مطالعه وضعیت ثبات و اغتشاش در اکوسیستم دریای خزر (سواحل ایران) بر اساس الگوی ساختاری فیتوپلانکتون

حسن نصر الهزاده ساروی[۱]
آسیه مخلوق[۲*]
رحیمه رحمتی[۳]
فاطمه السادات تهامی[٤]
علیرضا کیهان ثانی[٥]
مهدی گل آقایی[٦]

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

*مسئول مکاتبات:
asieh_makhlough@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۴۰۲۰۲۶۰
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۳
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

در دو دهه‌ی اخیر میزان فاکتورهای مختلف استرس‌زا از قبیل آلودگی‌های بیولوژیکی و شیمیایی بر دریای خزر افزوده شده و بر اجزای زیستی و غیر زیستی آن اثر گذاشته‌است. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات الگوی ساختار فیتوپلانکتون در حوزه ایرانی این دریا، طی زمان قبل از اغتشاش (۱۳۷۵) و پس از اغتشاش (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) بوده‌است. نمونه‌برداری در طی چهار فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) و هشت نیم‌خط (آستارا، بندرانزلی، سفیدرود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و بندرترکمن) صورت پذیرفت. تعداد ۱۹۲۰ نمونه از لایه‌های مختلف اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر برداشت گردید. نتایج نشان داد که تعداد کل گونه‌های شناسایی شده در هشت شاخه فیتوپلانکتون ۲۹۹ بوده که در هر یک از شاخه‌های باسیلاروفیتا، پیروفیتا، سیانوفیتا، کلروفیتا، یوگلنافیتا، زانتوفیتا، کریزوفیتا و هاپتوفیتا به ترتیب ۱۲۷، ۳۷، ۴۷، ۶۳، ۱۹، ۳، ۱ و ۱ گونه ثبت گردید. تعداد گونه‌های سال‌های پس از اغتشاش بیش از دو برابر سال قبل از اغتشاش بوده و همچنین تراکم فیتوپلانکتون سال‌های پس از اغتشاش ۱۵-۳ برابر سال قبل از اغتشاش گردید. بر اساس نتایج به دست آمده، جابجایی و بی‌نظمی بین سالی در شاخه‌های غالب در هر فصل رخ داد. در مواردی نیز که جابجایی در شاخه‌های غالب صورت نگرفت، جابجایی گونه‌های غالب در هر فصل صورت گرفت. نتیجه اینکه تاکنون، به دلایل افزایش شدید تراکم فیتوپلانکتون، وجود تغییرات عمده در جایگزینی گونه‌های غالب، افزایش گونه‌های مضر و سمی، ناپدید شدن برخی گونه‌های ساکن یا بومی و بروز شکوفایی‌های مختلف جلبکی در سال‌های مورد مطالعه نسبت به سال ۱۳۷۵ (سال ثبات و عدم اغتشاش اکوسیستم)، روند رو به بهبود در کیفیت اکوسیستم چندان قابل مشاهده نبوده‌است.

واژگان کلیدی: فیتوپلانکتون، الگوی ساختاری، اغتشاش، دریای خزر، سواحل ایران.

مقدمه

دریای خزر هم از نظر سطح و هم حجم آب از بزرگ‌ترین دریاچه جهان محسوب می گردد. این اکوسیستم نیمه بسته همگن نیست و دارای بخش‌هایی با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و تنوع زیستی متفاوت است. بیشترین فون و فلور در بخش شمالی آن است و بخش میانی و جنوبی میزان متوسط و خلیج قره بغازگل پایین‌ترین میزان تنوع زیستی را داراست. از اواخر قرن بیستم بر سرعت اثرات منفی بر اکوسیستم دریای خزر ناشی از فعالیت‌های جوامع انسانی از طرق مختلف از قبیل تخلیه انواع فاضلاب‌ها، افزایش میزان بهره‌وری انسان از دریا و حاشیه‌های آن را در زمینه‌های مختلف (شکار، ساخت و ساز، سدسازی و...)، افزایش حمل و نقل دریایی، وقوع تصادفات کشتی‌های نفت‌کش، عملیات اکتشاف، حفاری

Archive of SID
www.SID.ir

چاه‌های نفت در دریا و آلودگی‌های بیولوژیکی افزوده شده‌است (Dumont, 1995; Shiganova *et al.*, 2005). از معمول‌ترین عوارض این فعالیت‌ها انقراض و یا قرار گرفتن در معرض انقراض بسیاری از گونه‌ها (اعم از ماکروسکوپی و میکروسکوپی) و آسیب بر تنوع زیستی است. از آنجایی که تغییرات در اکوسیستم بر همه سطوح تغذیه ای اثر می‌گذارد، لذا بر پارامترهای مختلف جامعه فیتوپلانکتونی شامل تراکم، زی‌توده و تعداد فیتوپلانکتون نیز اثر گذاشته‌است (Kideys *et al.*, 2005). به طوریکه این اکوسیستم از وضعیت ثبات با مشخصه کم بودن گونه‌های مضر با نوسانات بسیار کم، عدم انقراض گونه‌ها و همچنین تعادل و موازنه بین تراکم گونه‌های مختلف (Palmer, 1980; Washington, 1984; Olenin *et al.*, 2007) خارج شده‌است (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۳). لذا در راستای حفاظت و بهره‌برداری مناسب از این اکوسیستم ارزشمند لازم است که درک درستی از وضعیت اجزای مختلف اکوسیستم داشته باشیم و میزان تغییرات را مورد ارزیابی قرار دهیم. مطالعات مختلفی در خصوص بیان الگوی ساختاری حوزه جنوبی دریای خزر در مقاطع زمانی متفاوت انجام شده‌است. بعنوان مثال در سال ۱۳۷۴ در نمونه‌های بدست آمده از سواحل آستارا تا گمیشان از اعماق ساحلی تا اعماق بالا (۲۰۰ متر) مجموعاً تعداد ۱۷۰ گونه ثبت گردید که تعداد گونه‌ها در شاخه‌های آن به ترتیب ۸۱ (باسیلاریوفیتا)، ۲۴ (پیروفیتا)، ۲۴ (سیانوفیتا)، ۲۳ (کلروفیتا)، اگلنافیتا (۱۷) و یک گونه در کریزوفیتا بوده‌است (پورغلام، ۱۳۷۴). در مطالعه‌ی Kideys و همکاران (۲۰۰۵) که در یک گشت دریایی در اواخر زمستان سال ۱۳۸۰ و از لایه سطحی آب در محدوده سواحل لیسار تا بندر ترکمن انجام گرفت تعداد ۴۳ گونه در شاخه‌های باسیلاریوفیتا، پیروفیتا، کلروفیتا، کوکولیتوفرها، سیانوفیتا به همراه گروه تاژکداران کوچک شناسایی شد. تعداد گونه‌ها در شاخه‌های باسیلاریوفیتا و پیروفیتا به ترتیب ۱۹ و ۷ گونه بوده‌است که این دو شاخه رتبه‌های اول و دوم را در میزان زی‌توده و تراکم نیز دارا بوده‌اند. به طوریکه پیروفیتا ۶۴ درصد از زی‌توده (۴۰۰ میلی گرم در مترمکعب) و ۵۴ درصد از تراکم (۵۰ میلیون سلول در مترمکعب) فیتوپلانکتون را تشکیل داد. در مطالعه‌ی Roohi و همکاران (۲۰۱۰) در محدوده‌ی لیسار تا امیرآباد طی فصول مختلف از سال‌های ۸۵-۱۳۸۰ مجموعاً ۲۲۶ گونه فیتوپلانکتون شناسایی شد که در هر یک از شاخه‌های باسیلاریوفیتا، کلروفیتا، سیانوفیتا، پیروفیتا و اگلنافیتا به ترتیب تعداد ۱۰۱، ۴۵، ۳۸، ۲۵ و ۱۷ گونه طبقه‌بندی شدند. میانگین تراکم و زی توده در هر یک از فصول در سال‌های مورد بررسی به ترتیب در بهار (۹۴، ۷۶۸)، تابستان (۶۰، ۴۵۹)، پاییز (۱۴۱، ۵۶۱) و زمستان (۱۸۰، ۸۸۰) (میلیون سلول در مترمکعب، میلی گرم در مترمکعب) بوده‌است. مطالعه مقایسه‌ای دیگری نیز از تغییرات ساختاری فیتوپلانکتون در دریای خزر بین سال‌های پیش از ورود شانه‌دار به دریای خزر با سال‌های پس از ورود (۸۵-۱۳۸۰) توسط فضلی و همکاران (۱۳۸۹) انجام گرفت. آن‌ها نشان دادند که شاخص‌های تنوع زیستی در فیتوپلانکتون پس از ورود شانه‌دار افزایش یافته‌است. صرف نظر از علل مختلفی که سبب اغتشاش در دریای خزر شده‌اند، با توجه به نقش پراهمیت فیتوپلانکتون در اکولوژی و شبکه غذایی در اکوسیستم آبی، هدف مقاله حاضر بررسی تغییرات انجام شده در الگوی ساختاری فیتوپلانکتون طی زمان قبل از اغتشاش (۱۳۷۵) و پس از اغتشاش (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به صورت فصلی و به وسیله نمونه‌بردار نسکین بر روی ۸ نیم‌خط (آستارا، بندرانزلی، سفیدرود، بابلسر، نوشهر، تنکابن، امیرآباد و بندرترکمن) در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر صورت گرفت. نمونه‌ها از لایه‌های سطح، ۱۰ و ۲۰ (لایه نوری)،۵۰ و ۱۰۰ متر (زیر لایه نوری) در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر (شکل ۱) در بطری‌های شیشه‌ای جمع‌آوری گردیدند. نمونه‌ها سپس با فرمالین تا حجم نهایی ۲/۵ درصد تثبیت گردید و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها در آزمایشگاه استاندارد ISO17025 مورد آزمایش قرار گرفتند. به این ترتیب که پس از ۲ هفته رسوب‌گذاری در جای تاریک و ساکن به روش سانتریفوژ آماده‌سازی گردیده و با میکروسکوپ نوری Nikon مورد آنالیز کیفی (ترکیب گونه‌ای) و کمی (شمارش به تفکیک گونه‌ای) قرار گرفتند (APHA, 2005). شناسایی گونه‌ها بر اساس

