

مطالعه الگوی ساختاری زئوپلانکتون سواحل ایرانی دریای خزر در سال‌های ۱۳۷۵

۱۳۸۷-۸۹

چکیده

در دو دهه‌ی اخیر میزان اثرات فاکتورهای مختلف استرس‌زا از قبیل آلودگی‌های بیولوژیکی و شیمیایی بر اجزای زیستی و غیر زیستی دریای خزر افزوده شده است. هدف از مطالعه حاضر بررسی تغییرات الگوی ساختاری زئوپلانکتون در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ (حدود دو دهه پس از ورود عامل استرس‌زای زیستی *Mnemiopsis leidyi*) و مقایسه آن با اطلاعات پیش از تهاجم شانه‌دار یعنی به هنگام ثبات اکوسیستم (سال ۱۳۷۵) در حوزه ایرانی این دریا می‌باشد. نمونه‌برداری در اعماق ۱۰۰-۵ متر، طی چهار فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) و در هشت نیم‌خط (آستارا، انزلی، سفیدرود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و ترکمن) از سال‌های فوق صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که تعداد کل گونه‌ها در گروه‌های هولوپلانکتون و مروپلانکتون ۶۷ گونه بوده که ۶۲ گونه آن در گروه هولوپلانکتون ثبت گردید. تعداد گونه در سال ۱۳۷۵، به ترتیب ۳/۹، ۲/۳ و ۳/۴ برابر سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به دست آمد. تعداد گونه‌ها در گروه کلاوسرا در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ به ترتیب ۳/۹، ۶/۶ و ۷/۲ برابر نسبت به سال ۱۳۷۵ کاهش داشت که بیشترین میزان کاهش گونه در مقایسه با سایر گروه‌های زئوپلانکتون (کوپه‌پودا، روتیفر، پروتوزوا و مروپلانکتون) بود. تراکم زئوپلانکتون نیز در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ حدود ۱-۱/۵ برابر نسبت به سال ۱۳۷۵ کاهش نشان داد. در مجموع، به نظر می‌رسد که دلایل چندانی بر بهبود شرایط اکوسیستم به‌سوی ثبات وجود نداشته است، هرچند شواهدی از قبیل افزایش شاخص شانون در سال ۱۳۸۹ نسبت به سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ مشاهده شد.

واژگان کلیدی: زئوپلانکتون، الگوی ساختاری، تهاجم شانه‌دار، دریای خزر، سواحل ایران.

حسن نصراله‌زاده ساوی^۱مژگان روشن‌طبری^۲ابوالقاسم روحی^۳فرشته اسلامی^۴آسیه مخلوق^{۵*}نوربخش خداپرست^۶

۱. دانشیار بخش اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
 ۲، ۳. استادیار بخش اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
 ۴. بخش اکولوژی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مری، پژوهشی تهران، ایران
 ۵. کارشناس ارشد بخش اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

*مسئول مکاتبات:

asieh_makhlough@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۶۰۲۰۴۷۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۸

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

مقدمه

در طی سالیان مختلف، گونه‌های جدید و گاهاً مهاجم در سطوح مختلف زیستی از جمله پلانکتون به دریای خزر وارد شده‌اند. در تابستان سال ۲۰۰۰ میلادی یک گونه شانه‌دار (*Mnemiopsis leidyi*) به لیست گونه‌های مهاجم به دریای خزر افزوده شد (Shiganova et al., 2005) که اثرات گسترده‌ای بر اکوسیستم دریای خزر گذاشت. بر این اساس در مطالعات درازمدت حوزه ایرانی دریای خزر و ارزیابی کمی تغییرات پارامتر زیستی و

غیر زیستی، اصولاً سه دوره شامل سال ۱۳۷۵ (قبل از حضور شانه‌دار، سال ثبات اکوسیستم)، سال‌های ۸۵-۱۳۸۰ (سال‌های ابتدایی ورود شانه‌دار) و سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ (تثبیت شانه‌دار) در نظر گرفته شد (Pourang et al., 2016). مطالعات نشان دادند که حضور شانه‌دار سبب تغییرات مواد مغذی (آلی و معدنی)، شفافیت، pH، اکسیژن محلول و همچنین میزان مواد آلی بستر (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۴) گردیده است. ضمن آنکه ناپدید شدن گونه‌های حساس و ارزشمند زئوپلانکتونی را نیز به همراه داشت (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۴).

مطالعات گوناگونی از قبیل مطالعه کل حوزه ایرانی دریای خزر در سال‌های ۷۴-۱۳۷۳ (پورغلام، ۱۳۷۴)، سال ۱۳۷۵ (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰)، در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۵ (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹)، در سال ۸۵-۱۳۸۰ (Roohi et al., 2010)، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ (روشن طبری و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) و نیز مطالعه درازمدت سواحل لیسار، انزلی و سفیدرود در سال ۱۳۷۵ و سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ (Bagheri et al., 2013) در قالب بررسی‌های یک‌ساله و نیز چندساله بر تجمع زئوپلانکتونی دریای خزر صورت گرفته است. در مطالعه پورغلام (۱۳۷۴) از ۶۵ گونه زئوپلانکتون مشاهده شده در دریای خزر، ۷ گونه به راسته Copepoda، ۱۱ گونه به Rotatoria، ۱۳ گونه به Protozoa و ۳۴ گونه به Cladocera تعلق داشت. مطالعه Bagheri و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که بیشترین تعداد گونه (۳۲ گونه) در سال ۱۳۷۵ و کم‌ترین آن در سال ۱۳۸۲ (۱۱ گونه) بوده است.

تغذیه شدید *Mnemoipsis leidyi* (M. leidyi) از مزو پلانکتون‌ها به‌خصوص کوبه پودا و کلاوسرا، به‌شدت ساختار جمعیتی، زی‌توده و تنوع گونه‌ای زئوپلانکتون را تغییر داد و همراه با ظهور این شانه‌دار مهاجم در دریای خزر میزان زی‌توده مزوپلانکتون در خزر جنوبی ۱۰ برابر کاهش یافت (Karpyuk et al., 2004) و بیش از ۹۰ درصد از تراکم زئوپلانکتون تنها از *Acartia* شکل گرفت. همچنین جنس *Eurytemora* که پس از *Acartia*، در سال‌های قبل از ورود شانه‌دار نقش مهمی در ساختار جمعیتی زئوپلانکتون داشت، مشاهده نشد (Roohi et al., 2010; Rowshan Tabari et al., 2014). در مطالعات فضلی و همکاران (۱۳۸۹)، در مجموع تعداد ۶۷ گونه و زیرگونه از زئوپلانکتون و موجوداتی از گروه‌های Cirripedia, Osteracoda, Medosa در حوزه ایرانی دریای خزر مشاهده شد. این مطالعه کاهش شدیدی از میانگین تراکم و زی‌توده زئوپلانکتون را در فصول تابستان و پاییز در دوره پس از ورود شانه‌دار به دریای خزر نسبت به دوره قبل از ورود شانه‌دار نشان داد. شاخص‌های تنوع گونه‌ای شانون-ویور و یکنواختی زئوپلانکتون نیز از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۵ روند کاهشی داشتند.

