بررسی تغییرات زمانی-مکانی نسبت‌زی توده فیتوپلانکتون/ زئوپلانکتون در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر

حسن نصراله زاده ساروی [1]، آسیه مخلوق[2]، مژگان روشن طبری[3] و فرشته اسلامی [4]

۱، ۲ و ۳- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، فرح آباد ساری
۴- موسسه تحقیقات شیلات ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۱

چکیده

فشارهای آنتروپوژنیک و یوترفیکاسیون به ساختار و عملکرد تجمع های پلانکتونی و نیز نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون (B_{Phyt}/B_{Zp}) دراکوسیستم آسیب می رسانند. در این مقاله تغییرات نسبت B_{Phyt}/B_{Zp} بعنوان یکی از اثرهای فشارهای آنتروپوژنیک بر شبکه غذایی دریای خزر مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعه بصورت فصلی بر روی نمونه های بدست آمده در ۸ نیم خط در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ انجام گرفته است. نتایج نشان داد که نه تنها جمعیت، بلکه ترکیب گونه‌ای نیز اثر زیادی در تغییرات نسبت B_{Phyt}/B_{Zp} داشته است. به طوری که در تابستان با افزایش شدید جمعیت گونه های سبک وزن از سیانوباکتریا نسبت B_{Phyt}/B_{Zp} (۴) کاهش یافت در حالی که در زمستان با افزایش گونه های زنجیره ای از باسیلاریوفیتا نسبت B_{Phyt}/B_{Zp} (۱۱) افزایش نشان داد. اما از نظر مکانی در طی سال اگر چه منطقه غربی دارای میزان کمتری از نسبت فوق بود ولی تفاوت چندانی با منطقه شرقی و مرکزی نداشته است. مقایسه نسبت های بدست آمده در سال ۱۳۸۸ با سال های ۱۳۷۴ و ۱۳۷۵ (دوره های ثبات اکوسیستم) به ترتیب بیانگر ۳ و ۷ برابر افزایش بوده است. نتیجه اینکه، افزایش میزان این شاخص به همراه دیگر شواهد از قبیل افزایش شاخص تنوع گونه‌ای شانون در فیتوپلانکتون و کاهش آن در زئوپلانکتون بیانگر نامناسب بودن فرایند مصرف (چرا) و انتقال انرژی از فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون است.

واژگان کلیدی

فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، چرا، دریای خزر، ایران

[1] نگارنده پاسخگو: hnsaravi@yahoo.com

مقدمه

درحدود دو دهه ی پیش بسیاری از شاخص های توازن و ثبات (از جمله وضعیت اولیگوتروفیکی، عدم وجود گونه های با پتانسیل تهاجمی در لیست گونه های غالب فیتوپلانکتون و وجود توازن بین جمعیت گونه های غالب فیتوپلانکتون) در اکوسیستم دریای خزر حاکم بود (مخلوق و همکاران ، ۱۳۹۱; Nasrollahzadeh *et al.*, ۲۰۰۸). شواهدی همچون تنوع در ترکیب ساختاری و تغییرات جمعیتی متناسب با سیکل طبیعی در زئوپلانکتون، موجودات بنتیک و ماهیان بیانگر کارایی مناسبی شبکه غذایی در این اکوسیستم بود (فضلی و همکاران،۱۳۸۹; Blank *et al.*, ۲۰۱۰). در حالی که ورود شانه دار مهاجم در سال ۱۳۷۹ به این حوزه (روحی و همکاران، ۱۳۸۱) و تکرار وقوع شکوفایی جلبکی (Nasrollahzadeh *et al.*, ۲۰۱۱) بسیاری از موازنه های اکولوژیکی را در آن دچار اختلال نموده است.