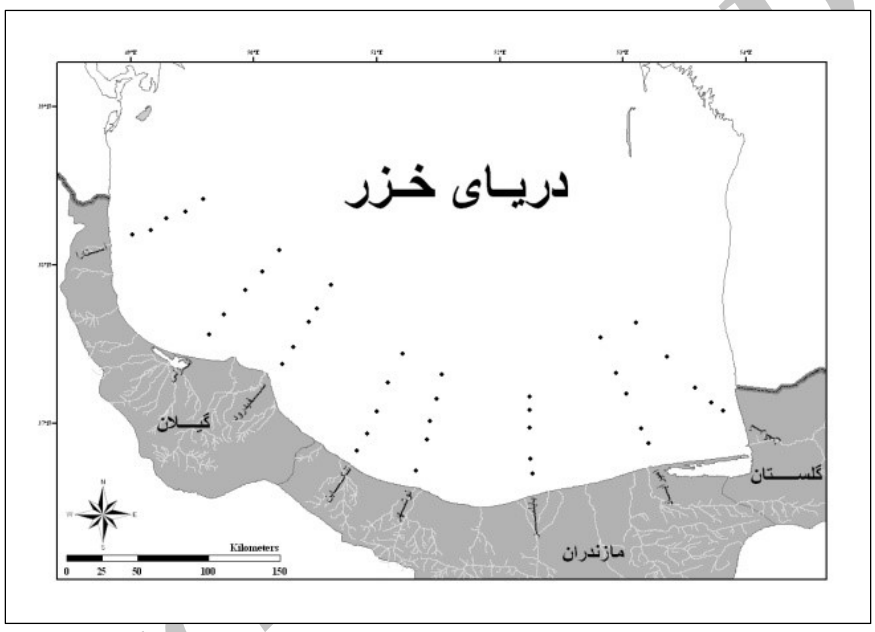
Archive of SID
www.SID.ir

کلیدهای معتبر و به خصوص روسی صورت گرفت (Wehr and Sheath, 2003; Carmelo, 1997; Hartley *et al.*, 1996; Habit and Pankow, 1976; Tiffany and Britton, 1971; Zabelina *et al.*, 1951; Proshkina-Lavrenko and Makarova, 1968). در نهایت با توجه به ضریب رقت، تراکم در مترمکعب محاسبه گردید (APHA, 2005).

شاخص تنوع گونه‌ای شانون-ویور (Shannon-Weaver) از طریق فرمول زیر محاسبه گردید (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988):

$$H' = -\sum P_i InP_i$$

H′= شاخص شانون-ویور (nits per individual)، Pi = فراوانی نسبی گونه



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در هشت نیم‌خط در سال‌های مختلف سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر.

روش‌های نمونه‌برداری و آزمایشگاهی در سال ۱۳۷۵ نیز مشابه سال‌های فوق بود و اطلاعات آن در نیم‌خط‌ها و ایستگاه‌های منطبق به این مطالعه از حسینی و همکاران (۱۳۹۰) استخراج گردید. در این مطالعه میانگین‌ها به همراه خطای استاندارد (±SE) آورده شده‌است.

نتایج

جدول ۱ حضور و عدم حضور گونه‌های مختلف در سال قبل از اغتشاش (۱۳۷۵) و سال‌های پس از اغتشاش (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که تعداد کل گونه‌های شناسایی شده در هشت شاخه فیتوپلانکتون ۲۹۹ عدد بوده‌است که در هر یک از شاخه‌های باسیلاروفیتا، پیروفیتا، سیانوفیتا، کلروفیتا، اگلنافیتا، زانتوفیتا، کریزوفیتا و هاپتوفیتا به ترتیب ۱۲۷، ۳۷، ۴۷، ۶۳، ۱۹، ۳، ۱ و ۱ گونه ثبت گردید (جدول ۱).

www.SID.ir

جدول ۱: حضور و عدم حضور گونه‌های مختلف در سال قبل از اغتشاش (۱۳۷۵) و سال‌های پس از اغتشاش (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) در سواحل ایرانی دریای خزر.

ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
	Bacillariophyta					۳۱	*Coscinodiscus granii*	+	+	+	+
۱	*Actinocyclus ehrenbergii*	+	+	+	+	۳۲	*Coscinodiscus jonesianus*	+	+	+	+
۲	*Actinocyclus paradoxus*	+	+	+		۳۳	*Coscinodiscus perforatus*	+	+	+	+
۳	*Actinocyclus*sp.	+				۳۴	*Coscinodiscus proximus*	+	+		
۴	*Actinocyclus tenellus*		+			۳۵	*Coscinodiscus radiatus*	+			
۵	*Amphora commutata*		+			۳۶	*Cyclotella caspica*	+	+		+
۶	*Amphora ovalis*		+	+	+	۳۷	*Cyclotella menenghiniana*	+	+	+	+
۷	*Amphora* sp.		+	+	+	۳۸	*Cymatopleura elliptica*		+		+
۸	*Bacillaria paradoxa*		+	+		۳۹	*Cymatopleura solea*	+	+	+	+
۹	*Calenois* sp.				+	۴۰	*Cymatopleura*sp.	+	+		+
۱۰	*Cerataulina pelagica*		+	+	+	۴۱	*Cymbella cymbiformis*		+	+	+
۱۱	*Chaetoceros convolutus*		+	+	+	۴۲	*Cymbella parva*		+		
۱۲	*Chaetoceros diversicurvatus*		+	+	+	۴۳	*Cymbella* sp.		+		+
۱۳	*Chaetoceros gracilis*		+			۴۴	*Cymbella ventricosa*		+	+	+
۱۴	*Chaetoceros minutisimus*				+	۴۵	*Dactyliosolen fragilissima*	+	+	+	+
۱۵	*Chaetoceros mirabilis*	+	+	+	+	۴۶	*Diatoma ochki*	+	+	+	+
۱۶	*Chaetoceros muelleri*		+		+	۴۷	*Diatoma* sp.				+
۱۷	*Chaetoceros peruvianus*		+	+	+	۴۸	*Diatoma vulgare*			+	+
۱۸	*Chaetoceros rigidus*		+	+	+	۴۹	*Diploneis interrupta*	+	+	+	
۱۹	*Chaetoceros seiracanthus*	+				۵۰	*Diploneis salinarum*	+			
۲۰	*Chaetoceros simplex*		+	+	+	۵۱	*Diploneis subovalis*				+
۲۱	*Chaetoceros socialis*		+	+	+	۵۲	*Fragilaria capucina*		+	+	
۲۲	*Chaetoceros* sp.	+		+	+	۵۳	*Fragillaria* sp.		+	+	+
۲۳	*Chaetoceros* sp.2			+		۵۴	*Gomphonema olivaceum*		+		
۲۴	*Chaetoceros subtilis*		+	+	+	۵۵	*Gomphonema parvulum*		+		