با توجه به گرایش فعالان اقتصادی به پرورش ماهی در آب‌های دریای خزر و اهمیت زئوپلانکتون در زنجیره غذایی و نیز تغذیه بسیاری از ماهیان، مطالعه حاضر باهدف جمع‌بندی و ارائه آخرین جزئیات تغییرات جامعه زئوپلانکتونی (لیست گونه‌ای، تراکم، زی‌توده و شاخص تنوع گونه‌ای) در اواخر دهه ۱۳۸۰ شمسی (سال‌های ۸۹-۱۳۸۷) به‌خصوص در مقایسه با سال ثبات اکوسیستم (سال ۱۳۷۵) صورت گرفته است. همچنین با توجه به اهمیت ویژگی محیطی، ضرایب تأثیر و همبستگی بین برخی پارامترهای محیطی و زئوپلانکتون با آزمون آماری یک و چند متغیره نیز در سال‌های فوق مورد مقایسه قرار گرفتند. شایان‌ذکر است که فهرست‌های گونه‌ای و نیز مشخصات تجمع زئوپلانکتونی در دسترس، عموماً تا سال ۱۳۸۵ صورت گرفته است و یا مربوط به منطقه محدودی از دریای خزر است. لذا طبقه‌بندی و تجمیع نتایج مربوط به اجتماع زئوپلانکتونی دریای خزر در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ و نوع آزمون‌های آماری انجام‌شده در مطالعه حاضر آن را نسبت به سایر مطالعات در زمان مشابه متمایز می‌نماید. ضمن آنکه در ادامه مطالعات درازمدت پیشین (تا سال ۱۳۸۵)، منبع مناسبی را جهت پیگیری و مقایسه روند تغییرات فراهم می‌کند.

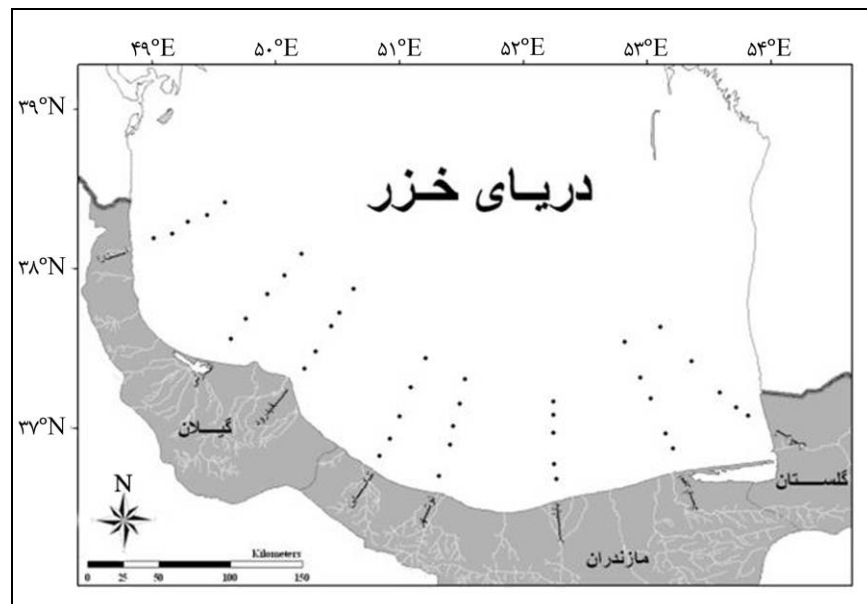
مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به‌صورت فصلی در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر و در ۸ نیم‌خط (آستارا، انزلی، سفیدرود، بابلسر، نوشهر، تنکابن، امیرآباد و ترکمن) صورت گرفت. نمونه‌برداری زئوپلانکتون به‌وسیله تور مخروطی پلانکتون با چشمه ۱۰۰ میکرون با قطر

دهانه ۳۶ سانتی‌متر انجام پذیرفت. در هر یک از ایستگاه‌ها تور به اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر فرستاده شد و در لایه‌های ۵-، ۱۰-، ۲۰-، ۵۰-، ۱۰۰- و ۵۰- به صورت کشش عمودی نمونه‌برداری انجام گرفت (شکل ۱). نمونه‌ها در ظرف شیشه‌ای با فرمالین به نسبت ۴ درصد تثبیت شدند (Wetzel and linkens, 1991). در آزمایشگاه برای شمارش زئوپلانکتون، ابتدا برای تغلیظ نمونه از تور با چشمه ۵۰ میکرون استفاده شد (Newell and Newell, 1977). نمونه‌ها به وسیله پی‌پت Stample برداشت و بر روی لام شمارش Bogarov مورد شمارش قرار گرفتند (Omori and Ikeda, 1984). برای محاسبه زی‌توده زئوپلانکتون، از وزن استاندارد موجودات فوق در دریای سیاه استفاده شد (Petipa, 1957). شاخص تنوع گونه‌ای شانون-ویور (Shannon-Weaver) طبق رابطه ۱ محاسبه گردید (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988).

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad \text{رابطه ۱:}$$

H' = شاخص شانون-ویور، P_i (nits per individual) = تراکم نسبی گونه



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

نمونه‌برداری آب به وسیله بطری نسکین انجام گرفت. فاکتورهای pH با دستگاه پرتابل (WTW 320)، دما به وسیله ترمومتر برگردان، اکسیژن (روش وینکلر)، عمق شفافیت (SDD=Secchi disk depth) به وسیله شی‌سی‌دیسک و شوری به وسیله دستگاه شوری سنج اندازه‌گیری شد (APHA, 2005). در مطالعه حاضر سال ۱۳۷۵ به عنوان سال ثبات اکوسیستم (قبل از تهاجم شانه‌دار) انتخاب گردید. روند تغییرات زئوپلانکتون در سال‌های مورد مطالعه (۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) با آن مورد مقایسه قرار گرفت. اطلاعات سال ۱۳۷۵ در نیم‌خط‌ها و ایستگاه‌های منطبق با سال‌های ۸۹-۱۳۸۷، از گزارش حسینی و همکاران (۱۳۹۰) استخراج گردید. روش نمونه‌برداری و آزمایشگاهی در سال ۱۳۷۵ نیز مشابه سال‌های فوق بود.

در مطالعه حاضر، متغیرها در دو گروه متغیرهای مستقل (ایستگاه‌ها، فصول) و متغیرهای وابسته (کلیه پارامترهای زیستی و غیر زیستی) در نظر گرفته شدند. داده‌ها بر اساس یکی از فرایندهای لگاریتم طبیعی و یا رتبه‌بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q و آزمون شاپیرو-ویلک نرمال بودن آن تأیید گردید. برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های پارامتریک بر روی داده‌های نرمال شده استفاده گردید. بر روی داده‌های انتقال یافته و نرمال آزمون‌های پارامتریک (ANOVA)، آزمون تی و آنالیز خوشه‌ای و همچنین آزمون مؤلفه اصلی (PCA=Principle Component Analysis) انجام شد. در ضمن آزمون‌های آماری در سطح ۵ و ۱ درصد صورت گرفت.

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 گروه‌های هولوپلانکتون و مروپلانکتون ۶۷ عدد بوده است که در هر یک از گروه‌های هولوپلانکتون و مروپلانکتون به ترتیب ۶۲ و ۵ گونه ثبت گردید.

جدول ۱: لیست گروه‌های زئوپلانکتون در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در حوزه جنوبی دریای خزر.

۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۷۵		ردیف
Holoplankton					
Copepoda					
			+	<i>clausi</i> Acartia	۱
+	+	+		<i>tonsa</i> + <i>clausi</i> Acartia	۲
+	+		+	<i>aquae dulcis</i> Calanipeda	۳
+	+		+	<i>concinnum</i> Ectinosoma	۴
		+		sp. Ectinosoma	۵
			+	<i>grimmi</i> + <i>minor</i> Eurytemora	۶
+	+		+	<i>Halicyclops sarsi</i>	۷
			+	<i>grimaldii</i> Limnocalanus	۸
		+	+	<i>Harpacticoida</i> sp.	۹
Rotifera					
+				<i>Asplanchna priodonta</i>	۱۰
	+	+	+	<i>Asplanchna</i> sp.	۱۱
+				<i>Brachionus calyciflorus</i>	۱۲
	+			<i>Brachionus plicatilis</i>	۱۳
	+	+		<i>Brachionus</i> sp.	۱۴
	+			<i>Keratella cochlearis</i>	۱۵
+	+		+	<i>Keratella quadrata</i>	۱۶
	+	+		<i>Keratella</i> sp.	۱۷
	+			<i>Lecane</i> sp.	۱۸
	+			<i>Monostyl acornuta</i>	۱۹
		+		<i>Polyarthra</i> sp.	۲۰
		+		<i>Polyarthra vulgaris</i>	۲۱

	+	+	+	<i>Synchaeta</i> sp.	۲۲
+			+	<i>Syncheata vorax</i>	۲۳
			+	<i>Synchaeta stylata</i>	۲۴
Cladocera					
+				<i>Alona costata</i>	۲۵
			+	<i>ossiani* Apagis</i>	۲۶
			+	<i>cylindrata* Apagis</i>	۲۷
+				<i>longirostris Bosmina</i>	۲۸
	+			<i>Bosmina</i> sp.	۲۹
			+	<i>Cercopagis longiventris</i>	۳۰
	+		+	<i>Cercopagis pengoi</i>	۳۱
			+	<i>Ceropagis prolangata</i>	۳۲
			+	<i>Cercopagis socialis</i>	۳۳
			+	<i>Cercopagis spinicaudata</i>	۳۴
			+	<i>Cercopagis rubosta</i>	۳۵
			+	<i>Cercopagis micronyx</i>	۳۶
	+			<i>Daphnia</i> sp.	۳۷
			+	<i>Evadne anonyx deflexa</i>	۳۸
			+	<i>Evadne anonyx prolongata</i>	۳۹
+	+		+	<i>Evadne anonyx typica</i>	۴۰
			+	<i>Moina</i> sp.	۴۱
			+	<i>intermedinus Podon</i>	۴۲
+	+	+	+	<i>polyphemoides Podon</i>	۴۳
			+	<i>angusta Podonevadne</i>	۴۴
+	+	+	+	<i>typica trigona Podonevadne</i>	۴۵
	+		+	<i>intermeda trigona Podonevadne</i>	۴۶
			+	<i>trigona rotundata Podonevadne</i>	۴۷
			+	<i>attenuata camptonyx Podonevadne</i>	۴۸
			+	<i>hamulus camptonyx Podonevadne</i>	۴۹
			+	<i>kajdakensis camptonyx Podonevadne</i>	۵۰
			+	<i>macronyx camptonyx Podonevadne</i>	۵۱
			+	<i>podonoides camptonyx Podonevadne</i>	۵۲
			+	<i>camptonyx similes Podonevadne</i>	۵۳
			+	<i>sp. camptonyx Podonevadne</i>	۵۴
			+	<i>exiguus Polyphemus</i>	۵۵
Protozoa					
			+	<i>Arcella</i> sp.	۵۶
			+	<i>Epistylis</i> sp.	۵۷
+	+	+	+	<i>Foraminifera</i> sp.	۵۸
+	+		+	<i>tubulosa Tintinopsis</i>	۵۹
		+		<i>sp. Tintinopsis</i>	۶۰
			+	<i>pelagicum Zoothamnium</i>	۶۱
Meroplankton					

۶۲	Cirripedia	+	+	+	+
۶۳	Hydracarina				+
۶۴	Lamellibranchiata larvae	+	+	+	+
۶۵	Medosa				+
۶۶	Osteracoda				+

۱- بر اساس حسینی و همکاران، ۱۳۹۰، ۲- این گونه در بعضی منابع تحت جنس *Cercopagis* آورده شده است.

هولوپلانکتون در سال‌های موردبررسی در ۴ گروه کوپه پودا، روتیفرا، کلاوسرا و پروتوزوا مورد مطالعه قرار گرفتند. تعداد گونه‌ها و نیز تراکم گروه‌های اصلی هولوپلانکتون‌ها به ترتیب در جداول ۲ و ۳ مورد مقایسه قرار گرفتند. بیشترین تعداد گونه‌ها در سال ۱۳۷۵ مربوط به گروه کلاوسرا بوده است که در سال‌های بعد از اغتشاش به شدت کاهش یافته است.

جدول ۲: مقایسه تعداد گونه‌های زئوپلانکتون در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در حوزه جنوبی دریای خزر.

	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
تعداد کل	۵۴	۱۴	۲۳	۱۶
کوپه پودا	۹	۲	۴	۴
کلاوسرا	۲۹	۳	۸	۴
روتیفرا	۶	۶	۹	۴
پروتوزوا	۵	۲	۲	۲
مروپلانکتون	۵	۲	۲	۲

جدول ۲: مقایسه تراکم ($\text{mean} \pm \text{SE}$) گروه‌های اصلی هولوپلانکتون در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در

حوزه جنوبی دریای خزر.

	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
کوپه پودا	5398 ± 367	312 ± 3361	4129 ± 351	2843 ± 140
کلاوسرا	700 ± 12	67 ± 436	124 ± 22	210 ± 26
روتیفرا	430 ± 15	262 ± 1104	1446 ± 453	1129 ± 226

شاخص شانون در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به ترتیب برابر ۱/۶، ۰/۸۴، ۰/۶۳ و ۰/۸۷ به دست آمد. شاخص شانون در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در فصل زمستان و در سال ۱۳۸۹، در فصل بهار حداکثر مقدار را نشان داد. تراکم کل زئوپلانکتون در طی سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به ترتیب برابر 796 ± 999 ، 7471 ± 7820 ، 362 ± 697 ، 4856 ± 6547 محاسبه شد. *E. grimmi+minor* که در بهار سال ۱۳۷۵ جزو گونه‌های غالب در تراکم بود، در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ مشاهده نشد. گونه‌های مربوط به جنس *Acartia* در ۸۹-۱۳۸۷ و به خصوص در فصول تابستان و پاییز بیشترین تراکم را داشتند. گروه کلاوسرا فقط در سال ۱۳۷۵ به همراه گروه کوپه پودا در تشکیل عمده زی‌توده زئوپلانکتون مشارکت داشت که در سال‌های دیگر چنین نبود. روتیفرا در فصل زمستان (در همه سال‌های مورد مطالعه) جزو گروه‌های اصلی تراکم و زی‌توده بود. (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه تجمع زئوپلانکتونی در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در حوزه جنوبی دریای خزر.