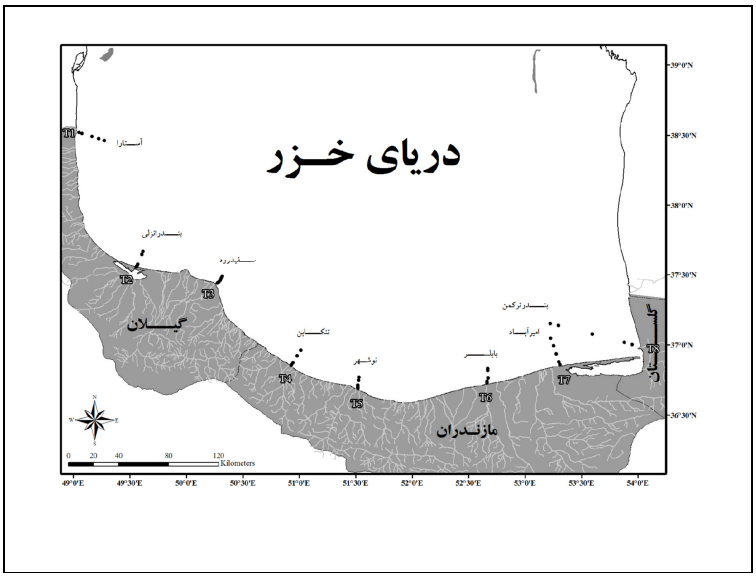
تغییرات فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون به ترتیب تحت تاثیر مواد مغذی و تولیدکنندگان (کنترلdown-top) و نیز مصرف کنندگان وشکارگران زئوپلانکتون (کنترل top-down) قرار دارد. چنین روابطی منجر به پیچیدگی رابطه غذایی فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون می گردد (Sigee, ۲۰۰۴). در دریای خزر اگرچه مطالعات جامعی درخصوص تغییرات زمانی، مکانی و ساختاری گروه های پلانکتونی صورت گرفته است. اما برآورد عددی از روابط غذایی این دو گروه پلانکتونی چندان مورد توجه قرار نگرفته است. یکی ازروش های ساده و سریع که می‌تواند چشم انداز مناسبی از کارایی شبکه غذایی اکوسیستم و کیفیت آب را ارائه نماید، محاسبه ی نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون، فشار چرا (B_{Phyt}/B_{Zp}) است (Moncheva *et al.*, ۲۰۰۲). این محاسبه بر اساس روابط حاکم در شبکه غذایی ارائه گردیده است. این بدان معنا است که زی توده مناسبی از فیتوپلانکتون طی فرایند مصرف و انتقال انرژی قادر است که زی توده مناسبی را از زئوپلانکتون علف خوار ایجاد کند. ادامه این زنجیره به ترتیب ذخایر مناسبی از ماهیان پلانکتون خوار و ماهیان بزرگ تغذیه کننده از ماهیان کوچک فراهم خواهد نمود. این نسبت بطور غیرمستقیم نشان می‌دهد که کدامیک از گروه های پلانکتونی (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) غالب می باشد و رابطه تغذیه ای بین آن ها را مشخص می نماید (Blank *et al.*, ۲۰۱۰). با افزایش سطح تروفیکی این نسبت افزایش می یابد. چنانکه در Dutch Lake نسبت B_{Phyt}/B_{Zp} مقادیر ۰/۶۹ تا ۱/۲۸ را به هنگام وضعیت اولیگو-مزوترفیکی دارا بود در حالی که با افزایش سطح تروفیکی و حاکمیت وضعیت یوتروفیکی نسبت فوق به ۳/۱ تا ۷/۷ افزایش یافت. در Danish Lake نیز با افزایش سطح تروفیکی نسبت B_{Phyt}/B_{Zp} از ۲/۲ به ۱۲/۵ رسید (Jeppesen, ۲۰۰۵). لذا این نسبت نه تنها در مطالعات کوتاه مدت بلکه در مطالعات پایشی و دراز مدت تعیین سطح تروفیکی نیز سودمند می باشد. Moncheva و همکاران در سال ۲۰۰۲ عدد ۱۰ را به عنوان نسبت فوق در اکوسیستم نرمال معرفی نموده اند، اما این نسبت چنانکه در جدول (۱) آمده است، ممکن است در وضعیت تروفیکی معین در مکان‌های مختلف مقادیر متفاوتی را بدست آورد. چنانکه McCauley و Kalff (۱۹۸۱) با مطالعه بر روی ۲۰ دریاچه در کانادا معادله تجربی حاکم بر نسبت زی توده فیتو و زئوپلانکتون را در منطقه مورد مطالعه ارائه دادند.