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
۲۵	*Chaetoceros throndsenii*		+	+	+	۵۶	*Gyrosigma acuminatum*		+	+	+
۲۶	*Chaetoceros wighamii*		+	+	+	۵۷	*Gyrosigma attennuatum*	+	+	+	+
۲۷	*Cocconeis placentula*		+	+	+	۵۸	*Gyrosigma baiealense*			+	
۲۸	*Cocconeis skvortzowii*		+			۵۹	*Gyrosigma kuetzingii*		+	+	
۲۹	*Cocconeis* sp.		+		+	۶۰	*Gyrosigma peisone*				+
۳۰	*Coscinodiscus gigas*	+	+	+	+	۶۱	*Gyrosigma* sp.	+	+		+
۶۲	*Gyrosigma strigile*	+			+	۹۸	*Nitzschia sublinearis*			+	+
۶۳	*Melosira granulata*		+	+	+	۹۹	*Nitzschia tenuirostris*	+	+	+	+
۶۴	*Melosira moniliformis*			+	+	۱۰۰	*Nitzschia tryblionella*		+	+	
۶۵	*Melosira* sp.		+		+	۱۰۱	*Pleurosigma elongatum*	+	+	+	+
۶۶	*Melosira undulata*			+		۱۰۲	*Pleurosigma* sp.	+			
۶۷	*Meiosira varians*		+	+	+	۱۰۳	*Pseudonitzschia seriata*		+	+	+
۶۸	*Navicula bombus*	+	+	+	+	۱۰۴	*Pseudonitzschia* sp.			+	+
۶۹	*Navicula costulata*			+		۱۰۵	*Pseudosolenia calcaravis*	+	+	+	+
۷۰	*Navicula crucigera*			+		۱۰۶	*Rhicosphenia curvata*		+	+	+
۷۱	*Navicula cryptocephala*			+	+	۱۰۷	*Rhizosolenia alata*		+		
۷۲	*Navicula cuspidata*				+	۱۰۸	*Rhizosolenia eriensis*		+		
۷۳	*Navicula eliptica*			+		۱۰۹	*Rhizosolenia setigera*		+		
۷۴	*Navicula exigua*			+		۱۱۰	*Rhizosolenia* sp.		+		
۷۵	*Navicula gregaria*	+		+	+	۱۱۱	*Skeletonema costatum*	+		+	+
۷۶	*Navicula kotschyi*	+			+	۱۱۲	*Skeletonema subsalsum*	+		+	+
۷۷	*Navicula pupula*			+		۱۱۳	*Stephanodiscusbinderu anus*		+		
۷۸	*Navicula radiosa*				+	۱۱۴	*Stephanodiscus hantzschii*		+	+	+
۷۹	*Navicula rostrata*				+	۱۱۵	*Stephanodiscus socialis*		+	+	
۸۰	*Navicula* sp.	+	+	+	+	۱۱۶	*Stephanodiscus* sp.			+	+
۸۱	*Navicula* sp.2		+	+		۱۱۷	*Synedra amphirhynchus*				+
۸۲	*Nitzschia acicularis*	+	+	+	+	۱۱۸	*synedra ulna*	+	+	+	+
۸۳	*Nitzschia closterium*	+	+	+	+	۱۱۹	*Surirella elegans*			+	
۸۴	*Nitzschia constricta*				+	۱۲۰	*Surirella ovalis*		+	+	

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
۸۵	*Nitzchia distans*	+	+			۱۲۱	*Surirella* sp.			+	
۸۶	*Nitzschia holsatica*	+				۱۲۲	*Surirella splendida*		+		
۸۷	*Nitzschia longissima*	+	+	+	+	۱۲۳	*Thalassionema nitzschioides*	+	+	+	+
۸۸	*Nitzschia palea*			+		۱۲۴	*Thalassiosira caspica*	+	+	+	+
۸۹	*Nitzschia parva*		+		+	۱۲۵	*Thalassiosira hustedtii*		+		
۹۰	*Nitzschia reversa*		+	+	+	۱۲۶	*Thalassiosira* sp.		+		
۹۱	*Nitzschia sigma*		+		+	۱۲۷	*Thalassiosira variabilis*	+	+		+
۹۲	*Nitzschia sigmoidea*	+	+	+	+		Pyrrophyta				
۹۳	*Nitzschia* sp.	+	+	+	+	۱۲۸	*Dissodinium pseudolunula*		+	+	+
۹۴	*Nitzschia* sp.1		+	+	+	۱۲۹	*Exuviaella cordata*	+	+	+	+
۹۵	*Nitzschia* sp.2	+	+	+	+	۱۳۰	*Exuviaella marina*	+	+	+	+
۹۶	*Nitzschia* sp.3				+	۱۳۱	*Glenodinium behningii*	+	+	+	+
۹۷	*Nitzschia* sp.4				+	۱۳۲	*Glenodinium caspicum*		+	+	+
۱۳۴	*Glenodinium lenticula*	+	+	+	+	۱۷۰	*Anabaena spiroides*	+	+	+	+
۱۳۵	*Glenodinium penardii*	+	+	+	+	۱۷۱	*Anabaenopsis cunningtonii*				+
۱۳۶	*Glenodinium* sp.		+	+		۱۷۲	Anabaenopsis elenkinii		+		
۱۳۷	*Glenodinium* sp.2			+		۱۷۳	*Anabaenopsis nadsonii*				+
۱۳۸	*Goniaulax digitale*		+	+	+	۱۷۴	*Anabaenopsis raciborskii*		+		
۱۳۹	*Goniaulax minima*	+				۱۷۵	*Anabaenopsis* sp.		+		+
۱۴۰	*Goniaulax monacantha*			+	+	۱۷۶	*Aphanizominon flos-aqua*				+
۱۴۱	*Goniaulax polyedra*	+	+	+	+	۱۷۷	*Aphanizominon* sp.		+	+	+
۱۴۲	*Goniaulax* sp.		+		+	۱۷۸	*Aphanizomenon ussaczevii*				+
۱۴۳	*Goniaulax spiniferum*	+	+	+	+	۱۷۹	*Aphanothece elabens*	+	+	+	+
۱۴۴	*Gymnodinium lacustre*		+			۱۸۰	*Aphanothece* sp.				+
۱۴۵	*Gymnodinium* sp.		+		+	۱۸۱	*Chroococcus* sp.		+		+
۱۴۶	*Gymnodinium variabile*	+	+	+	+	۱۸۲	*Chroococcus turgidae*				+
۱۴۷	Heteraulacus polyedricus			+		۱۸۳	*Cylindrospermopsis* sp.				+
۱۴۸	*Heterocapsa* sp.			+		۱۸۴	*Dactylococcopsis raphidioides*		+		

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
۱۴۹	*Heterocapsa triquetra*			+		۱۸۵	*Dactylococcopsis* sp.				+
۱۵۰	*Peridinium achromaticum*	+	+	+		۱۸۶	*Gloeacapsa limnetica*				+
۱۵۱	*Peridinium cinctum*				+	۱۸۷	*Gloeacapsa*sp.				
۱۵۲	*Peridinium latum*		+	+	+	۱۸۸	*Gloeocapsa turqida*				
۱۵۳	*Peridinium* sp.		+	+	+	۱۸۹	*Gomphosphaeria lacustres*				
۱۵۴	*Peridinium* sp.2			+		۱۹۰	*Lyngbya limnetica*				+
۱۵۵	*Peridinium* sp.3			+		۱۹۱	*Lyngbya* sp.				+
۱۵۶	*Peridinium subsalsum*		+	+	+	۱۹۲	*Merismopedia minima*				+
۱۵۷	*Peridinium trochoideum*		+	+	+	۱۹۳	*Merismopedia punctata*	+			
۱۵۸	*Prorocentrum micans*		+	+	+	۱۹۴	*Microcystis aeruginosa*	+			
۱۵۹	*Prorocentrum obtusum*	+	+	+	+	۱۹۵	*Microcystis* sp.	+	+	+	+
۱۶۰	*Prorocentrum proximum*	+	+	+	+	۱۹۶	*Nodularia harveyana*				+
۱۶۱	*Prorocentrum scutellum*	+	+	+	+	۱۹۷	*Nodularia spumigena*			+	+
۱۶۲	*Protoperidinium* sp.			+		۱۹۸	*Nostoc linckia*		+		
۱۶۳	*Protoperidinium* sp.2			+		۱۹۹	*Noctoc* sp.		+	+	+
۱۶۴	*Protoperidinium* sp.3			+		۲۰۰	*Oscillatoria agardhii*				+
	Cyanophyta					۲۰۱	*Oscillatoria geminata*	+	+	+	+
۱۶۵	*Anabaena aphanizomenides*			+	+	۲۰۲	*Oscillatoria limosa*	+	+	+	+
۱۶۶	*Anabaena bergii*		+	+	+	۲۰۳	*Oscillatoria* sp.		+	+	+
۱۶۷	*Anabaena kisselevii*		+	+	+	۲۰۴	*Oscillatoria* sp.2				+
۱۶۸	*Anabaena*sp.	+	+			۲۰۵	*Oscillatoria tangayikae*				+
۱۶۹	*Anabaena sphaerica*				+	۲۰۶	*Oscillatoria tenuis*				+
۲۰۷	*Phormidium* sp.				+	۲۴۳	*Eudorina* sp.				+
۲۰۸	*Spirulina laxissima*		+	+	+	۲۴۴	*Golenkinia paucispina*		+		+
۲۰۹	*Spirulina* sp.			+	+	۲۴۵	*Golenkinia* sp.				+
۲۱۰	*Spirulina subtilissima*			+		۲۴۶	*Gonium pectorale*				+
۲۱۱	*Spirulina magor*			+		۲۴۷	*Micractinium pusillum*				+
۲۱۲	*Synechococcu* sp.			+	+	۲۴۸	*Mougeotia* sp.		+	+	+
	Chlorophyta					۲۴۹	*Oocystis borgei*				+
۲۱۳	*Acanthosphaera* sp.			+		۲۵۰	*Oocystis eremosphaeria*				+