پارامتر	فصل	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
شاخص شانون	بهار	*	۱/۲۸	۰/۸۲	۱/۷
تراکم کل (cells/m ³)		۳۱۹۴±۴۹۶	۱۰۴۲۲±۲۳۶۵	۶۰۲۷±۷۸۰	۷۰۹۸±۷۵۶
گروه غالب در تراکم		کوپه پودا	مروپلانکتون	کوپه پودا	کوپه پودا، مروپلانکتون و روتیفرا
گونه‌های غالب در تراکم		<i>Eurytemora grimmeri</i> + <i>minor</i> , <i>Acartia clausi</i>	<i>Lamellibranchiata</i> larvae	<i>Acartia tonsa</i>	<i>Acartia tonsa</i> , <i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Lamellibranchiata</i> larvae, <i>Cirripedia</i> , <i>Podon polyphemoides</i>
گروه غالب در زی توده		کوپه پودا و کلادوسرا	مروپلانکتون و روتیفرا	کوپه پودا	روتیفرا، کوپه پودا و مروپلانکتون
شاخص شانون	تابستان	-	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۵
تراکم کل (cells/m ³)		۱۴۱۲۲±۳۱۶۴	۵۲۴۶±۸۷۶	۵۸۵۸±۸۸۵	۳۸۲۲±۲۷۹
گروه غالب در تراکم		مروپلانکتون	کوپه پودا	کوپه پودا	کوپه پودا
گونه‌های غالب در تراکم		<i>Lamellibranchiata</i> larvae, <i>Acartia clausi</i>	<i>Acartia tonsa</i>	<i>Acartia tonsa</i>	<i>Acartia tonsa</i>
گروه غالب در زی توده		مروپلانکتون و کوپه پودا	کوپه پودا	کوپه پودا	کوپه پودا
شاخص شانون	پاییز	-	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۱
تراکم کل (cells/m ³)		۸۵۹۴±۱۰۲۳	۴۶۵۰±۶۱۸	۴۴۳۷±۷۱۰	۲۱۴۹±۲۲۰
گروه غالب در تراکم		کوپه پودا	کوپه پودا	کوپه پودا	کوپه پودا
گونه‌های غالب در تراکم		<i>Acartia clausi</i>	<i>Acartia tonsa</i>	<i>Acartia tonsa</i>	<i>Acartia tonsa</i>
گروه غالب در زی توده		کوپه پودا	کوپه پودا	کوپه پودا	کوپه پودا
شاخص شانون	زمستان	-	۱/۵	۱/۲	۱/۲
تراکم کل (cells/m ³)		۵۳۶۸±۹۶۹	۹۵۶۷±۱۷۰۷	۹۸۶۹±۲۳۶۹	۶۳۵۸±۱۱۶۹
گروه غالب در تراکم		کوپه پودا و روتیفرا	روتیفرا و کوپه پودا	روتیفرا، مروپلانکتون و کوپه پودا	روتیفرا و کوپه پودا
گونه‌های غالب در تراکم		<i>Asplanchna</i> sp., <i>Acartia clausi</i>	<i>Asplanchna</i> sp., <i>Acartia tonsa</i> + <i>clausi</i>	<i>Asplanchna</i> sp., <i>Cirripedia</i> , <i>Acartia tonsa</i> + <i>clausi</i>	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Acartia tonsa</i> + <i>clausi</i>
گروه غالب در زی توده		کوپه پودا و روتیفرا	روتیفرا و کوپه پودا	روتیفرا و کوپه پودا	روتیفرا و کوپه پودا
تراکم کل (cells/m ³)	سالیانه	۷۸۲۰±۹۹۹	۷۴۷۱±۷۹۶	۶۵۴۸±۶۹۷	۴۸۰۸±۳۶۲

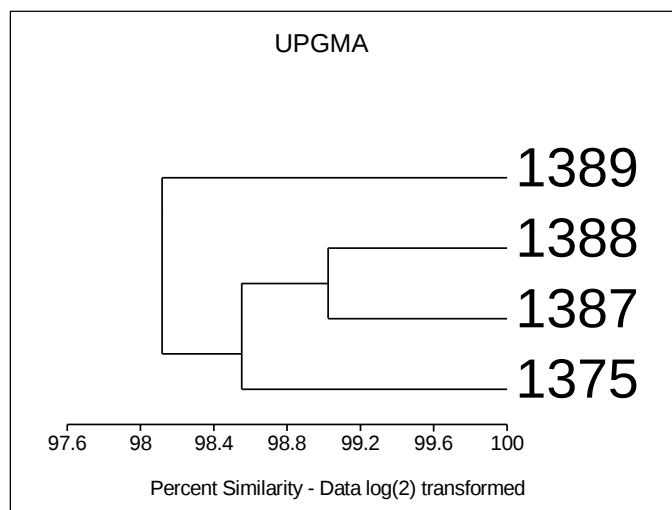
پارامتر	فصل	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
گروه غالب در تراکم		کوپه پودا و مروپلانکتون	کوپه پودا، مروپلانکتون و روتیفرا	کوپه پودا، روتیفرا و مروپلانکتون	کوپه پودا، روتیفرا و مروپلانکتون
گونه های غالب در تراکم		<i>clause, Asplanchna Acartia</i> sp., <i>Lamellibranchiata</i> larvae, <i>Eurytemora grimmi</i> + <i>minor</i>	<i>tonsa, Acartia Asplanchna</i> sp.	<i>tonsa, Acartia Asplanchna</i> sp.	<i>tonsa, Asplanchna</i> sp. <i>Acartia</i>
گروه غالب در زی توده		کوپه پودا و مروپلانکتون	روتیفرا، کوپه پودا و مروپلانکتون	کوپه پودا و روتیفرا	روتیفرا و کوپه پودا

*شاخص شانون سالانه ۱/۶ (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۴: مقایسه میانگین تغییرات (Mean±SE) و نتایج آزمون تی (T-Test) تراکم زئوپلانکتون و برخی پارامترهای محیطی در سال ۱۳۷۵ و ۸۹-۱۳۸۷ در حوزه جنوبی دریای خزر.

پارامتر	سال	p values (t-Test) بین سال ۱۳۷۵ و ۸۹-۱۳۸۷	نتایج گروه‌بندی آزمون دانکن بر سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹
	۱۳۷۵	۱۳۸۹-۱۳۸۷	
تراکم زئوپلانکتون (تعداد در مترمکعب)	۷۸۲±۹۹۹	۶۰۷±۳۴۱	(۱۳۷۵) (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹)
دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۱۹/۰۳±۰/۷۰	۱۸/۳۶±۰/۲۷	(۱۳۷۵، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹)
DO (میلی‌گرم بر لیتر)	۶/۳۱±۰/۰۹	۵/۷۳±۰/۰۴	(۱۳۷۵) (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹)
pH	۸/۳۰±۰/۰۱	۸/۳۸±۰/۰۱	(۱۳۸۸) (۱۳۸۹) (۱۳۷۵ و ۱۳۸۷)
شفافیت (متر)	۶/۰۴±۰/۳۰	۴/۳۹±۰/۱۳	(۱۳۷۵) (۱۳۸۷، ۱۳۸۹، ۱۳۸۸)
شوری (گرم بر لیتر)	۱۲/۶۲±۰/۰۴	۱۱۲/۰۹±۰/۰۸	(۱۳۸۸) (۱۳۸۹) (۱۳۷۵ و ۱۳۸۷)

آزمون آماری t-Test بر پارامترهای جدول ۴ نشان داد که تغییرات در پارامترهای فوق به‌جز در تراکم زئوپلانکتون که اختلاف معنی‌دار در آن بسیار جزئی بود، در سایر پارامترها تغییرات معنی‌دار بین دو دوره مطالعه یعنی ۱۳۷۵ و ۸۹-۱۳۸۷، واضح بود ($P < 0.05$). در آزمون خوشه‌ای پارامترهای فوق نیز هرچند که شباهت زیادی بین سال‌های موردبررسی بدست‌آمد ولی در خوشه‌بندی، سه خوشه جداگانه یعنی (سال ۱۳۷۵)، (سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸) و (سال ۱۳۸۹) تفکیک شد (شکل ۲). نتایج آزمون دانکن برای تقسیم‌بندی سال‌های مورد مطالعه نیز نشان داد که صرف‌نظر از تفاوت در تعداد گروه‌های به دست آمده، سال ۱۳۷۵ در بیشتر موارد با سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ تفاوت معنی‌دار داشت ولی تفاوت آن با آخرین سال مطالعه یعنی ۱۳۸۹ عمومیت بیشتری داشت.