این مقاله درصدد است که با بررسی زمانی و مکانی نسبت زی توده فیتو و زئوپلانکتون نگاهی بر تغییرات فصلی سطح تروفیکی در اکوسیستم دریای خزر داشته باشد. ضمن آنکه با مقایسه نتایج با سال های ثبات اکوسیستم اولین گام را در راستا ی ارائه طبقه بندی کیفیت و نیز سطح تروفیکی اکوسیستم دریای خزر بردارد.

مواد و روش ها

بررسی پارامترهای زیستی سواحل ایرانی منطقه جنوبی دریای خزر طی چهار فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) در هشت نیم خط عمود بر ساحل (آستارا، انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیر آباد و بندر

ترکمن) در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر در سال ۱۳۸۸ انجام گردید. بر اساس ویژگی های توپوگرافی و سابقه مطالعاتی نیم خط های فوق در سه ناحیه غربی (شامل نیم خط های آستارا، انزلی، سفید رود)، ناحیه مرکزی (شامل نیم خط های تنکابن، نوشهر، بابلسر) و شرقی (شامل نیم خط های امیر آباد و بندر ترکمن) قرار می گیرند. مشخصات ایستگاه ها، موقعیت و اعماق نمونه برداری در شکل (۱) آمده است.



شکل ۱- ایستگاه های نمونه برداری به همراه نیم خط ها در حوزه جنوبی دریای خزر درسال ۱۳۸۸

به منظور بررسی فیتوپلانکتون میزان ۵۰۰ سی سی از نمونه های آب بوسیله دستگاه نسکین در لایه ها و اعماق تعیین شده جمع آوری گردیدند و پس از تثبیت بوسیله فرمالین به آزمایشگاه فرستاده شدند. بررسی فیتوپلانکتون از روش تغلیظ سازی (سیفون و سانتریفوژ) انجام گرفت و سپس نمونه ها به کمک میکروسکوپ نرمال و به روش اسلاید مورد بررسی کیفی و کمی قرار گرفتند و تعیین زی توده آنها بر اساس شکل و ابعاد هندسی صورت پذیرفت (APHA,۲۰۰۵; Kasimov, ۲۰۰۴; Wetzel and Likens,۲۰۰۰). شناسایی گونه ها با کلید های شناسایی معتبر از جمله Proshkina-Lavrenko and Makarova, ۱۹۶۸; Zabelina *et al.*, ۱۹۵۱ صورت گرفت. برای بررسی زئوپلانکتون نمونه برداری بوسیله تور مخروطی زئوپلانکتون ۱۰۰ میکرون با قطر دهانه۳۶ سانتی متر صورت گرفت. در هر یک از ایستگاه ها تور به اعماق۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر فرستاده شد و به صورت کشش عمودی نمونه برداری انجام گرفت. نمونه ها سپس با فرمالین فیکس و به آزمایشگاه فرستاده شدند. شناسایی و شمارش زئوپلانکتون در ظرف شمارش Bogarov و در زیر میکروسکوپ وارونه (Invert) انجام گرفت. زی توده نیز با استفاده از شکل هندسی آن ها محاسبه گردید (Petipa ۱۹۵۷; Kasimov, ۲۰۰۴; APHA,۲۰۰۵; Newell and Newell, ۱۹۷۷;Wetzel and links, ۲۰۰۰;).

شاخص شانون که یکی از متداول ترین شاخص های تنوع گونه ای است بوسیله فرمول زیر محاسبه گردید (Shannon and Weaver, ۱۹۶۳; Krebs ,۱۹۹۹).

$$H=\sum(Pi * \ln Pi)$$

در اینجا H و Pi به ترتیب بیانگر شاخص تنوع گونه ای شانون و نسبت تعدادگونهٔ i ام به تعدادکل گونه ها می باشند.