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
۲۱۴	*Acanthosphaera zacha riasii*		+			۲۵۱	*Oocystis lacustris*		+	+	
۲۱۵	*Actinastrum hantzschii*		+	+	+	۲۵۲	*Oocystis pandriformis*		+		
۲۱۶	*Ankistrodesmus acicularis*		+	+		۲۵۳	*Oocystis parva*				+
۲۱۷	*Ankistrodesmus arcuatus*	+				۲۵۴	*Oocystis solitaria*	+	+	+	+
۲۱۸	*Ankistrodesmus convolutus*				+	۲۵۵	*Oocystis* sp.			+	+
۲۱۹	*Ankistrodesmus* sp.				+	۲۵۶	*Pandorina charkoriensis*				+
۲۲۰	*Binuclearia lauterbornii*	+	+	+	+	۲۵۷	*Pandorina morum*				+
۲۲۱	*Binuclearia* sp.		+	+	+	۲۵۸	*Pandorina pectorale*				
۲۲۲	*Chlamydomonas ovalis*				+	۲۵۹	*Pandorina* sp.			+	
۲۲۳	*Chlamydomonas* sp.	+	+	+	+	۲۶۰	*Pediastrum boryanum*	+			
۲۲۴	*Chlorella* sp.		+	+		۲۶۱	*Pediastrum simplex*	+		+	
۲۲۵	*Chodatella chodati*			+		۲۶۲	*Scenedesmus abundans*		+		
۲۲۶	*Chodatella ciliata*		+			۲۶۳	*Scenedesmus acuminatum*		+	+	+
۲۲۷	*Chodatella*sp.		+			۲۶۴	*Scenedesmus bijuga*		+	+	+
۲۲۸	*Closterium* sp.		+	+		۲۶۵	*Scenedesmus quadricauda*			+	+
۲۲۹	*Coelastrum microporum*			+	+	۲۶۶	*Scheroderia setigea*			+	+
۲۳۰	*Coelastrum* sp.			+		۲۶۷	*Schroderia* sp.				+
۲۳۱	*Coelastrum sphaericum*			+		۲۶۸	*Selenastrum bibrajanum*				+
۲۳۲	*Cosmarium botrytis*		+			۲۶۹	*Selenastrum* sp.				+
۲۳۳	*Cosmarium circulare*			+		۲۷۰	*Staurastrum* sp.				+
۲۳۴	*Cosmarium granatum*		+	+		۲۷۱	*Tetraederon minimum*				+
۲۳۵	*Cosmarium quadrum*		+			۲۷۲	*Tetraedron* sp.				+
۲۳۶	*Cosmarium* sp.		+	+	+	۲۷۳	*Tetrastrum heterocathum*				+
۲۳۷	*Crucigenia crucifera*				+	۲۷۴	*Tetrastrum* sp.				+
۲۳۸	*Crucigenia leautebornii*		+			۲۷۵	*Westella* sp.				+
۲۳۹	*Crucigenia quadrata*		+				Euglenophyta				
۲۴۰	*Crucigenia tetrapedia*		+			۲۷۶	*Euglena acus*	+	+	+	+

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	ردیف		۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
۲۴۱	*Crucigenia* sp.			+	+	۲۷۷	*Euglena caudata*		+	+	+
۲۴۲	*Dictyosphaerium pulchellum*			+		۲۷۸	*Euglena gaumei*			+	
۲۷۹	*Euglena gracilis*		+								
۲۸۰	*Euglena oxyuris*			+							
۲۸۱	*Euglena* sp.	+	+	+	+						
۲۸۲	*Euglena variable*			+							
۲۸۳	*Euglena viridis*	+			+						
۲۸۴	*Lepocinclis* sp.			+							
۲۸۵	*Phacus* sp.		+	+	+						
۲۸۶	*Trachelomonas acuminuta*		+								
۲۸۷	*Trachelomonas compacta*		+	+							
۲۸۸	*Trachelomonas planctoniea*		+		+						
۲۸۹	*Trachelomonas* sp.	+	+	+	+						
۲۹۰	*Trachelomonas* sp.2	+									
۲۹۱	*Trachelomonas spiculifera*	+	+	+	+						
۲۹۲	*Trachelomonas stokesiana*		+								
۲۹۳	Trachelomonas varians		+								
۲۹۴	*Trachelomonas verrucosa*				+						
	Xantophyta										
۲۹۵	*Tribonema minus*		+								
۲۹۶	*Tribonema* sp.		+	+	+						
۲۹۷	*Tribonema vulgare*				+						
	Haptophyta										
۲۹۸	*Chrysochromalina* sp.			+	+						
	Chrysophyta										
۲۹۹	*Dinobryon sertularia*		+	+							

جدول ۲ تعداد گونه را در شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون طی سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. تعداد کل شاخه‌ها در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به ترتیب برابر ۶، ۷، ۹ و ۸ بوده‌است. بیشترین تعداد گونه‌ها در تمامی نیم خطها متعلق به شاخه باسیلاروفیتا هست. دومین شاخه‌ای که بیشترین تعداد گونه‌های را در سال‌های مختلف (به غیراز سال ۱۳۸۹) داشته‌است مربوط به شاخه کلروفیتا است. تعداد گونه در شاخه‌های زانتوفیتا، کریزوفیتا و هاپتوفیتا بسیار اندک بوده‌است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲: مقایسه تعداد گونه‌ها در شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون در سال قبل از اغتشاش (۱۳۷۵) و سال‌های پس از اغتشاش (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) در سواحل ایرانی دریای خزر.

سال / شاخه ها	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
تعداد کل	۸۰	۱۹۱	۱۹۵	۱۸۱
باسیلاروفیتا	۴۵	۹۲	۸۱	۸۱
پیروفیتا	۱۴	۲۸	۳۳	۲۵
سیانوفیتا	۹	۲۵	۲۸	۳۲
کلروفیتا	۶	۳۰	۳۸	۳۱
اگلنافیتا	۶	۱۵	۱۱	۹
زانتوفیتا	–	–	۱	۲
کریزوفیتا	–	۱	۲	–
هاپتوفیتا	–	–	۱	۱

میانگین تراکم در سه سال آخر دهه‌ی ۱۳۸۰ حدود ۹ برابر نسبت به سال ۱۳۷۵ افزایش داشته است. این افزایش در سال ۱۳۸۷ تنها ۲ برابر بود درحالی‌که در سال ۱۳۸۸ به ۱۰ برابر و سپس در سال ۱۳۸۹ به ۱۶ برابر رسید (جدول ۳). افزایش تراکم سالانه در بررسی فصلی نیز مشهود است. به طوری‌که میانگین تراکم در فصول بهار و پاییز در سه سال آخر دهه‌ی ۱۳۸۰ حدود ۳ و ۶ برابر در فصول مشابه از سال ۱۳۷۵ گردید. این افزایش در فصول تابستان و زمستان بسیار بالاتر یعنی ۱۹ و ۱۶ برابر بوده‌است. روند افزایشی تراکم در فصول مختلف از سال ۱۳۸۷ مشاهده می‌شود و حتی از سال ۱۳۸۸ به ۱۳۸۹ در کلیه فصول (به جزء تابستان) از ۲ تا ۴ برابر افزایش داشته است.

در فصل بهار اگرچه شاخه‌های باسیلاروفیتا و پیروفیتا در بین دو دوره قبل و بعد از اغتشاش مشترک بوده‌اند اما تقدم و تأخر این دو شاخه در برخی سال‌ها با سال ۱۳۷۵ تفاوت داشت. ضمن آن‌که در سال ۱۳۸۷ شاخه سیانوفیتا نیز جزو شاخه‌های غالب قرار گرفت، به‌طوری‌که هیچ کدام از گونه‌ای متعلق به شاخه باسیلاریوفیتا نتوانست جزو گونه‌های غالب گردد و به جای آن *Oscillatoria sp.* قرار گرفت. در واقع تنها گونه‌ی غالب مشترک بین دو دوره قبل و بعد از اغتشاش *Exuviaella cordata* (پیروفیتا) بوده‌است. جابجایی شاخه غالب در فصل تابستان بسیار محرز بود و شاخه‌های باسیلاریوفیتا و پیروفیتا کاملاً « با سیانوفیتا جابجا گردیدند. شدت افزایش تراکم سیانوفیتا و گونه *Oscillatoria sp.* در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ به حدی بوده که به تنهایی بیش از ۸۰ درصد از تراکم کل فیتوپلانکتون را شامل شدند. روند افزایش و جایگزینی سیانوفیتا و گونه *Oscillatoria sp.* در فصل پاییز نیز ادامه یافت. در فصل زمستان اگرچه شاخه باسیلاریوفیتا جایگاه خود را به عنوان نخستین شاخه غالب حفظ نمود ولی گونه‌های غالب موجود در آن کاملاً" جابجا گردیدند. نتایج نشان می‌دهند که *Thalassionema nitzschioides* عمدتا" توسط *Pseudonitzschia seriata* و *Cerataulina pelagica* جایگزین گردید. افزایش درصد تراکم *Dactyliosolen fragilissima* در زمستان ۱۳۸۹ از نکات قابل توجه در این مطالعه‌ی مقایسه‌ای است. شایان ذکر است که شاخه غالب بر اساس زی‌توده در سال‌های مختلف چندان متغیر نبوده و تفاوت عمده در تابستان ۱۳۸۹ به چشم می‌خورد. در این فصل سیانوفیتا حتی از نظر زی‌توده نیز درصد قابل توجهی را شامل شدند. الگوی تغییرات شاخه غالب در تراکم و زی‌توده در نواحی مختلف از سال‌های مختلف نیز مشابه تغییرات فصلی سال‌های مورد مطالعه بوده‌است. تغییرات شاخص شانون به نحوی بود که این شاخص در فصل تابستان بر خلاف فصول دیگر (بهار، پاییز و زمستان) در سال‌های بعد از اغتشاش کاهش نشان داد. صرف نظر از این نوسانات کلی، در فصول مختلف از سال ۱۳۸۹ میزان شاخص شانون به سال ۱۳۷۵ نزدیک‌تر شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳: مقایسه الگوی ساختاری فیتوپلانکتون در سال قبل از اغتشاش (۱۳۷۵) و سال‌های پس از اغتشاش (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) در لایه نوری در سواحل ایرانی دریای خزر.

