد منظره نامطبوع مجبور به پارو کردن رشته‌های ماکرو جلبک در برخی سواحل شدند. در مشاهدات میکروسکوپی، نمونه‌های برداشته شده عمدتاً بعنوان کلادوفورا گلومراتا (*Cladophora glomerata*) شناسایی شدند. شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی ماکرو جلبک‌های نمونه برداری شده را نشان می‌دهد.



شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی رشته‌های ماکرو جلبک (کلادوفورا) در سواحل ایرانی دریای خزر- تابستان ۱۳۹۷ (عکس از آسیه مخلوق-پژوهشکده اکولوژی دریای خزر)

جدول ۲ مقادیر برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب ساحل فرح آباد (تابستان ۱۳۹۷) را نشان می‌دهد. مقادیر پارامترهای زیستی و غیرزیستی دریای خزر تا پیش از دهه‌ی ۱۳۸۰ بعنوان مقادیر مرجع در اکوسیستم دارای ثبات اکولوژیکی در نظر گرفته می‌شوند و نتایج سایر سال‌ها برای تعیین تغییرات با آن‌ها مورد مقایسه قرار می‌گیرند. زیرا از اواخر دهه‌ی ۱۳۷۰ و اوایل دهه‌ی ۱۳۸۰، خصوصیات زیستی و غیرزیستی دریای خزر بدنبال ورود شانه دارمهاجم به این دریا دستخوش تغییرات جدی شده‌است. این تغییرات نامطلوب بدلیل همزمانی با تغییرات جهانی آب و هوا و افزایش فعالیت‌های مخرب جوامع انسانی در ارتباط با دریا تشدید گردیده است (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴). لذا نتایج بدست‌آمده در مطالعه حاضر، با مطالعات پیشین در مقطع زمانی مشابه مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۲- مقایسه داده های فیزیکی و شیمیایی آب از ساحل فرح آباد (تابستان ۱۳۹۷) و مطالعات پیشین

	مرداد ۱۳۷۵	مرداد ۱۳۸۴	مرداد ۱۳۸۹	تیر ۱۳۹۱	تیر ۱۳۹۷
Salinity	۱۳/۰۳	۱۱/۹۷	۱۳/۱۴	۱۲/۵۷	۱۱/۱۰
pH	۸/۲۵	۸/۳۲	۸/۳۴	۸/۵۷	۸/۵۰
TN/N($\mu\text{g/l}$)	۱۸۲	۶۹۲	۸۱۲	۶۵۸	۹۱۹
TP/P($\mu\text{g/l}$)	۱۳/۶	۷۰/۲	۱۷/۵	۳۱/۳	۳۲/۰
SiO ₂ ($\mu\text{g/l}$)	۳۱۱	۲۰۵	۲۰۲	۲۵۸	۲۳۴
دمای آب (C)	۲۸/۴	۲۸/۳	۲۹/۵	۲۷/۲	۳۱/۰
دمای هوا (C)	-	-	۲۷/۵	۲۷/۵	۳۵/۰

همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد، میزان نیتروژن کل افزایش چشمگیری را به هنگام شکوفایی کلادوفورا در سال ۱۳۹۷ نشان دادند. گونه‌های مختلف فیتوپلانکتون در ۶ شاخه باسیلاریوفیتا، پیروفیتا، سیانوفیتا، کلروفیتا، اگلنوفیتا و کریزوفیتا طبقه‌بندی شدند. در شاخه باسیلاریوفیتا، بیشترین تعداد گونه ثبت شد. تعداد گونه در شاخه‌های پیروفیتا، سیانوفیتا، کلروفیتا تقریباً یکسان (۵-۶ گونه) بود ولی شاخه‌های اگلنوفیتا و کریزوفیتا بترتیب ۳ و ۱ گونه را شامل شدند. شاخص‌های تنوع گونه-ای شانون، یکنواختی و تعداد گونه‌های میکروجلبکی در آب ساحل فرح آباد به هنگام شکوفایی کلادوفورا بترتیب ۱/۷، ۰/۵ و ۳۰ بدست آمد. زی توده و تراکم فیتوپلانکتون در هر یک از شاخه‌های فیتوپلانکتون در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- زی توده و تراکم در هر یک از گروه‌های فیتوپلانکتون در ساحل فرح آباد در سال ۱۳۹۷