شکل ۲: آزمون خوشه‌ای پارامترهای تراکم زئوپلانکتون و برخی پارامترهای محیطی در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۷-۸۹ در حوزه جنوبی دریای خزر.

در بررسی فصلی و سالانه ارتباط تغییرات تراکم زئوپلانکتون و برخی پارامترهایی محیطی در آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تغییرات شاخص KMO از ۰/۵۰ تا ۰/۷۵۰ متغیر بود و در نتایج آزمون Bartlett نیز اختلاف معنی‌دار بوده است. در آنالیز مؤلفه‌های اصلی ۵ متغیر زئوپلانکتون و پارامترهای محیطی با واریانس‌های متفاوت مشاهده گردید. مشارکت متغیرها در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵: مقایسه فصلی و سالانه ارتباط تراکم زئوپلانکتون با پارامترهای محیطی بر اساس آزمون مؤلفه اصلی بین سال ۱۳۷۵ و سال‌های ۱۳۸۷-۸۹ در حوزه جنوبی دریای خزر.

پارامتر	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سال
سال	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۷۵	۱۳۸۷	۱۳۷۵
مؤلفه‌ها	مؤلفه دوم (۲۶/۴٪)	مؤلفه اول (۳۱/۶٪)	مؤلفه اول (۳۸/۲٪)	مؤلفه دوم (۲۳/۹٪)	مؤلفه اول (۴۸/۱٪)
تراکم زئوپلانکتون	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۹۰	۰/۷۷	۰/۶۸
دمای آب	-	۰/۶۷	۰/۷۱	-	۰/۶۰
شفافیت	۰/۵۶	-۰/۸۴	-۰/۴۱	-۰/۷۷	-
اکسیژن محلول	۰/۷۳	-	-	۰/۲۵	۰/۹۴
pH	۰/۲۹	-	۰/۷۹	-	۰/۸۳
شوری	۰/۲۰	-۰/۳۷	-۰/۴۳	-	-۰/۷۰

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که تعداد کل گونه‌های زئوپلانکتون در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ حدود ۲-۴ برابر نسبت به سال ۱۳۷۵ کاهش یافت که این کاهش در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ بیش از سال ۱۳۸۸ بود. در مطالعه حاضر، نوع همبستگی (مثبت یا منفی) و نیز ضرایب همبستگی بین تراکم زئوپلانکتون و پارامترهای محیطی در هر یک از فصول و نیز کل سال در بین دو دوره مطالعه (۱۳۷۵ و ۸۹-۱۳۸۷) در بسیاری از موارد یکسان نبود (جدول ۵). این امر احتمالاً به دلیل تغییر در ترکیب و نیز تراکم گونه‌های غالب زئوپلانکتون (جدول ۳) و نیز اثرات سایر عوامل زیستی مرتبط از جمله فیتوپلانکتون و شانه‌دار مهاجم رخ داده است (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۱). در سال‌های پیش از هجوم شانه‌دار، مثلاً در سال ۱۳۷۵، شکوفایی بهاره فیتوپلانکتون، به افزایش چرای زئوپلانکتونی، افزایش تراکم زئوپلانکتون و کاهش تراکم فیتوپلانکتون در فصل تابستان منتهی می‌شد (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹)؛ اما از دهه‌ی ۱۳۸۰ به بعد، با واقعیت حضور *M. leidy* و فشار تغذیه‌ای آن بر زئوپلانکتون به‌خصوص در فصول تابستان و پاییز، علی‌رغم تراکم بالای فیتوپلانکتون، کاهش تراکم و نیز کاهش شاخص شانون در زئوپلانکتون صورت گرفته است. به‌این ترتیب، در سال ۱۳۷۵ حداقل مقادیر تراکم زئوپلانکتون در فصول بهار و زمستان و در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ در فصول تابستان و پاییز ثبت گردید (جدول ۳). Brower و همکاران (۱۹۹۸) بیان نمودند که کاهش تعداد کل گونه و نیز کاهش تعداد گونه‌های غالب سبب کاهش شاخص شانون می‌شوند. چنانکه مقایسه بین سالی در مطالعه حاضر نیز نشان داد در سال ۱۳۷۵، شاخص شانون (۱/۶) نسبت به سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ ($0.63-0.87$) مقدار بالاتری را بدست‌آورد. زیرا تعداد کل گونه‌ها در هر یک از سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ کم‌تر از سال ۱۳۷۵ بود. همچنین طبق (جدول ۳)، تعداد ۴ گونه در سال ۱۳۷۵ در الگوی گونه‌های غالب مشارکت داشتند، درحالی‌که در سایر سال‌های موردبررسی این تعداد به ۲ گونه کاهش یافت. به‌همین ترتیب در بررسی فصلی نیز در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸، حداکثر شاخص شانون در فصل زمستان و در سال ۱۳۸۹ در فصل بهار بدست‌آمد. در این مورد نیز در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸، بخش عمده‌ای از تراکم کل زئوپلانکتون در فصل زمستان از ۲-۳ گونه زئوپلانکتون شکل گرفت، درحالی‌که در سایر فصول از سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸، یک‌گونه عمده تراکم را شامل شد. در فصل بهار سال ۱۳۸۹ نیز ۵ گونه در تشکیل بخش عمده‌ای از تراکم زئوپلانکتون نقش داشتند و در سایر فصول تعداد گونه‌های غالب کاهش داشت.

برآیندی از مقادیر پارامترهای غیر زیستی از قبیل آب‌های رودخانه‌ای (پورغلام، ۱۳۷۴)، تغییرات جهانی آب‌وهوا (BSC, 2008)، دما، شفافیت، شوری (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۱) و زیستی، سبب جابجایی فصلی مشاهده‌شده در نقاط حداکثر و حداقل تراکم، شاخص زیستی و ساختار گونه‌ای جامعه زئوپلانکتونی (در سال‌های مورد مطالعه) شده است اما همان‌طور که مطالعات پیشین (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۱; Roohi et al., 2010) نیز نشان داده‌اند، تغییر مؤلفه زیستی تأثیرگذار بر تغییر جامعه زئوپلانکتونی یعنی از فیتوپلانکتون (به‌عنوان تأمین‌کننده غذای زئوپلانکتون) به *M. leidy* (به‌عنوان شکارگر زئوپلانکتون)، نخستین توضیح و عامل کلیدی محسوب می‌شود.