پارامتر	فصل	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
شاخص شانون	بهار	۱/۷۰	۲/۹	۲/۵	۱/۹۷
تراکم کل (10^6cells.m^3)		۱۷±۲	۶±۰/۶	۵۰±۱۴	۱۱۰±۹
شاخه‌های غالب در تراکم		باسیلاریوفیتا و پیروفیتا	پیروفیتا، سیانوفیتا و باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و پیروفیتا	پیروفیتا و باسیلاریوفیتا
گونه‌های غالب در تراکم		*Cyclotella menenghiniana, Exuviaella cordata*	*Exuviaella cordata, Oscillatoria* sp.	*Exuviaella cordata,Stephanodiscus hantzschii**	*Exuviaella cordata, Oscillatoria* sp.
شاخص شانون	تابستان	۲/۱۵	۱/۸	۰/۹۶	۱/۷۳
تراکم کل (10^6cells.m^3)		۶±۱	۲۳±۴	۱۶۸±۲۲	۱۶۴±۲۵
شاخه‌های غالب در تراکم		باسیلاریوفیتا و پیروفیتا	سیانوفیتا	سیانوفیتا	سیانوفیتا و کلروفیتا
گونه‌های غالب در تراکم		*Pseudosolenia calcaravis, Exuviaella cordata*	*Oscillatoria* sp. *Lyngbya* sp.	*Oscillatoria* sp.	*Oscillatoria* sp. *Binuclearia lauterbornii*
شاخص شانون	پاییز	۰/۷۷	۰/۵۰	۲/۳۹	۱/۶۲
تراکم کل (10^6cells.m^3)		۱۸±۴	۴۷±۸	۶۲±۹	۲۳۶±۱۷
شاخه‌های غالب در تراکم		باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا	سیانوفیتا و باسیلاریوفیتا
گونه‌های غالب در تراکم		*Thalassionema nitzschioides, Pseudosolenia calcaravis*	*Thalassionema nitzschioides, Oscillatoria limosa*	*Thalassionema nitzschioides, Oscillatoria* sp.	*Oscillatoria* sp.
شاخص شانون	زمستان	۰/۸۷	۲/۴	۱/۶۹	۱/۵۱
تراکم کل (10^6cells.m^3)		۱۶±۳	۵۰±۶	۲۸۸±۳۴	۴۷۱±۶۰
شاخه‌های غالب در تراکم		باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و پیروفیتا	باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا
گونه‌های غالب در تراکم		*Thalassionema nitzschioides*	*Pseudonitzschia seriata, Cerataulina pelagica,Exuviaella cordata*	*Pseudonitzschia seriata, Cerataulina pelagica*	*Pseudonitzschia seriata, Cerataulina pelagica,Dactyliosolen fragilissima*
شاخه‌های غالب در تراکم	غربی	باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و پیروفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا	باسیلاریوفیتا، سیانوفیتا و پیروفیتا
	میانی	باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا
	شرقی	باسیلاریوفیتا	سیانوفیتا و باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا
	میانی	باسیلاریوفیتا	پیروفیتا و باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و پیروفیتا	باسیلاریوفیتا و پیروفیتا

Archive of SID

www.SID.ir

پارامتر	فصل	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
	شرقی	باسیلاریوفیتا	پیروفیتا و باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و پیروفیتا	باسیلاریوفیتا و پیروفیتا
میانگین سالانه تراکم (10^6cells.m^3)		۱۴±۲	۳۲±۳	۱۴۳±۱۲	۲۲۴±۱۷
شاخه‌های غالب در تراکم		باسیلاریوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا	باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا

*در بعضی ایستگاه‌ها *Chrysochromalina* sp. حداکثر تراکم را دارا بود.

در برآورد وضعیت کیفی و ثبات در اکوسیستم از نقطه نظر فیتوپلانکتون، علاوه بر بررسی تراکم گونه‌های مضر، سمی و جدید، بررسی گونه‌هایی همچون *Pseudosolenia calcaravis* و *Thalassionema nitzschioides* که در دوره‌ی ثبات اکوسیستم تراکم یا زی‌توده آن‌ها دارای اهمیت بوده‌است، نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. در جداول ۴ و ۵ درصد تراکم تعدادی از گونه‌های شاخص (کاهش یا بهبود وضعیت کیفیت اکوسیستم) در طی سال‌ها و فصول مختلف آورده شده‌است.

جدول ٤: درصد تراکم تعدادی از گونه‌های شاخص در لایه نوری در سال قبل از اغتشاش (۱۳۷۵) و سال‌های پس از اغتشاش (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) در سواحل ایرانی دریای خزر.

گونه	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
Cerataulina pelagica	--	۶/۷۰	۱۱/۳۹	۸/۲۵
Chaetoceros peruvianus	--	۴/۱۵	۰/۷۸	۰/۱۹
Chaetoceros throndsenii	--	۰/۹۹	۰/۲۶	۰/۱۰
Cyclotella menenghiniana	۱۲/۲	۰/۹۴	۰/۷۸	۰/۲۴
Dactyliosolen fragilissima	۰/۲۶	۲/۵۶	۸/۰۵	۵/۶۱
calcar-avis Pseudosolenia	۵/۱۳	۰/۸۰	۰/۳۳	۰/۱۷
Pseudonitzschia seriata	--	۱۱/۸۴	۲۴/۷۴	۲۶/۷۱
Thalassionema nitzschioides	۵۳/۴۳	۱۶/۶۲	۴/۰۳	۲/۹۱
Dissodonium pseudolunula	--	۰/۰۳	۰/۰۱	<۰/۰۱
Exuviaella cordata	۱۶/۵۶	۷/۰۳	۲/۲۱	۸/۰۲
Prorocentrum proximum	۰/۰۱	۳/۴۹	۲/۵۶	۰/۷۹
Prorocentrum scutellum	۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۴۷	۰/۶۰
Lyngbya sp.	--	۸/۸۲	۲/۳۷	۳/۰۳
Nodularia spumigena	--	--	۰/۰۲	۰/۴۰
Oscillatoria limosa	۱/۱۳	۵/۷۷	۱/۴۶	۰/۶۳
Oscillatoria sp.	--	۹/۱۵	۲۷/۴۴	۲۶/۵۶
Binuclearia lauterbornii	۱/۴۵	۷/۰۳	۰/۳۷	۴/۹۲

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵: مقایسه تغییرات فصلی درصد تراکم تعدادی از گونه‌های شاخص در لایه نوری در سال‌های پس از اغتشاش (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) در سواحل ایرانی دریای خزر.