فیتوپلانکتون	تراکم	زی توده
	(میلیون سلول در مترمکعب)	(میلی گرم در مترمکعب)
باسیلاریوفیتا	۳۰	۵۶۵
پیروفیتا	۴	۲۰۶
سیانوفیتا	۶	۷

۱۴۶	۱۰۴	کلروفیتا
۹۰	۸	اگلنوفیتا
۱۱	۱	کریزوفیتا
۱۰۲۵	۱۵۳	کل

تراکم و زی توده کل فیتوپلانکتون بترتیب ۱۵۲ میلیون سلول در مترمکعب و ۱۰۲۵ میلی گرم در مترمکعب بدست آمد. بر اساس جدول ۳، توزیع تراکم در بین شاخه ها به صورتی بود که شاخه کلروفیتا و باسیلاریوفیتا بترتیب با ۱۰۴ و ۳۰ میلیون سلول در مترمکعب، اولین و دومین شاخه غالب را تشکیل دادند. در حالی که در مطالعات پیشین (دهه ۱۳۷۰ و سال ۱۳۸۸) بترتیب باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا، اولین شاخه غالب در ساحل فرح آباد و یا نزدیکترین ایستگاه به آن بودند (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۴). Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸)، با روش های مختلف تعیین سطح تروفیکی از جمله محاسبه شاخص TRIX (Vollenweider et al., 1998)، افزایش سطح تغذیه گرای (تروفیکی) دریای خزر (سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۳) از الیگوتروف به سوی مزو-یوتروف را نشان دادند. معمولاً عدم ثبات و یا افزایش سطح تروفیکی سبب می گردد که جمعیت گونه های دارای چرخه زندگی کوتاه و دارای قدرت سازگاری بالا، بخصوص در نزدیکی سواحل و مکان های دارای امواج متلاطم افزایش یابد و یا غالب گردند (Sigeo, 2004). تداوم روند افزایشی سطح تروفیکی، افزایش جمعیت جلبک و گسترش هر چه بیشتر آن ها بخصوص گونه های فرصت طلب را در دریای خزر به همراه داشت. مطالعات فوق (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴، Nasrollahzadeh et al., 2008) همچنین نشان داند که در فصل زمستان بر اثر کاهش شرایط محیطی مطلوب، رشد و تکثیر شانه دار مهاجم به شدت کم می شود و منبع سرشاری از مواد مغذی بر اثر تلاشی و تجزیه انبوهی از شانه دار مهاجم در اکوسیستم فراهم می گردد. به همین ترتیب، با پایان یافتن فصل سرما و کاهش شرایط مناسب برای گونه های باسیلاریوفیتای دارای رشد تهاجمی (بخصوص *Pseudonitzschia seriata*)، و از بین رفتن و سقوط آنها در آب، منبع سرشاری از مواد مغذی بخصوص سیلیس در کف دریا انباشته می شود. این امر در اعماق نزدیک به ساحل که فاقد لایه بندی آب است، همراه با فراهم شدن شرایط مناسب محیطی (دمای بالا)، احتمال رشد و تکثیر فراوان گونه های فرصت طلب از جمله *Cladophora glomerata* را در فصول بعدی بخصوص تابستان تشدید می نماید. عموماً در دریای خزر میزان سیلیس به اندازه ای است که محدودیت مواد مغذی ناشی از سیلیس جز در موارد بسیار محدودی رخ نداده است (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱). ضمن آنکه انهدام انبوه *Pseudonitzschia seriata* مقادیر فراوانی مواد مغذی از جمله سیلیس را وارد چرخه حیات می نماید. لذا شرایط مطلوب برای رشد و تکثیر *Cladophora glomerata* افزایش می یابد. زیرا سیلیس یکی از مواد موجود در ساختار دیواره سلولی این ماکرو جلبک است (Moore and Traquair, 1976).