مطالعه فصلی گروه‌های مختلف زئوپلانکتون در حوزه ایرانی دریای خزر در سال ۷۴-۱۳۷۳ نشان داد که گروه کلاوسرا دارای گونه‌هایی با توانایی زیست در دامنه‌های متفاوتی از دما (همراه با تغییر فصل) می‌باشد (پورغلام، ۱۳۷۴). به‌این ترتیب در سال ۱۳۷۵ نیز بیشترین تعداد گونه در گروه کلاوسرا (۲۷ گونه) شناسایی گردید و در سال‌های بعد بیشترین کاهش گونه‌ای نیز در همین گروه ظاهر گردید، به‌طوری‌که تعداد آن در سال ۱۳۸۹ به ۵ گونه رسید. کاهش تنوع گونه‌ای و به دنبال آن کاهش تراکم و زی‌توده در گروه کلاوسرا سبب کاهش چشمگیر درصد مشارکت این گروه در تشکیل تراکم و زی‌توده کل زئوپلانکتون شد. این امر همان‌طور که بیان شد از یک‌سو به دلیل تغذیه شدید *Mnemoipsis leidy* (M. leidy) از گروه کلاوسرا (Karpyuk et al., 2004) و از سوی دیگر احتمالاً همان‌طور که Bagheri و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان نمودند به دلیل حساس‌تر بودن گونه‌های بومی دریای خزر و نیز تغییرات شدید زیست‌محیطی دریای خزر را (از دهه ۱۹۹۰ به بعد) بوده است که سبب شدت کاهش گونه‌ای پس از ورود شانه‌دار در دریای خزر در مقایسه با سایر اکوسیستم‌های آبی با وضعیت مشابه شد. در ارزیابی کمی، اثرات شانه‌دار بر تغییرات جامعه زئوپلانکتونی در حوزه ایرانی دریای خزر از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۷۵ (سال ثبات و عدم حضور شانه‌دار

مهاجم)، در گروه اثرات خیلی قوی طبقه‌بندی شد. این طبقه‌بندی با توجه به شواهدی از قبیل کاهش زی‌توده و نیز عدم حضور گونه‌های کلیدی و بومی و افزایش زی‌توده‌ی گونه مهاجم به سایر گروه‌های زئوپلانکتون صورت گرفت (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۴)؛ اما اثر بر ویژگی‌های زیستی در بدو ورود (در سال ۱۳۸۰) چندان مشهود نبود. اثرات شانه‌دار بر زیستگاه به‌مرور زمان بیشتر شده و در سال ۱۳۸۵ به بیشترین میزان خود رسید. در مرحله سازگاری (۱۳۸۹-۱۳۸۷) با توجه به روند کاهشی تراکم شانه‌دار، اثر بر زیستگاه نیز از H3 (تغییرات در زیستگاه کلیدی، کاهش شدید گستردگی زیستگاه (ها)، از دست دادن (حذف) زیستگاه (ها) با وسعت کم در منطقه‌ی تحت ارزیابی) به H2 (تغییراتی در زیستگاه (ها) و گستردگی آن‌ها) تقلیل یافت (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه حاضر مقایسه تراکم زئوپلانکتون در مطالعات ۳ ساله با سال ۱۳۷۵ (در ایستگاه‌های منطبق بر مطالعات ۸۹-۱۳۸۷) نشان داد که میانگین تراکم زئوپلانکتون در سال ۱۳۷۵ تقریباً ۱/۵-۱ برابر بیش از سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ بود. چنانکه نتایج آزمون خوشه‌ای و دانکن نیز تفاوت بین سال ۱۳۷۵ و ۱۳۸۹ را نشان دادند. الگوی تغییرات بین فصلی تراکم زئوپلانکتون در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ با ۱۳۷۵ متفاوت بود. چنانکه در سال ۱۳۷۵ برخلاف سال‌های ۸۹-۱۳۸۷، میانگین تراکم در فصول تابستان و پاییز بیش از بهار و زمستان بود. این امر سبب شد که در فصول بهار و زمستان میانگین تراکم زئوپلانکتون در هر یک از سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ حدود ۴/۸-۱/۹ برابر بیش از سال ۱۳۷۵ شود. درحالی‌که در فصول تابستان و پاییز میانگین تراکم زئوپلانکتون در سال ۱۳۷۵ حدود ۴-۱/۸ برابر بیش از هر یک از سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ به دست آمد. در مطالعه فضلی و همکاران (۱۳۸۹) در کل حوزه جنوبی دریای خزر نیز، تراکم زئوپلانکتون از 270.3 n/m^3 (در سال‌های ۷۸-۱۳۷۴ قبل از ورود شانه‌دار مهاجم) با ۴ برابر کاهش به 6473 n/m^3 (در سال‌های ۸۵-۱۳۸۰ سال‌های اولیه‌ی پس از ورود شانه‌دار) رسید.

مطالعه در دریای سیاه نشان داد که ۲ گونه از *Acartia* (*clausi* و *tonsa*) از دهه ۱۹۷۰ میلادی به این اکوسیستم وارد شد و به‌سرعت جایگزین گونه بومی آکارتیا شدند. از بین دو گونه‌ی فوق *Acartia tonsa* به دلیل توانایی سازگاری بالاتر نسبت به تغییرات شوری و اکسیژن، توانایی افزایش جمعیت به‌خصوص در خطوط ساحلی را دارد (Hubareva et al., 2008). *Acartia tonsa* در سال ۲۰۰۲ یعنی در مدتی کوتاهی پس از اولین گزارش (سال ۲۰۰۰ میلادی)، بیش از ۵۰ درصد از تراکم زئوپلانکتون را در دریای سیاه تشکیل داد. درحالی‌که پیش از آن در سال ۱۹۹۳ حدود ۹۰ درصد از تراکم زئوپلانکتون را *Acartia clausi* تشکیل داده‌شده (BSC, 2008). احتمالاً این رویداد به‌طور مشابهی از اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی (Shiganova et al., 2005; Salmanove and Sorokin., 1987) در دریای خزر نیز تکرار شده است. اگرچه در تحقیقات مختلف تفاوت‌هایی به چشم می‌خورد. به‌طوری‌که، در گزارشات پور غلام و همکاران (۱۳۷۴)، حسینی و همکاران، (۱۳۹۰) از حوزه ایرانی دریای خزر مربوط به اوایل دهه‌ی ۷۰ شمسی یعنی سال‌های (۷۴-۱۳۷۳) و ۱۳۷۵ و نیز حوزه غیر ایرانی دریای خزر (Kasymov, CEP, 2002; 2004)، در جنس آکارتیا به گونه *clausi* شاره شد. درحالی‌که Bageri و همکاران (۲۰۱۳)؛ Roohi و همکاران (۲۰۱۰) در ترکیب گونه‌ای آکارتیا در اواسط دهه ۷۰ شمسی فقط به *Acartia tonsa* اشاره نموده‌اند. ضمن آنکه در گزارش فضلی و همکاران (۱۳۸۹) در لیست گونه‌ای زئوپلانکتون در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ نیز فقط *Acartia clausi* مشاهده می‌شود. به‌هر حال *Acartia tonsa* در مطالعه حاضر (۸۹-۱۳۸۷) گونه غالب به‌ویژه با حضور حداکثری در فصول تابستان و پاییز بوده است. این گونه همانند بسیاری از گونه‌های غیروبومی دارای رشد تهاجمی و توان تکثیر بالا است، چنانکه افزایش شدید تراکم آن بعد از ورود شانه‌دار و کاهش موجودات زئوپلانکتونی بومی از قبیل *Eurytemora* در دریای خزر مشاهده‌گر دید (Roohi et al., 2010; Zaitsev and Ozturk, 2001). گونه‌هایی از قبیل *E.grimmi+minor* و *Polyphemus exiguus* که بر اساس مطالعات سایرین در سال‌های اولیه پس از ورود شانه‌دار مهاجم ناپدیدشده بود، در تجمع گونه‌ای مطالعه حاضر (سال‌های ۸۹-۱۳۸۷) نیز ظاهر نشدند. *P. exiguus* در مکان‌های دارای رژیم هیدرولوژی پایدار زندگی می‌کند و مناطق دارای جریان کم رودخانه‌ای و دارای سواحل کم وسعت شرایط مساعدی برای زیست آن‌ها محسوب نمی‌گردد. *Eurytemora* نیز از غذاهای مطلوب برای حلقه‌های بعدی از زنجیره غذایی محسوب می‌گردد. از این رو حضور و غیاب و شدت تراکم چنین گونه‌هایی به‌عنوان گونه‌های کلیدی در برآورد وضعیت اکوسیستم