گونه	سال	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
Cerataulina pelagica	۱۳۸۷	۰	۰	۰	۱۷/۰۵
	۱۳۸۸	۰/۶۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۲۲/۴۱
	۱۳۸۹	۰/۶	۰/۵	۰/۲	۱۷/۴
Pseudonitzschia seriata	۱۳۸۷	۰	۰/۰۳	۰/۹۵	۲۹/۲۰
	۱۳۸۸	۰/۶	۰	۱۰/۰۶	۴۶/۷۳
	۱۳۸۹	۵/۸	۰/۶	۵/۷	۵۳/۳
Nodularia spumigena	۱۳۸۷	–	–	–	–
	۱۳۸۸	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰
	۱۳۸۹	۰/۳	۲/۳	۰/۰	۰/۰
Oscillatoria sp.	۱۳۸۷	۱۰/۶۳	۲۸/۱۳	۲/۸۰	۵/۹۹
	۱۳۸۸	۷/۵۷	۸۰/۷۷	۲۴/۰۳	۰/۷۹
	۱۳۸۹	۷/۱۰	۵۹/۲۰	۷۲/۸۰	۰/۸۰

Cerataulina pelagica، *Chaetoceros peruvianus* جزو گونه‌هایی هستند که اگرچه پس از ظهور و افزایش تراکم در سال ۱۳۸۸ تراکم آن‌ها در سال ۱۳۸۹ کاهش یافت ولی همچنان توانسته‌اند بخش فراوانی از تراکم را دارا باشند. کاهش تراکم در *Dissodinium pseudolunula* از سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ بیش از سایر گونه‌های جدید و شاخص، مشهود بود؛ اما *Pseudonitzschia seriata* شدیداً تراکم آن افزایش یافت. بررسی فصلی گونه‌های شاخص نشان می‌دهد که تراکم آن‌ها به میزان زیادی از تغییرات فصلی تبعیت می‌کند (جدول ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه اطلاعات اکوسیستم در هر زمان (بخصوص بعد از ورود عامل مزاحم) با اطلاعات زمان ثبات اکوسیستم (پیش از ورود عامل مزاحم) و میزان تغییرات بیانگر میزان استرس‌های آنتروپوژنیکی است (Moncheva *et al.*, 2002). در سال ۱۳۷۵ و ۱۳۸۸ نوسانات تراکم در بین فصول دارای تغییرات سینوسی بوده‌است، با این تفاوت که در سال ۱۳۷۵ نقاط حداکثر در بهار و پاییز و در سال ۱۳۸۸ در تابستان و زمستان بوده‌است. ضمن آن‌که در سال ۱۳۷۵ میانگین تراکم تنها در تابستان دارای اختلاف با بقیه فصول است و سایر فصول اختلاف شدید تراکم را نشان ندادند. به عبارت دیگر تغییرات تراکم بین فصلی شدت زیادی نداشت؛ اما در سال ۱۳۸۸ علاوه بر جابجایی فصلی در نقاط حداکثر تراکم، افزایش شدید میانگین تراکم در فصل زمستان، آن را از سایر فصول مجزا نمود. در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ روند تغییرات تراکم از بهار تا زمستان کاملاً افزایشی بوده و هیچ گونه نوسانات سینوسی در آن‌ها دیده نشد. به این ترتیب در سال ۱۳۷۵ که عوامل محیطی و مواد مغذی (Reynolds, 2006) فقط از منابع طبیعی بر تغییرات فیتوپلانکتون اثر گذاشته‌اند، نوسانات فصلی معمول در اکوسیستم‌های طبیعی صورت گرفت؛ اما در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ منابع غیرمعمول و آنتروپوژنیک از قبیل تخلیه فاضلاب‌ها و آلودگی‌های بیولوژیک ازجمله هجوم *Mnemiopsis leidyi* (Roohi

Archive of SID
www.SID.ir

et al., 2010؛ نصراله‌زاده ساروی، ۱۳۹۱) نقش بارزی بر تغییرات و نیز نامنظم گردیدن الگوهای تغییرات تراکم در هر سال (تغییرات بین فصول مختلف) و نیز بین سالی داشته‌اند.

تعداد کل گونه‌های شناسایی شده در مطالعات سه ساله نسبت به سال ثبات اکوسیستم (۱۳۷۵) حدوداً ۲ برابر گردید. این افزایش اگر چه در همه‌ی شاخه‌های فیتوپلانکتون مشاهده گردید ولی در شاخه‌های سیانوفیتا (۳ برابر) و کلروفیتا (۵ برابر) بیش از باسیلاریوفیتا و پیروفیتا (۲ برابر) و یا سایر شاخه‌ها بوده‌است. *Ceratoulina pelagica*، *Pseudonitzschia seriata*، *Dissodinium pseudolunula*، *Chaetoceros peruvianus* ازجمله گونه‌هایی بودند که در سال‌های پس از استرس حضور یافتند و یا تراکم‌شان به شدت افزایش یافت. نکته قابل توجه در جدول ۲ جابجایی و بی‌نظمی بین سالی در شاخه‌های غالب در هر فصل است. به طوری که در فصول بهار و تابستان گونه‌های غالب از باسیلاریوفیتا توسط گونه‌های مربوط به پیروفیتا و سیانوفیتا جایگزین گردیدند. در صورت عدم جابجایی در شاخه‌های غالب، جابجایی گونه‌های غالب در هر فصل صورت گرفت. چنانکه در فصل زمستان با آنکه شاخه باسیلاریوفیتا در مطالعات سه ساله نیز همچون سال ۱۳۷۵ همچنان غالب بوده‌است ولی عمده‌ی ترکیب گونه‌های غالب *Pseudonitzschia seriata* و *Ceratoulina pelagica* بوده است. مخلوق و همکاران (۱۳۹۰) حدود ۱۵ گونه از فیتوپلانکتون را که در دهه‌ی ۱۳۸۰ به دریای خزر وارد شدند را معرفی نمودند که عمده‌ی آن‌ها دارای خصوصیات مضر و غیرخوراکی (edible)، تولید سم و پتانسیل ایجاد شکوفایی بودند. به عنوان مثال *Dissodonium pseudolunula*، کیست‌های ثانویه آن دینوسپورهایی تولید می‌کنند که دارای تاژک بوده و حرکت می‌کنند و قادرند که به تخم زئوپلانکتون‌ها (کوپه پودها) بچسبند و همانند انگل خارجی از آن تغذیه کنند (Elbrachter and Drebf,1978). بلوم *Ceratoulina pelagica* سبب کاهش چرای زئوپلانکتون، کاهش رشد و تکثیر دوکفه‌ای‌ها، مرگ صدف‌های بنتیک و ماهیان استخوانی می‌گردد (Taylor *et al.*, 2007). *Nodularia spumigena*، تولیدکننده‌ی سم نودولارین (دارای ساختمان پنتا پپتید حلقوی) است (Annila *et al.*, 1996). سم نودولارین هپاتوکسین است و سبب سرطان کبد می‌شود (Paczuska and Kosakowska, 2003) و سلامت اکوسیستم طبیعی آب، حیوانات اهلی و انسان را به خطر می‌اندازد. *Chaetoceros peruvianus*، دارای پتانسیل شکوفایی است و آلودگی بیولوژیکی را سبب می‌گردد و *Chaetoceros throndsenii* نقش زیست محیطی از لحاظ تولید سم، ایجاد شکوفایی همراه با کاهش اکسیژن محلول در آب را دارا است. *Pseudonitzschia seriata* و .sp *Oscillatoria* جزو گونه‌های جدید محسوب نمی‌گردد ولی نظر به افزایش تراکم چشمگیر آن‌ها در سال‌های اخیر مورد توجه قرار می‌گیرند. *Pseudonitzschia seriata*، ازجمله گونه‌هایی است که سم نورو توکسینی (Domoic Acid) تولید می‌کند. این سم در صورت انباشتگی، می‌تواند سبب بیماری و مرگ در پستانداران و پرندگان دریایی و نیز انسان گردد (Bates *et al.*, 1989; Gulland *et al.*, 2002). *Oscillatoria* دارای پتانسیل تولید شکوفایی و تولید طیف گسترده‌ای از توکسین‌ها (نورو توکسین، هپاتوتوکسین و سیتوتوکسین) توسط اغلب گونه‌های موجود در این جنس است (Mutawie, 2012). در ابتدا تصور می‌شد که تنها در ۱۰ درصد از شکوفایی‌های سیانوفیتی پدیده تولید سم رخ می‌دهد در حالی‌که امروزه در تحقیقات با امکان دسترسی به اطلاعات بیشتر نشان می‌دهد که این مقدار به ۷۵-۴۵ درصد افزایش یافته‌است (Crayton, 1993).

بر اساس نتایج ارائه شده اگرچه از درصد تراکم *Ceratoulina pelagica* در سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۸۸ کاسته شد، اما هنوز هم درصد تراکم آن به خصوص در فصل زمستان قابل توجه‌است.