در مطالعه Mehdi-pour و همکاران (۲۰۱۵)، در سواحل ایرانی دریای خزر، کلادوفورا در بین ماکرو جلبک های قرمز و سبز، مهمترین عامل در ایجاد تفاوت بین مکان ها و زمان های مختلف تعیین شد. توزیع زی توده این جلبکها در بین فصول به

نحوی است که حداکثر میزان در فصل تابستان و پس از آن بترتیب در فصول بهار، زمستان و پاییز ثبت شد. در شکوفایی میکرو جلبک *Nodularia spumigena* در برخی از مناطق ایرانی دریای خزر در تابستان ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ نیز شرایطی از قبیل افزایش سطح تروفیکی آب، شرایط مناسب آب و هوایی مانند درجه حرارت بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد و سکون و پایداری هوا، از عوامل بروز شکوفایی بیان شدند. بطوری که اتمام آن پس از حدود دو هفته در پی شکست دمایی و وزش باد صورت-گرفت (Nasrollahzadeh et al., 2011). در تیر ماه ۱۳۹۷ (به هنگام شکوفایی کلادوفورا) نیز دمای هوا در منطقه فقط ۲-۳ روز کم تر از حداکثر میانگین (۳۰ درجه سانتیگراد) بود. به این ترتیب در عمده روزها دمای هوا از ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد در تغییر بود و در روز نمونه برداری از ایستگاه‌های خیرود و میان حاله بترتیب ۳۲/۰ و ۳۱/۵ درجه سانتیگراد ثبت شد. در ایستگاه فرح آباد دمای هوا و آب بترتیب ۳۵ و ۳۱ درجه سانتیگراد بود. بنظر می‌رسد که در تابستان ۱۳۹۷، افزایش دما و نیز ثبات آن به همراه میزان مناسب مواد مغذی، نقش مهمی در افزایش و شکوفایی کلادوفورا گلومراتا در سواحل دریای خزر داشته اند. چنانکه مطالعه Steinke و Naidoo (۱۹۹۰) نیز در آب‌های منطقه معتدل نشان داد که افزایش دما و افزایش دسترسی به مواد مغذی و نور مهم ترین عوامل افزایش کلادوفورا گلومراتا در تابستان بودند. بنابراین هرچند افزایش دما برای بروز این شکوفایی نقش دارد ولی وجود مواد مغذی برای رشد و تکثیر و گسترش گونه شکوفا شده لازم می‌باشد. کلادوفورا گلومراتا یک گونه فرصت طلب است که در اعماق کم تر از ۱ متر بعد از چسبیدن به سطوح سخت توزیع می‌یابد. دمای بهینه برای رشد این گونه ۲۵-۲۰ درجه سانتیگراد است (McNaught, 1964). بعد از حداکثر رشد در تابستان، در نهایت میزان آن در اواخر تابستان و پاییز کاهش می‌یابد. *Cladophora glomerata* در جنوب دریاچه Ontario کانادا، بعنوان جلبک غالب در رودخانه‌های اطراف و در امتداد دریاچه گزارش شد. در این دریاچه حداکثر تولید در تابستان رخ داد که از ۲ دوره کوتاه رشد شدید ماه‌های ژوئن (تیر) و سپتامبر (شهریور) حاصل شد. در منطقه مورد مطالعه، با فراهم شدن مواد مغذی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی و جوامع انسانی در محل تأسیسات، تجهیزات و سواحل سنگفرش شده، شرایط رشد این جلبک فراهم شد. به نظر می‌رسد دوره ای آن به افزایش درجه حرارت مرتبط است. همچنین شرایط زیستگاه بهینه شامل یک بستر سخت و ثابت در آب قلیایی کم عمق نیز مطرح می‌باشد (Bellis and McLarty, 1967). در تحقیق حاضر نیز در برخی از سواحل مازندران وجود سطوح سخت، pH قلیایی و دمای بالا نشان داده شد که با مطالعه فوق انطباق دارد. شکوفایی کلادوفورا از دهه ۱۹۵۰ تا اوایل دهه ۱۹۸۰، یک ویژگی مشترک دریاچه Great Lake آمریکای شمالی (اری، میشیگان، انتاریو) بود و بطور گسترده‌ای از طریق برنامه چند میلیارد دلاری کاهش آلودگی فسفر، ریشه کن شد. این تحقیقات نشان داد در صورتی که ورود فسفر از منابع شناخته شده و تعیین شده (point sources) کنترل شود و میزان فسفر در مقادیر کمتر از ۲ میکروگرم در لیتر حفظ شود، میزان تراکم کلادوفورا به حد آستانه مزاحمت (۵۰ گرم وزن خشک/مترمربع) نمی‌رسد (Auer et al., 2010). در مطالعه حاضر نسبت مولی نیتروژن/فسفر (DIN/DIP) برابر ۱۰/۸ بدست آمد که بیانگر محدودیت