نتایج

در این مطالعه ۱۹۵ گونه فیتوپلانکتون شناسایی گردید که در ۸ شاخه یBacillariophyta (۸۱ گونه)،Pyrrophyta (۳۳ گونه) ,Cyanophyta (۲۸ گونه) ,Chlorophyta (۳۸ گونه) ,Euglenophyt, (۱۱گونه) ,Xantophyta (۱ گونه),Chrysophyta (۲ گونه) و Haptophyta (۱ گونه) طبقه بندی گردیدند. جمعیت فیتوپلانکتون از ۱۷۹۴-۳ میلیون درمترمکعب و زی توده آن ۵۶۲۸-۱۱ میلی گرم درمترمکعب تغییرات نشان داد (جدول ۱). جایگزینی فصلی شاخه ها به نحوی بود که در بهار شاخه های باسیلاریوفیتا و پیروفیتا به ترتیب با ۴۰ و ۲۹ درصد از مجموع جمعیت فیتوپلانکتون غالب گردیدند. در پاییز مجدداً باسیلاریوفیتا (۵۷ درصد) مرتبه نخست غالب را بدست آورد ولی رتبه دوم را سیانوفیتا (۲۸ درصد) بدست آورد، در حالی که در تابستان سیانوفیتا تحت تاثیر*Oscillatoria sp.* بیش از ۹۰ درصد و در زمستان باسیلاریوفیتا (عمدتا" گونه های *Pseudonitzschia seriata* ، *Dactyliosolen fragilissima* و *Cerataulina pelagica*) با ۹۴ درصد از مجموع جمعیت فیتوپلانکتون غالبیت مطلق را دارا گردیدند. شاخص شانون در بهار و پاییز (۲/۵۰ و ۲/۳۹) از تابستان و زمستان(۰/۹۶ و ۱/۶۹) بالاتر بود.

الگوی ساختاری زئوپلانکتون از ۲۱ گونه ازگروه های کوپه پودا (Copepoda)، روتیفرا (Rotifera)،، کلادوسرا (Cladocera)، پروتوزآ (Protozoa) و۲ گروه مروپلانکتونی سیریپدیا (Cirripedia) و لارولاملی برانچیاتا (Lamellibranchiata larvae) تشکیل گردید. نتایج نشان داد که جمعیت زئوپلانکتون از ۷۴ تا ۷۷۶۶۳ عدد در مترمکعب و زی توده آن از ۱ تا ۹۹۳ میلی گرم در متر مکعب تغییرات داشته است. درصد تراکم و زی توده شاخه های غالب زئوپلانکتون (کوپه پودا (Copepoda)، روتیفرا (Rotifera) وسیریپدیا (Cirripedia) در فصول مختلف متفاوت بود. در فصول بهار ، تابستان و پاییز بیش از ۸۰ درصد تراکم و زی توده زئوپلانکتون مربوط به گروه کوپه پودا بوده است. این روند در زمستان تغییرکرده و روتیفرابه ترتیب با ۶۰ و ۸۰ درصد سهم بیشتری از تراکم و زی توده زئوپلانکتون را دارا گردیدند. میانگین شاخص شانون در فصول بهار و زمستان بالاتر از فصول تابستان و پاییز بوده است. بطوریکه شاخص یکنواختی با مقادیر کم تر از ۰/۱ در فصول تابستان و پاییز و مقادیر ۰/۵-۰/۲ در فصول بهار و زمستان بدست آمد.

جدول۱- جدول توصیفی تغییرات پلانکتونی در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

پارامتر	حداکثر	حداقل	میانه	میانگین	خطای استاندارد (SE)
جمعیت فیتوپلانکتون(میلیون در مترمکعب)	۱۷۹۴	۳/۰۰	۷۲/۰۰	۱۵۵/۰۰	۱۸
زی توده فیتوپلانکتون(میلی گرم درمترمکعب)	۵۶۲۸	۱۱/۰۰	۳۱۶/۰۰	۵۵۷/۰۰	۶۱
جمعیت زئوپلانکتون(تعداد درمترمکعب)	۷۷۶۶۳	۷۴/۰۰	۴۰۵۴/۰۰	۶۶۳۱/۰۰	۷۰۳
زی توده زئوپلانکتون(میلی گرم درمترمکعب)	۹۹۳	۱/۰۰	۳۶/۰۰	۶۰/۰۰	۹
زی توده فیتو پلانکتون به زئوپلانکتون	۲۵۹۶	۰/۱۹	۹/۱۶	۷۲/۷۴	۲۰/۷۲