گونه سمی *Pseudonitzschia seriata* نیز روند افزایشی تراکم را (هرچند با سرعت کم‌تر) ادامه داده‌است به طوری‌که درصد آن از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ تقریباً دو برابر گردید. *Dissodonium pseudolunula* در دسته‌ای قرار می‌گیرد که پس از ورود و حضور قابل‌توجه از شدت رشد و تکثیر آن‌ها به خصوص در سال ۱۳۸۹ کاسته شد. عمده‌ی گونه‌های جدید از طریق تخلیه‌ی آب موازنه کشتی به دریای خزر معرفی‌شده‌اند (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰) ولی توان همه‌ی آن‌ها برای سازگاری با محیط جدید یکسان نیست و در صورت عدم تجدید توسط منابع خارجی،

Archive of SID
www.SID.ir

احتمال کاهش و حذف آن‌ها بعد از مدتی وجود دارد (Silkina *et al.*, 2011). گونه سمی *Nodularia spumigena* اگر چه در هیچ‌کدام از دوره‌های نمونه‌برداری حضور گسترده و تراکم قابل توجه نداشته است، اما در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ چند روز قبل از شروع دوره نمونه برداری شرایط مناسب (از قبیل افزایش سطح تروفیکی آب، شرایط مناسب آب و هوایی مانند درجه حرارت بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سکون هوا) سبب بروز شدید شکوفایی جلبکی شیری رنگ (*Nodularia spumigena*) به ترتیب در حوالی سواحل تنکابن و نوشهر تا بابلسر فراهم آمد. این پدیده در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ پس از حدود دو هفته پس از شکست دمایی و وزش باد پایان پذیرفت (Nasrollahzadeh *et al.*, 2011). لذا ادامه حضور آن و نیز گسترش توزیع فصلی و مکانی آن در دریای خزر در سال ۱۳۸۹، بیانگر امکان وقوع مجدد شکوفایی این گونه در منطقه است. *Oscillatoria* sp. از گونه‌های مضری است که در سال ۱۳۷۴ با تراکم بسیار کم حضور داشت (پور غلام، ۱۳۷۴) اما در مطالعه حاضر (سال‌های ۸۹-۱۳۸۷) تراکم آن چنان افزایش یافت که در این سال‌ها اولین گونه غالب در تابستان گردید و حتی در پاییز سال ۱۳۸۹ نیز جایگاه نخستین گونه غالب را به دست آورد، در حالی‌که در پاییز سال ۱۳۸۸ در دومین مرتبه از گونه‌های غالب قرار داشت. در مقابل، گونه‌های بومی و یا ساکن از قبیل *Cyclotella menenghiniana*، *Pseudosolenia calcar-avis* و *Thalassionema nitzschioides* که در سال ۱۳۷۵ ازلحاظ تراکم یا زی‌توده رتبه‌های نخست را در لیست گونه‌های غالب دارا بودند، به شدت روند کاهشی تراکم را نشان دادند. *Pseudosolenia calcar-avis* پس از ورود به دریای خزر (در سال ۱۹۳۴) سبب کاهش *Dactyliosolen fragilissima* گردید (Levshakova and Sanina, 1973). به‌طوری‌که در سال ۱۳۷۵ تراکم *Pseudosolenia calcar-avis* ۲۰ برابر *Dactyliosolen fragilissimus* گردید؛ اما مطالعات پس از آن بیانگر پیشی گرفتن تراکم *Dactyliosolen fragilissimus* بر *Pseudosolenia calcar-avis* بوده‌است. به طوری که در سال ۱۳۸۸ تراکم *Dactyliosolen fragilissimus* به ۲۲ برابر تراکم *Pseudosolenia calcar-avis* رسید، اما در هر حال رابطه معکوس بین تغییرات تراکم *Dactyliosolen fragilissima* و *Pseudosolenia calcar-avis* وجود داشته‌است؛ اما در سال ۱۳۸۹ همراه با کاهش تراکم *Pseudosolenia calcar-avis* از تراکم *Dactyliosolen fragilissima* نیز کاسته شد. به نظر می‌رسد شدت افزایش تراکم از سوی گونه‌های دارای رشد تهاجمی همچون *Pseudonitzschia seriata* مانع افزایش مشارکت در تراکم از سوی گونه‌هایی از قبیل *Dactyliosolen fragilissima* گردید. به عبارت دیگر اثرات رشد بی رویه‌ی گونه‌های غالب در دهه‌ی ۸۰ بر روابط متقابل بین‌گونه‌ای معمول در دریای خزر اثر گذاشته‌است.

Pseudonitzschia seriata هرچند ساکن دریای خزر بوده‌است ولی ماهیت تهاجمی آن در سال‌های اخیر بیشتر نمود یافته‌است (Shiganova *et al.*, 2005; Vershinin and Orlova, 2008). حضور *Pseudonitzschia seriata* در دریای خزر، همان‌طور که در مطالعات سال ۱۳۸۸ نیز عنوان گردید به نحوی بود که در سال ۱۳۷۴ با تراکم بسیار کم و در منطقه محدودی از نیم‌خط‌های غربی و در فصل بهار بوده‌است (پور غلام، ۱۳۷۴). در سال ۱۳۸۳ به میزان گسترش آن افزوده شد و تا نیم‌خط‌های شرقی نیز مشاهده گردید و متوسط تراکم آن به حدود ۷ میلیون در مترمکعب رسید. تا سال ۱۳۸۸ افزایش تراکم آن در گستردگی مکانی بیش از زمانی مورد توجه بوده‌است به نحوی که عمدتاً" در زمستان بوده‌است (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۱). اما در سال ۱۳۸۹، گونه‌ی مضر و سمی *Pseudonitzschia seriata* توانسته همراه با افزایش تراکم، توزیع و گستردگی زمانی خود را نیز افزایش دهد. به طوری که عدم حضور آن در بعضی از فصول (بهار و تابستان ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸) در سال ۱۳۸۹ کاملاً منتفی گردید. بررسی نشان داد که *Pseudonitzschia seriata* در بهار به شدت پاییز حضور یافت و با افزایش دما در تابستان نیز حضور خود را (با تراکم کم‌تر) حفظ نمود تا آن‌که با رسیدن پاییز و زمستان (کاهش دما) و فراهم شدن اپتیمم شرایط محیطی، رشد و تکثیر آن شدت یافت. به عبارت دیگر به نظر می‌رسد توانایی زیستی و سازگاری این موجود افزایش یافته‌است و اثر تغییر فصل و دما بر توالی آن کاهش یافته‌است. این موضوع نه تنها مجدداً اثر شرایط محیطی و استرس را بر تغییر الگوی جمعیتی (روابط کمی بین گونه‌های موجود) و ساختاری (ترکیب گونه‌ای و گونه‌های غالب فصلی) فیتوپلانکتون (Gomez and Souissi, 2007; Olenin *et al.*, 2007)، مخلوق و

Archive of SID
www.SID.ir

همکاران، ۱۳۹۱) آشکار می‌کند، بلکه لزوم نگاه جدی‌تر به راهکارهای پیشگیرانه‌ی محدود نمودن رشد این گونه را در دریای خزر نشان می‌دهد. زیرا تا پیش از این رشد این گونه سمی در فصل سرما با مشخصه دمای پایین و شرایط نامناسب برای ظهور اثر جدی بر اکوسیستم و سایر موجودات، در واقع برگ برنده‌ای برای سلامتی اکوسیستم محسوب می‌شد، اما اکنون با پیشروی رشد و تکثیر در فصول گرم‌تر و دارای دمای بالاتر زنگ خطر سلامت اکوسیستم بسیار جدی‌تر مطرح می‌گردد. ازآنجایی‌که کنترل شرایط آب و هوایی عملاً امکان‌پذیر نیست، لذا در حال حاضر تنها راه قابل عملی کاهش ورودی مواد مغذی به اکوسیستم آبی از طرق مختلف (از قبیل کنترل تخلیه فاضلاب‌ها و پساب‌ها) است. بر اساس یکی از روش‌های سنجش بیولوژیکی، اگر درصد تراکم گونه مهاجم به فیتوپلانکتون کل به ۵۰–۱۰ درصد برسد شدت اثر تهاجم گونه فوق بر ساختار تراکم فیتوپلانکتون متوسط در نظر گرفته می‌شود و افزایش این نسبت به بیش از ۵۰ درصد، بیانگر اثر شدید است (Carlton, 2002). بنابراین بر اساس مقادیر ارائه‌شده در نتایج، در سال ۱۳۸۹ در فصول تابستان و پاییز *Oscillatoria* sp. و در فصل زمستان *Pseudonitzschia seriata* دارای اثر شدید تهاجمی بوده‌اند. ضمن آن‌که *Cerataulina pelagica* نیز در فصل زمستان اثرات متوسط تهاجمی داشته‌است. به این ترتیب اگر بخواهیم خصوصیات کلی اکوسیستم دارای ثبات (Olenin *et al.*,2007) را در دریای خزر جستجو کنیم، آیا شواهد برای وجود ثبات و یا حرکت به سوی ثبات در دریای خزر کافی است؟ در مجموع اگر چه در سال ۱۳۸۹، شواهدی از قبیل ورود کلروفیتا و گونه *Binuclearia lauterbornii* در تراکم غالب فیتوپلانکتون در فصل تابستان، افزایش درصد گونه‌های بومی همچون *Exuviaella cordata* و نیز تغییرات رو به بهبود شاخص شانون به چشم می‌خورد، اما هنوز، بنا به دلایلی از قبیل افزایش شدید تراکم فیتوپلانکتون، تغییرات عمده در جایگزینی گونه‌های غالب، افزایش تراکم و فراوانی حضور گونه‌های مضر و سمی، کاهش شدید برخی گونه‌های ساکن یا بومی و بروز شکوفایی‌های مختلف جلبکی نمی‌توان شواهد را برای روند رو به بهبود وضعیت اکوسیستم کافی دانست. ضمن آنکه وقایع اکولوژیکی (از قبیل بهبود کیفیت اکوسیستم) از عوامل و روابط گوناگون تأثیر می‌پذیرند که این تحقیق گنجایش بررسی آن‌ها را نداشت. عواملی از قبیل جریانات دریایی، چگونگی شکارگری و تغذیه حلقه‌های بعدی زنجیره غذایی از فیتوپلانکتون و نیز بین حلقه بعدی از معمول‌ترین این عوامل محسوب می‌گردند. مضاف بر آن‌که دریای خزر تحت نفوذ کشورهای حاشیه دارای مدیریت چندگانه حفاظت و بهره‌برداری است و هر گونه رویداد در هر بخش از آن بر کل پیکره آبی اثرگذار است.