نیتروژنی برای فیتوپلانکتون در این ناحیه بوده است به بیان دیگر اکوسیستم دارای فسفر مناسب بوده است (۱۶ برابر غلظت فوق) که با نتایج فوق مطابقت داشته است. تراکم کلادوفورا در مطالعه حاضر (در ساحل سی سنگان) در نقاطی که بصورت چند لایه سطوح سنگی را پوشانده بود، به ۳۲۰ گرم در مترمربع نیز رسید. اما باید در نظر داشت که این تراکم در ساحل بطور یکنواخت نبوده و در سطوح و اشکال نامناسب محل چسبندگی (پایه)، کاهش داشته است.

مطالعه Higgins و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که در اواسط دهه ۱۹۹۰ علی‌رغم عملیات کنترل شکوفایی، مجدداً شکوفایی گسترده کلادوفورا در دریاچه Great Lake دیده شد. تحقیقات نشان داد که بازگشت شکوفایی با افزایش سطح در دسترس (محل اتصال جلبک به سطح)، شفافیت آب و بازیافت فسفر همراه بود. در این اکوسیستم ورود فسفر از خارج از اکوسیستم صورت نگرفت، بلکه افزایش فسفر از طریق چرخه درونی اکوسیستم یعنی فعالیت کلونی‌های متراکم انواع صدف های دریایی با رشد تهاجمی (*dreissenid mussels*) صورت گرفت. این نتایج نشان داد که تهاجم *dreissenid mussels* ممکن است تغییرات قابل توجهی در انرژی و جریان مواد مغذی از مناطق ساحلی به کف (منطقه بنتیک) ایجاد کند (Higgins et al., 2008). رابطه‌ی پیچیده‌ای بین محتویات سیلیس و تراکم دیاتومه های اپیفیتیک موجود بر این ماکرو جلبک وجود دارد. بطوری که وقتی کلادوفورا به حداکثر تراکم می‌رسد، میزان سیلیس در این دیاتومه ها به حداکثر میزان می‌رسد. مشاهده میکروسکوپی آبهای یوتروف (محیط دریایی) نشان داد که تعداد زیادی دیاتومه های تک سلولی (*Cocconeis*) سطح ریشه ها و بدنه کلادوفورا را پوشانده بود (Sieburth, 1975). این امر بیانگر گروههای مختلف موجودات زنده ای است که دارای نیازهای هم سو (نور خورشید، دما، شوری و سایر شرایط محیط آبی) هستند. در نمونه آب در محل پیوستن خیرود به دریا، گونه های مربوط به شاخه های باسیلاریوفیتا، بیش از ۸۰ درصد از تراکم فیتوپلانکتون را در آب شامل شدند.