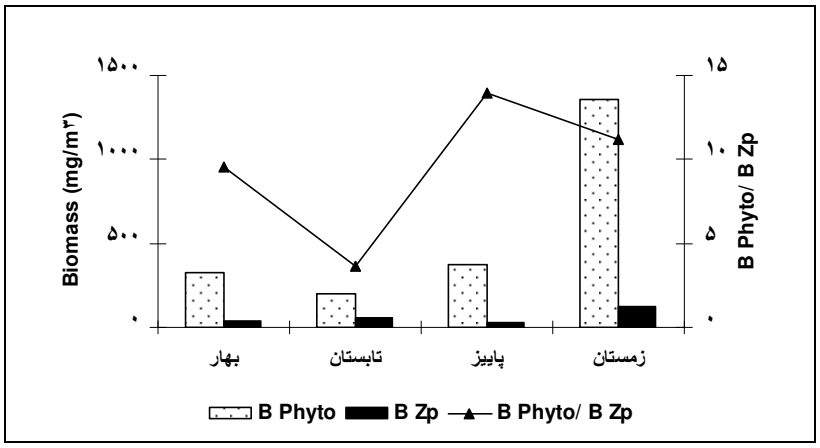
بررسی صدک های نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون (جدول۲) نشان می دهد که در طی سال در ۵۵ درصد کمتر از ۱۰(۳۴ درصد کمتر از ۵ و۲۱ درصد بین ۵ -۱۰) و ۴۵ درصد بیش از ۱۰ بوده است. ۵۱ درصد از نمونه های دارای نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون کمتر از ۵ مربوط به فصل بهار بود. نتایج نسبت های فوق در لایه نوری نشان داد که ۷۰ درصد از نمونه های دارای میزان ۱۰۰-۱۰ و نیز ۱۰۰۰-۱۰۰ مربوط به

فصول پاییز و زمستان بودند. در زمستان حتی دو مورد نسبت با بیش از ۱۰۰۰ نیز ثبت گردید. به طور کلی این نسبت در لایه نوری برای کل دوره مطالعه دارای میانگین ۹/۱ بود.

جدول ۲- درصد تجمعی نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون در صدک های (Percentile) مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر در سال۱۳۸۸

صدک (Percentile)	درصد تجمعی
۱۰	۱/۷
۲۵	۳/۳
۳۵	۵/۱
۵۰	۹/۱
۵۵	۹/۹
۷۵	۲۵/۰
۱۰۰	۲۵۹۶

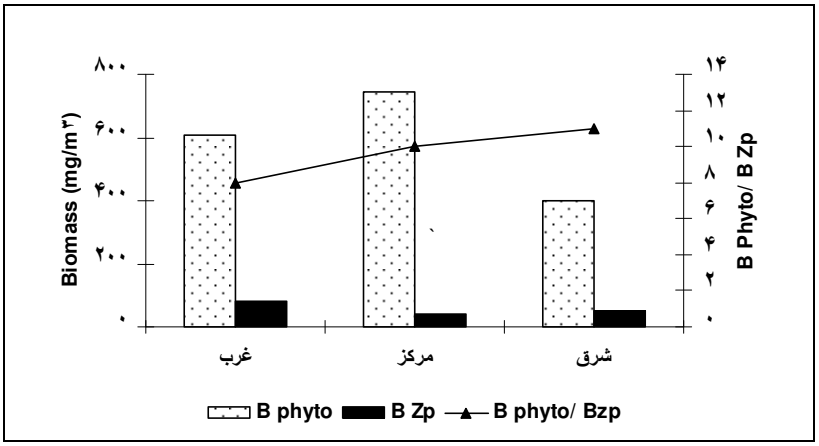
شکل (۲) تغییرات زی توده فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون به همراه نسبت آنها را در فصول مختلف نشان می دهد. همانطوریکه شکل (۲) نشان می دهد زی توده فیتوپلانکتون از بهار (۳۲۶ میلی گرم برمترمکعب) به تابستان (۲۰۲ میلی گرم برمترمکعب) کاهش و سپس تا زمستان (۱۳۵۲ میلی گرم برمترمکعب) به ماکزیمم خود می رسد. ماکزیمم زی توده زئوپلانکتون نیز در فصل زمستان (۱۲۱ میلی گرم برمترمکعب) ثبت گردید. پس از آن بیشترین میزان زی توده در تابستان (۵۵ میلی گرم برمترمکعب) مشاهده گردید. نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون از بهار (۱۰) به تابستان (۴) کاهش داشت و این نسبت در پاییز (۱۴) و زمستان (۱۱) بیش از دو فصل نخست سال بود.