ازنقطه‌نظر اثرات تهاجم بیولوژیکی (تهاجم شانه‌دار) و شواهد بهبود کیفیت اکوسیستم موردتوجه می‌باشد (Olenin et al., 2007; اسلامی و همکاران، ۱۳۹۴). بعضی از گونه‌ها از قبیل *Podon polyphemoides* بآنکه مانند *Eurytemora* (هرچند با درصد مشارکت پایین‌تر) در سفره غذایی ماهیان (کیلکا ماهیان، ماهی سیم، شانه‌دار مهاجم و...) جای داشته است ولی همچنان حضور خود را حفظ نمودند. این امر لزوم توجه به خصوصیات گونه‌ای از قبیل توانایی زیستی، حساس و مقاوم بودن در مقابل عوامل محیطی (دما، عمق، شوری و...) را نشان می‌دهد. افزایش درصد تراکم بعضی از موجودات از قبیل *Lamellibranchiata larvae* که گاه بالاترین درصد تراکم را به دست آورده (بهار ۱۳۸۷) تا حدی از نوع افزایش ثانویه محسوب می‌شود. این بدین معنا است که کاهش میانگین تراکم سایر گونه‌ها، درصد مشارکت آن‌ها را در تجمع زئوپلانکتونی افزایش داده است. زیرا طبق جدول میانگین تراکم کل زئوپلانکتون کاهش یافته است و این امر انعکاسی از کاهش تراکم در اغلب گروه‌ها و گونه‌های زئوپلانکتون است. شایان‌ذکر است که شدت کاهش تعداد گونه‌ها در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ نسبت به سال ۱۳۷۵، بیش از شدت تراکم بود. این امر احتمالاً به دلیل توان رشد تهاجمی برخی از گونه‌ها به‌خصوص *A. tonsa* روی داده است. علاوه بر توان رشد تهاجمی، Karpinsky (۲۰۱۰)، معتقد است که یکی از علل افزایش شدید آکارتیا پس از ورود شانه‌دار مهاجم به دریای خزر به علت مصرف نشدن آن است، چنانکه *Pseudosolenia calcar-avis* پس از ورود به دریای خزر به دلیل مصرف نشدن به‌سرعت تراکم آن افزایش یافت. اگرچه در مطالعه حوزه ایرانی دریای خزر، در سال ۸۴-۱۳۸۳، *A. tonsa* به‌عنوان طعمه فرعی و لارو بالانوس به‌عنوان طعمه اصلی مورد تغذیه قرار گرفتند (روشن طبری و همکاران، ۱۳۸۸) و در سال ۸۵-۱۳۸۸ نیز بالانوس و *A. tonsa* به ترتیب به‌عنوان طعمه‌های فرعی و اصلی تعیین گردید (جانباژ و همکاران، ۱۳۹۰). در مطالعه Bagheri et al., 2004 نیز گونه *A. tonsa* از گروه کوبه‌پودا و *P. polyphemoides* از کلاوسرا، لارو دوکفه‌ایها و لارو بالانوس جزو غذاهای اصلی *M. leidy* بیان شد. با توجه به توان سازگاری موجودات در شرایط بحرانی به استفاده از غذای در دسترس (هرچند نامطلوب) برای حفظ بقا، تغییر در سفره غذایی این ماهیان، منطقی می‌نماید؛ اما نکته چالشی آن است که آیا این طعمه‌ها مطلوبیت مناسب غذایی را نیز دارا هستند؟ و چه تأثیری بر کیفیت زیست و ارزش غذایی آن‌ها خواهد گذاشت؟

درمجموع هرچند شاخص شانون در سال ۱۳۸۹ اندکی نسبت به سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ افزایش داشت و به سال ثبات ۱۳۷۵ نزدیک‌تر شد، اما نمی‌تواند بر بهبود شرایط اکوسیستم به‌سوی ثبات صحنه گذارد. زیرا از یک‌سو نوسانات زیاد درون سالی تراکم، بیانگر عدم ثبات در اکوسیستم است و از سوی دیگر لازم است که سایر موارد از قبیل میزان فرایند کارایی مصرف و انتقال انرژی از تولیدات فیتوپلانکتونی به زئوپلانکتون (Stoyanova and Stefanova, 2001) نیز موردبررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان "هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی حوزه جنوبی دریای خزر" بوده که در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انجام گردید. بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی که زمینه علمی، آزمایشگاهی و پشتیبانی مالی این تحقیق را فراهم آورده‌اند کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید. همچنین روسای، معاونین و از کلیه همکاران و دست‌اندرکاران محترم در بخش اکولوژی، پرسنل کشتی تحقیقاتی گیلان سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- اسلامی، ف.، پورنگ، ن.، نصراله زاده ساروی، ح.، فضلی، ح.، روحی، ا. و روشن طبری، م.، ۱۳۹۴. ارزیابی کمی اثرات شانه‌دار بر ساختار زئوپلانکتونی حوزه جنوبی دریای خزر طی سال‌های ۸۹-۱۳۷۵. مجله علمی شیلات ایران، ۱ (۴)، صفحات ۵۹-۴۷.
- پورغلام، ر.، ۱۳۷۴. پروژه پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با همکاری انستیتو تحقیقات کاسپینیک (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، ۷۴-۱۳۷۳، ۱۳۷۳. ۳۸۹ ص.
- جانبا، ع.ا.، کر، د.، مقیم، م.، افراهی، م.ع.، عبدالملکی، ش.، دریانبرد، غ. ر.، خدمتی، ک.، شعبانی، خ.، باقری، س.، نهرو، م. ر.، راستین. ر. و رستمیان، م.ت.، ۱۳۹۰. پروژه بررسی خصوصیات زیستی کیلکا ماهیان (سن، رشد، تغذیه و تولید مثل) در حوزه جنوبی دریای خزر. موسسه تحقیقات شیلات ایران، ساری: پژوهشگاه اکولوژی دریای خزر. ۸۰ ص.
- حسینی، س. ع.، گنجیان، ع. مخلوق، آ.، کیهان ثانی، ع. ر.، تهامی، ف. س.، محمد جانی، ط.، حیدری، ع.، مکارمی، م.، مخدومی، ن.م.، روشن طبری، م.، تکمیلیان، ک.، روحی، ا.، رستمیان، م.ت.، فلاحی، م.، سبک آرا، ج.، خسروی، م.، واردی، س. ا.، هاشمیان، ع.، واحدی، ف.، نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، سلیمان رودی، ع.، لالویی، ف.، غلامی پور، س.، علومی، ی. و سالاروند، غ. ر.، ۱۳۹۰. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوزه جنوبی دریای خزر (۷۶-۱۳۷۵). پژوهشگاه اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۳۰۳ ص.
- روشن طبری، م.، خداپرست، ن.، واحدی، ف. و محمد تقی رستمیان، ۱۳۸۸. بررسی تغذیه کیلکای معمولی در حوضه جنوبی دریای خزر (سواحل استان مازندران، مجله علمی شیلات ایران، ۳ (۶۸)، صفحات ۸۸-۷۹.
- روشن طبری، م.، رحمتی، ر.، خداپرست، ن.، رستمیان، م. ت. رضوانی، غ.، اسلامی، ف.، سلیمانی رودی، ع.، کیهان ثانی، ع. ر.، کنعانی، م. ر. و امانی، ق. ع.، ۱۳۹۰. پروژه بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی زئوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷. ساری: پژوهشگاه اکولوژی دریای خزر، ۸۰ صفحه.
- روشن طبری، م.، فارابی، س.م.و.، رحمتی، ر.، خداپرست، ن.، رستمیان، م. ت. رضوانی، غ.، اسلامی، ف.، سلیمانی رودی، ع.، کیهان ثانی، ع.ر.، مکرمی، ع.، سبک آرا، ج.، دوستدار، م.، گنجیان، ع.، گل آقایی، م. و مخلوق، ا.، ۱۳۹۱. پروژه بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی زئوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر. ساری در سال ۱۳۸۸: پژوهشگاه اکولوژی دریای خزر، ۹۳ صفحه
- روشن طبری، م.، پورغلام، ر.، نصراله زاده ساروی، ح.، سلیمان رودی، ع.، خداپرست، ن.، اسلامی، ف.، ضوانی، غ.، عوفی، ف.، مخلوق، آ.، سبک آرا، ج.، کیهان ثانی، ع.، الیاسی، ف.، مکرمی، ع.، شیخ الاسلامی، ع.، رضایی، م. و رحمتی، ر.، ۱۳۹۲. بررسی تنوع، زیئوده و فراوانی زئوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۹. پژوهشگاه اکولوژی دریای خزر. ۹۴ صفحه.
- فضلی، ح.، فارابی، م.و.، دریانبرد، غ.ر.، گنجیان، ع.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، روشن طبری، م. و روحی، ا.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۸۵. موسسه تحقیقات شیلات ایران ۱۸۷ ص.
- نصراله زاده، س.ح.، مخلوق، آ. روشن طبری، م. و مکرمی، ع.، ۱۳۹۱. بررسی تغییرات فصلی تراکم شانه‌دار دریای خزر (*Mnemiopsis leidyi*) با تجمع پلانکتونی و برخی پارامترهای محیطی و چگونگی ارتباط آن ها با استفاده از آزمون مولفه اصلی، مجله علمی-پژوهشی زیست شناسی دریا، ۴ (۱۶). صفحات ۵۷-۴۳.
- نصراله زاده ساروی، ح.، پورنگ، ن.، مخلوق، آ.، فضلی، ح. و اسلامی، ف.، ۱۳۹۴. کلاسه بندی اثر آلودگی بیولوژیکی شانه دار (*Mnemiopsis leidyi*) درزیستگاه سواحل جنوبی دریای خزر طی سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۹، محیط شناسی، ۱ (۴۱). صفحات ۲۲۱ تا ۲۳۴.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard method for examination of water and wastewater. 81thedition. American public health association publisher, Washington. USA.