در نتایج Mehdipour و همکاران (۲۰۱۵)، در حوزه ایرانی دریای خزر، پارامترهای pH و سیلیس مهم ترین پارامترها برای بیان تغییرات کلادوفورا گلومراتا تعیین شدند و افزایش کلادوفورا گلومراتا با افزایش غلظت نیترات و سیلیس و دما همراه بود. در حالی که میزان اکسیژن محلول کاهش نشان داد. آنها بیان نمودند که تغییرات مواد مغذی و نور در دسترس و نیز دما، میزان سیلیس کلادوفورا را تغییر می‌دهد و این امر با کاهش زی توده کلادوفورا همراه می‌شود. افزایش تجمع کلادوفورا، سبب کاهش نیتروژن می‌شود بطوری که ممکن است بعنوان عامل محدود کننده در محیط محسوب شود.

در مطالعه Ebadi و Hisoriev (۲۰۱۷) نیز در ایستگاه فرح آباد (دریای خزر) از خانواده *Cladophorace*. گونه‌ی *Cladophora glomerata* ثبت شد. آنها با توجه به سوابق مطالعاتی انجام شده در خصوص این جلبک در زمینه‌های سوخت پاک (سوخت زیستی)، نشانگر زیست محیطی و سم شناسی، تصفیه فلزات سنگین، مطالعه و بهره‌برداری از این جلبک را با اهمیت بیان نمودند.

افزایش سطح مواد مغذی (eutrophication)، سبب افزایش جلبک های رشته ای و غالبیت آنها بر ماکروجلبک های همیشگی و چند ساله در مناطق ساحلی کم عمق می شود. این امر تغییرات شدیدی را بر جوامع جلبکی و خصوصیات زیستگاهی و جانوران مرتبط، تحمیل می کند. هنگامی که جلبکها از بستر اصلی جدا می شوند، به صورت شبکه ای از رشته ها در ته آب در منطقه کناری جمع می شوند و اغلب سبب کمبود اکسیژن می شوند. تحقیق نشان داد که هر دو نوع تجمع *Cladophora glomerata* (رشته چسبیده به سطح و رشته های جمع شده در ته آب) غنی از ماکروفون ها و جلبک های چسبیده بود که در طی زمان بطور معنی داری تغییرات نشان می داد. به عبارت دیگر رشته های *C. glomerata* به عنوان زیستگاه های مفید برای فون های ساحلی محسوب می شود (Salovius and Kraufvelin, 2004). در دریاچه های میشیگان و انتاریو مشاهده شد که همراه با شکوفایی کلادوفورا، رشد تهاجمی ماکروبتوز (*Dreissena polymorpha* و *Dreissena bugensis*) توان بالقوه کلادوفورا را برای توزیع در اعماق مختلف آب بطرق مختلف افزایش داد. زیرا این ماکروبتوز با تغذیه فیلتری خود سبب افزایش شفافیت و افزایش نور در دسترس برای کلادوفورا می شود. از سوی دیگر زی توده آن نیز در چرخه انرژی می تواند بعنوان منبع مواد مغذی توسط کلادوفورا مورد استفاده قرار گیرد. گزارش هایی از شکوفایی کلادوفورا در سواحل و خاموش شدن سایت های انرژی هسته ای، به علت مسدود شدن صفحاتی که آب برای خنک کردن از روی آنها عبور می کرد، شده است. همچنین نگرانی هایی نیز در مورد بوتولیسم پرنندگان بر اثر خوردن کلادوفورا و نیز پاتوژن های انسانی بیان شده است (Auer et al., 2010)

افزایش طول مدت و نیز شدت شکوفایی *Cladophora glomerata* عوارض نامطلوب بر محیط زیست، اکولوژی و صنعت گردشگری را بدنبال خواهد داشت. تعیین دلایل شکوفایی در سواحل دریای خزر، نیاز به نمونه برداری بیشتر و تولید داده های علمی دارد تا بتوان بر پایه ی آنها راهکارهای کاهش و مبارزه با رشد تهاجمی این ماکروجلبک را پیشنهاد نمود.