شکل ۲- تغییرات زی توده فیتوپلانکتون (میلی گرم برمترمکعب) و زئوپلانکتون (میلی گرم برمترمکعب) و نسبت آنها در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

شکل (۳) تغییرات زی توده فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون به همراه نسبت آنها را در نواحی مختلف از دریای خزر را نشان می‌دهد. همانطوریکه شکل (۳) نشان می دهد زی توده فیتوپلانکتون در ناحیه شرقی (۳۷۵ میلی گرم برمترمکعب)کم تر از نواحی غربی (۶۰۹ میلی گرم برمترمکعب) و مرکزی (۶۲۵ میلی گرم برمترمکعب) بود.

ماکزیمم زی توده زئوپلانکتون در ناحیه غربی (میلی گرم برمترمکعب ۸۱) و مینیمم در ناحیه شرقی (۳۲ میلی گرم برمترمکعب) مشاهده گردید. اما نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون در ناحیه غربی (۸) کم تر از دو ناحیه دیگر (۱۱) بود.



شکل ۳- تغییرات زی توده فیتوپلانکتون(میلی گرم برمترمکعب) و زئوپلانکتون (میلی گرم برمترمکعب) و نسبت آنها در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

بحث و نتیجه گیری

عملکرد و ساختار تجمعات پلانکتونی تحت فشارهای آنتروپوژنیکی و یوتریفیکاسیون تغییر می نماید. یکی از رویدادهای متاثر از تغییرات فوق، روند افزایشی نسبت زی توده دو حلقه اول زنجیره غذایی است. در بررسی تغییرات مکانی، در سال ۱۳۸۸ اگرچه منطقه غربی دارای میزان کمتری از نسبت فوق بود ولی تفاوت چندانی با منطقه شرقی و مرکزی نداشته است. در طی فصول مختلف اگرچه گروه های مختلف زئوپلانکتون افزایش طبیعی و تدریجی جمعیت را (به دلیل سیکل چرخه زندگی) بروز دادند ولی عموما" افزایش جمعیت فیتوپلانکتون در مقایسه با زئوپلانکتون شدیدتر بود. بطوریکه در سه فصل اول سال نسبت فوق به ترتیب مقادیر ۱۰، ۴ و ۱۴ را بدست آورد. در تابستان با لایه بندی آب و غالب شدن سیانوفیتا این نسبت به حداقل خود در دوره مطالعه رسید. از پاییز به زمستان بدلیل شدیدتر شدن افزایش جمعیت زئوپلانکتون این نسبت با ۱/۳ برابرکاهش به ۱۱ رسید. فراهم شدن شرایط محیطی مناسب برای افزایش جمعیت *Pseudonitzschia seriata* ، *Dactyliosolen fragilissima* و *Cerataulina pelagica* در زمستان سبب گردید که حتی با وقوع افزایش جمعیت زئوپلانکتون، توازن بین زی توده حلقه اول و دوم بیش از این بهبود نیافت. افزایش زیاد زی توده فیتوپلانکتون نسبت به زئوپلانکتون بیانگر کاهش فشار چرا و کم بودن میزان تبدیل زی توده فیتوپلانکتون است (McCauley and Kalff,۱۹۸۱). در دریای سیاه در ایستگاه های دارای کیفیت آب متوسط، نسبت فوق از ۲۸-۹ متغیر بود. اما در ایستگاه های در معرض آلودگی های شیمیایی، فاضلاب های کشاورزی و صنعتی با کیفیت آب بد- بسیاربد بین ۳۳ تا ۱۱۰۰، قرار داشت (Moncheva *et al.*, ۲۰۰۲). در این مطالعه نیز فراوانی دفعاتی که نسبت زی توده فیتوپلانکتون نسبت به زئوپلانکتون به بیش از ۳۰ رسیده بود در فصل زمستان بیشتر از سایر فصول بود. به این ترتیب به نظر می رسد که از این دیدگاه وضعیت کیفی آب در زمستان چندان مناسب نبوده است. باید در نظر داشته باشیم که کمتر بودن نسبت زی توده دو گروه پلانکتونی در فصل تابستان بدلیل جایگزین شدن گروه های فیتوپلانکتونی با زی توده کم یعنی سیانوفیتا صورت پذیرفته است. نظیر چنین وضعیت در دریاچه Peipsi (Estonian-Russian border) نیز بدلیل افزایش شدید جمعیت سیانوفیتا رخ داد (Tanner *et al.*, ۲۰۰۵). در استفاده از این شاخص نظیر دیگر