منابع

پور غلام، ر.، ۱۳۷٤. هیدرولوژی و هیدرو بیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با همکاری انسیتو تحقیقات کاسپنریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، ۷۴–۱۳۷۳. مرکز تحقیقات شیلات مازندران، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۳۸۹ ص.

فضلی، ح.، فارابی، م.و.، دریانبرد، غ.ر.، گنجیان، ع.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، روشن‌طبری، م. و روحی، ا.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر طی سال‌های (۱۳۸۵–۱۳۷۰). موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۸۷ ص.

مخلوق، آ.، نصراله‌زاده ساروی، ح.، پورغلام، ر. و رحمتی، ر.، ۱۳۹۰. معرفی گونه‌های سمی و مضر جدید فیتوپلانکتون در آب‌های سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر. مجله علمی علوم زیستی، سال پنجم، شماره۲۰، صفحات ۹۳_۷۷.

مخلوق، آ.، نصراله‌زاده ساروی، ح.، فارابی، س.م.و.، روشن طبری، م.، اسلامی، ف.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.س.، کیهان ثانی، ع.ر.، دوستدار، م.، خداپرست، ن.، گنجیان، ع. و مکرمی، ع.، ۱۳۹۱. بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸. پژوهشکده اکولوژی دریای خز ر، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۲۹۶ ص.

مخلوق آ.، نصراله‌زاده ساروی ح.، واحدی ف. و اسلامی ف.، ۱۳۹۳. بررسی تغییرات زمانی اکوبیولوژیکی آب سواحل دریای مازندران (سال ۱۳۹۱). سال پنجم، شماره ۱۹،: صفحات ۴۴_۳۵.

Archive of SID
www.SID.ir

نصراله‌زاده ساروی، ح.، ۱۳۹۱. هیدرولوژی، هیدرو بیولوژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۸). موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، ۲۰۱ ص.

Annila, A., Lehtima, J., Mattilai, K., Eriksson, J. K., Sivonen, K. Rantala, T. T. and Drakenberg, T., 1996. Solution Structure of Nodularin. Journal of Biological Chemistry, 271(28):16695–16702.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard method for examination of water and wastewater. Washington. USA: American Public Health Association Publisher.

Bates, S. S., Bird, C. J., Defreitas, A. S. W., Foxall, R., Gilgan, M., Hanic, L. A., Johnson, G. R., McCulloch, A. W., Dodense, P., Pocklington, R., Quilliam, M.A., Sim, P. G., Smith, J. C., Subba Rao, D. V., Todd, C. D., Walter, J. A. and Wright. J. L. C., 1989. Pennate diatom Nitzschia pungens as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edwards Island, Canada. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46:1203-1215.

Carmelo, R. T., 1997. Identifying marine phytoplankton. London: Publication Harcourt Brace Company. 858 p.

Carlton, J., 2002. Bioinvasion ecology: assessing invasion impact and scale. In: Leppa¨koski, E., Gollasch, S. and Olenin, S. (Eds.), Invasive Aquatic Species of Europe – Distribution, Impacts and Management. Kluwer Academic Publications, Dordrecht, Boston, London, pp. 7–19.

Crayton, M. A., 1993. Toxic cyanobacteria blooms, A Field/Laboratory Guide, Office of Environmental Health Assessments, Washington State.

Dumont, H.J., 1995. The Caspian Lake: history, biota, structure, and function. Limnology and Oceanography, 43:44–52.

Elbrachter, M. and Drebf, G., 1978. Life cycles, phylogeny and taxonomy of *Dissodinium* and *Pyrocystis* (Dinophyta), Helgolander wiss. Meeresunters, 31:347-366.

Gomez, F. and Souissi, S., 2007. Unusual diatoms linked to climatic events in the northeastern English Channel, Journal of Sea Research, 58: 283–290.

Gulland, F. M., Fauquier, D., Langlois, G., Lander, M. E., Zabka, T. and Duerr, R., 2002. Domoic acid toxicity in Californian sea lions (*Zalophus californianus*): clinical signs, treatment and survival. Veterinary Record, 150:475-480.

Habit, R. N. and Pankow, H., 1976. Algenflora der Ostsee II, Plankton. Gustav Fischer Verlag. Germany: Jena University Rostock Publication. 385 p.

Hartley, B. H. G., Barber, J. R. C. and Sims, P., 1996. An Atlas of British Diatoms. UK: Biopress Limited, Bristol. 601 p.

Kideys, A. E., Roohi, A., Bagheri, S., Finenko, G. and Kamburska. L., 2005. Impacts of invasion ctenophore on the fisheries of the Black Sea and Caspian Sea. Oceanography-Black Sea Special Issue, 18 (2):76-85.

Levshakova, V. D. and Sanina, L. V., 1973. Summer phytoplankton of the Middle Caspian before and after the introduction of Rhizosolenia calcar-avis. VNIRO Proceedings, 80(3):18-27 (in Russian).

Ludwig, J. A., and Rynolds, J. F., 1988. Diversity indices. Statistical ecology: A primer on method and computing. New York: John Wiley & Sons.

Moncheva, S., Dontcheva, V., Shtereva, G., Kamburska, L., Malej, A., and Gorinstein, S., 2002. Application of eutrophication indices for assessment of the Bulgarian Black Sea coastal ecosystem ecological quality. Water Science and Technology, 46(8):19–28.

Mutawie, H. H., 2012. Assesment of hepatotoxins and neurotoxins from five Oscillatoria species isolated from Makkah area, KSA using HPLC. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 2(10):440-444.

Nasrollahzadeh, H. S., Makhlough, A., Pourgholam, R., Vahedi, F., Qanqermeh, A. and Foong, S.Y., 2011. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the southern Caspian Sea. Applied Ecology and Environmental Research, 1623: 141-155.

Archive of SID

www.SID.ir

Olenin, S., Dan Minchin, D. and Daunys, D., 2007. Assessment of biopollution in aquatic ecosystems. Marine Pollution Bulletin, 55: 379–394.

Palmer, C. M., 1980. Algae and water pollution. The identification, Significance, and Control of Algae in water Supplies and in Polluted Water. London: Castle House Publication.

Paczuska, L. and Kosakowska, A., 2003. Is iron a limiting factor of *Nodularia spumigena* blooms? Oceanologia, 45(4):679–692.

Proshkina-Lavrenko, A. I. and Makarova, I. V., 1968. Plankton Algae of the Caspian Sea. Leningrad, Nauka: L. Science. 291 pp. (In Russia)**.**

Reynolds, C.S., 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, UK, 551 p.

Roohi, A., Kideys, A. E., Sajjadi, A., Hashemian, A., Pourgholam, R., Fazli, H., Ganjian Khanari, A. and Develi, E. E., 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis Leidyi*. Biological Invasions, 12: 2343-2361.

Shiganova, T. A., Musaeva, E. I., Pautova, L. A. and Bulgakova, Y. V., 2005. The Problem of Invaders in the Caspian Sea in the Context of the Findings of New Zoo- and Phytoplankton Species from the Black Sea. Biology Bulletin, 32(1):65–74. Translated from Izvestiya Akademii Nauk, Seriya Biologicheskaya, 1:78–87.

Silkina, V. A., Abakumovb, A. I., Pautovac, L.A., Mikaelyanc, A. S., Chasovnikova, V.K. and Lukashevaa, T. A., 2011. Coexistence of Nonnative and Black Sea Phytoplankton Species: Discussion of Invasion Hypotheses. Russian Journal of Biological Invasions, 2(4):256–264

Taylor, F. J., Taylor, N. J. and Walsby, J. R., 2007. A bloom of the planktonic diatom, *Cerataulina pelagica*, off the Coast of Northeastern New Zealand in 1983, and its contribution to an associated mortality of fish and benthic fauna. International Review of Hydrobiology, 70:773–795.

Tiffany, H., and Britton, M. E., 1971. The algae of Illinois. New York, USA: Hafner Publishing Company, 407 p**.**

Vershinin, A. O., and Orlova Tu., 2008. Toxic and Harmful Algae in the Coastal Waters of Russia. Oceanology, 48(4):524–537.

Washington, H.G., 1984. Diversity, Biotic and Similarity Indices, A Review with special relevance to Aquatic Ecosystems. Water Research, 18(6):653-694.

Wehr, J. D., and Sheath R. G., 2003. Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. USA: Academic Press.950 p.

Zabelina, M. M., Kisselev, I. A., Proshkina-Lavrenko, A. I., and Sheshukova, V. S., 1951. Diatoms. In: Inventory of freshwater algae of the USSR. Sov. Nauka Moscow, 619 p. (in Russia).

Archive of SID

www.SID.ir