یافته ترویجی

در تابستان ۱۳۹۷، افزایش دما و نیز ثبات آن به همراه میزان مناسب مواد مغذی، نقش مهمی در شکوفایی ماکروجلبک کلادوفورا گلومراتا در سواحل دریای خزر داشتند. با توجه به گرم شدن جهانی آب و هوا و مهیا بودن یکی از شرایط مهم برای افزایش این ماکروجلبک، کنترل ورود مواد مغذی از منابع مختلف از جمله پساب ها و آبیاری پروری دریایی (با اعمال روش های مختلف مدیریتی) به اکوسیستم و نیز حذف سازه ها، لوله ها و شبکه های غیر ضروری برای کاهش شدت شکوفایی آن لازم می باشد.

تشکر و قدردانی

از همکاری صمیمانه آقای داودی و ایاسی در نمونه برداری و سایر همکاران قدردانی می شود.

منابع

نصراله زاده ساروی، ح.، پورغلام، ر.، واحدی، ف.، مخلوق، آ. و صفوی، س.ا.، ۱۳۹۱. روند تغییرات ماکرونوترینت (مواد مغذی) آب در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر. اقیانوس شناسی، ۳ (۱۱): ۴۳-۵۳.

نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.، کیهان ثانی، ع.ر. و گل آقایی، م.، ۱۳۹۴. مطالعه وضعیت ثبات و اغتشاش در اکوسیستم دریای خزر (سواحل ایران) بر اساس الگوی ساختاری فیتوپلانکتون. مجله زیست شناسی دریا، ۷ (۲۶): ۲۴-۴۴.

نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، نصراله زاده ساروی، ح.، روشن طبری، م.، تهامی، ف.س.، هاشمیان، ع. و روحی، ا.، ۱۳۹۴. هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۲۰۳ صفحه.

Aguila Ramirez, R. N., Casas Valdez, M., Ortega Gracia, S. M., Nunz Lopez, R. A., and Cruz Ayala, M. B., 2003. Spatial and Seasonal variation of macroalgal biomass in Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico. *Hydrobiologia*, 501:207-214.

APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association. Centennial edition, Washington, USA. 1113p.

Auer, M.L., Tomlinson, L.M., Higgins, S.N., Malkin, S.Y., Howell, E.T. and Bootsma, H.A., 2010. Great Lakes *Cladophora* in the 21st century: same algae—different ecosystem. *Journal of Great Lakes Research*, 36 (2):248-255.

Bellis, V.J. and McLarty, D.A., 1967. Ecology of *Cladophora glomerata* (L) Kutzin insouthern Ontario. *Journal of Phycology*, 3:57-63.

Caspian Sea Biodiversity Project under umbrella of Caspian Sea Environment Program, www.zin.ru/projects/caspddiv/index.html. Cited 23 july, 2018.

Ebadi, A.G. and Hisoriev, H., 2017. Biodiversity of Algae from the Tajan River Basin (Mazandaran-Iran). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 21(4): 33-51.

Higgins, S.N., Malkin, S.Y., Hiwell, E.T., Guildford, S.G., Campbell, L., Hiriart-Baer, B. and Hecky, R.E., 2008. An ecological review of *Cladophora glomerata* (chlorophyta) in the Laurentian Great Lake. *Journal of phycology banner*, 44(4):839-854.

McNaught, M. E., 1964. Distribution and Occurrence of Filamentous Algae in Lake Mendota. M.S. Thesis, University of Wisconsin, Madison, 34 p.