Bagheri, S., Kideys, A., Sabkara J. and Anzali, B., 2004. Studying Ctenophora (*Mnemiopsis leidyi*) at the Iranian seashore of the Caspian Sea: In material of the first international scientific and practical conference of young scientists "complex research of the biological resources of the South Seas and rivers", Astrakhan, pp. 28-31

Bagheri, S., Sabkara, J., Mirzajani, A., Khodaparast, S. H, Yosefzad, E., and Foong, S. Y., 2013. List of Zooplankton Taxa in the Caspian Sea Waters of Iran. Hindawi Publishing Corporation, Journal of Marine Biology, Article ID 134263, 7 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/134263>

Brower, J. E., Zar, J. H. and Ende, C. N. V., 1998. Field and laboratory methods for general ecology. 4th Edition. WCB McGraw Hill, Boston. pp 177-193.

- BSC, 2008.** State of the Environment of the Black Sea (2001-2006/7). Edited by Temel Oguz. Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea against Pollution (BSC) 2008-3, Istanbul, Turkey, 421 pp.
- CEP (Caspian Environment Programme), 2002.** <http://www.caspianenvironment.org/>
- Hubareva, E., Svetlichny, L., Kideys, A. and Isinibili, M., 2008.** Fate of the Black Sea *Acartia clausi* and *Acartia tonsa* (Copepoda) penetrating into the Marmara Sea through the Bosphorus, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* volume 76 issue 1 on pages 131 to 140.
- Karpinsky, M. G., 2010.** On Peculiarities of Introduction of Marine Species into the Caspian Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*, 1(1): 7–10.
- Karpyuk, M. I., Katunin, D. N., Abdusamadov, A. S., Vorobyeva, A. A., Lartseva, L. V., Sokolski, A. F., Kamakin, A. M., Resnyanski, V. V. and Abdulmedjidov, A., 2004.** Results of research into *Mnemiopsis leidyi* impact on the Caspian Sea ecosystem and development of biotechnical principles of possible introduction of *Beroe ovata* for biological control of *Mnemiopsis* population. First Regional Technical Meeting, February 22-23, 2004. Teharan. pp. 44-64.
- Kasymov, A., 2004.** Ecology of the Caspian Sea plankton. Exxon Azerbaijan Operating Company. Baku, Azerbaijan: Publisher Adiloglu printing House. 541pp.
- Ludwig, J. A., and Rynolds, J. F., 1988.** Diversity indices. Statistical ecology: A primer on method and computing. New York: John Wiley & Sons.
- Newell G. E., Newell R. C., 1977.** Marine plankton: a practical guide. London: Hutchinson. UK.
- Omori M., IKEDA T., 1984.** Methods in Marine Zooplankton Ecology. New York: Wiley-Interscience
- Petipa, T. S., 1957.** On average weight of the main zooplankton forms in the Black Sea. Proc. Sevastopol. *Biological Station*, 9:39-57.
- Pourang, N., Eslami, F., Nasrollahzadeh, S. H. and Fazli, H., 2016.** Strong biopollution in the southern Caspian Sea: the comb jelly *Mnemiopsis leidyi* case study. *Biological Invasions*, 18(8): 2403–2414.
- 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*. *Biology Invasions*, 12:2343-2361.
- Rowshan Tabari, M., Fatemi, S. M. R., Pourgholam, R. and Mousavi, N., 2014.** Latest diversity trend and seasonal abundance of population of zooplankton (Holoplankton) communities in the south Caspian Sea, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Science*. 13(2), P.437-448.
- Salmanov, M., Sorokin, A. and Eiiu, I., 1987.** The role of microflora and phytoplankton in the production processes of the Caspian Sea. Nauka, 1987. P.214.
- 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*, No. 1, pp. 78–87.
- Stoyanova, A. and Stefanova K., 2001.** Dynamics in phytoplankton-zooplankton relationship under conditions of increased Eutrophication, Institute of Oceanology, Academy Bulgare of Sciences. 79-81.
- Washington, H. G., 1984.** Diversity, Biotic and Similarity Indices, A Review with special relevance to Aquatic Ecosystems. *Water Research*, 18(6):653-694.
- Wetzel, R. G. and Likens, G. E., 1991.** *Limnological analysis*. New York USA: Springer-Verlag
- Zaitsev, Y. and Ozturk, B., 2001.** Exotic species in the Aegean, Marmara, Black, Azov and Caspian Seas Published by Turkish Marine Research Foundation Istanbul Turkey.