Mehdipour, N., Grami, M.H., Nemati, H., Rahnema, A., 2015. Spatial and temporal variation of macro-algae along the southern coast of the Caspian Sea, relating to environmental parameters. *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*, 6(20):65-73.

Mehdipour, N., Shejjooni Fumani, N. and Rahnema, R., 2014. Proximate and Fatty acid Composition of the Southern Caspian Sea Macro-algae. *Journal of the Persian Gulf*, 5(18):63-72.

- Moore, L. F. and Traquair, J. A., 1976. Silicon, a required nutrient for *Cladophora glomerata* (L) Kutz.(Chlorophyta). *Planta*, 128 (2): 179-182.
- Nasrollahzadeh, H.S, Makhloogh, A, Pourgholam, R, Vahedi, F, Qanqermeh, A, Foong, S.Y., 2011. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the southern Caspian Sea. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(2):141-155.
- Nasrollahzadeh, H.S., Zubir, B.D. Foong, S.Y. and Makhloogh, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*, 28:1153-1165.
- Salovius, S. and Kraufvelin, P., 2004. The filamentous green alga *Cladophora glomerata* as a habitat for littoral macro-fauna in the Northern Baltic Sea. *Ophelia*, 58(2): 65-78, DOI: 10.1080/00785326.2004.10410214.
- Sapozhnikov, V.N., A.E. Agativa, N.V. Arjanova, E.A. Nalitova, N.V. Mardosova, V.L. Zobarowij and Bandarikov, E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher, Moscow, Russia.
- Sieburth, J.McN., 1975. *Microbial Seascapes. A Pictorial Essay on Marine Microorganisms and Their Environments*. Baltimore, London, Tokyo: University Park Press, 248 pp.
- Sigeo, D. C., 2004. *Freshwater microbiology: biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the freshwater Environment*. UK: University of Manchester, John Wiley & Sons Inc. 524pp.
- Steinke, T.D. and Naidoo, Y., 1990. Biomass of algae epiphytic on pneumatophores of the mangrove *Avicennia marina*, in the St Lucia estuary. *South Africa Journal of Botany*, 56(2):226–232.
- Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Motanari, G., Rinaldi, A., 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 9:329–357.
- Zhakova, L.V., 2006. Check-list for Caspian Sea macro-algae, Caspian Sea Biodiversity Project under umbrella of Caspian Sea Environment Program.

The bloom of Macro-algae *Cladophora glomerata* in the Iranian Coasts of Caspian Sea (summer-2018)

Makhlough, A.⁽¹⁾, Nasrollahzadeh Saravi, H.^{(2)*}, Afraei, M.A.⁽³⁾, Roohi, A.G.⁽⁴⁾, Daryanabard, G.R.⁽⁵⁾ and Vahedi, F.⁽⁶⁾

1, 2, 3, 4, 5, 6- Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), P.O. Box 961, Sari, Iran

*Corresponding Author: hnsaravi@gmail.com

Abstract

Macro-algae as primary producers play an important role in energy shift to higher levels of the food chain. The severe proliferation of macro-algae has been reported from various coasts of the Iranian region of the Caspian Sea in the summer of 2018. Based on microscopic observations of the collected samples, the macro-algae population was mainly formed by *Cladophora glomerata* (Chlorophyta division). This native macro-algae of the Caspian Sea has a potential growth in freshwater ecosystems and many coasts around the world. The physico-chemical results of water showed the significant increases of nutrients compare to the previous data. It seems that, stability of high temperature support the invasion growth of *Cladophora glomerata* as well as high light and nutrients availability in summer. Reduction of loading phosphorus (especially from point sources) into the ecosystem and decreasing of unnessecary adhesive bases (natural/ man-made) are the most effective methods for controlling and reducing the *Cladophora glomerata* mass.

Key Words: Macro-algae, *Cladophora*, Bloom, Caspian Sea, Iran