شاخص ها باید به سایر شرایط از جمله ترکیب گونه ای و سطح تروفیکی اکوسیستم توجه نمود. نکته دیگر آنکه در سیستم اولیگو تروف (Nasrolahzadeh *et al.*, ۲۰۰۸) و بدون اغتشاش دریای خزر در سال های ۱۳۷۴ و ۱۳۷۵ هیچ گاه نسبت (B_{Phyt}:B_{Zp}) به بیش از ۵ نرسید. به طور کلی مقایسه اطلاعات اکوسیستم در هر زمان (بخصوص بعد از تحمیل عامل مزاحم) با اطلاعات زمان ثبات اکوسیستم (پیش از تحمیل عامل مزاحم) برآورد جامع و اختصاصی را در رابطه با همان اکوسیستم ارائه خواهد داد. چنانکه در مطالعات انجام شده توسط Andronikova (۱۹۹۹)، Gulati (۱۹۸۳)، Laugaste and Pork (۱۹۸۰) نسبت B_{Phyt}/B_{Zp} از ۰/۲ تا ۰/۵ (اولیگوتروف) به ۳/۴ تا ۱۰۰ (یوتروف-هیپرتروف) افزایش یافت.

مقایسه نسبت فوق بین سال های پیش از معرفی شانه دار به دریای خزر و مطالعه حاضر بیانگر افزایش آن در کلیه اعماق (۵ تا ۱۰۰ متر) بوده است (جدول۳). این نسبت در کل ستون آبی در سال های ۱۳۷۴ ، ۱۳۷۵ و۱۳۸۸ به ترتیب دارای مقادیر ۳/۶، ۱/۷و ۱۱/۸ بود. افزایش شدید فیتوپلانکتون همراه با کاهش زی توده زئوپلانکتون در سال ۱۳۸۸ (بدلیل شکارگری شدید شانه دار مهاجم به دریای خزر برروی زئوپلانکتون (Roohi *et al.*, ۲۰۰۸)) نسبت به سال های پیش از هجوم شانه دار سبب گردید که میانگین زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون از "کمتر از۵" به "بیشتر از ۱۰ " برسد. به این ترتیب نگاهی دیگر به اثرات ورود *M.leidyi* به دریای خزر مشخص می کند که ورود این گونه با کاهش کمی (جمعیت) و کیفی (تعداد گونه ها) زئوپلانکتون و نهایتا" کاهش توازن بین دو حلقه اول زنجیره غذایی همراه بوده است. ضمن آنکه در این سه سال شاخص تنوع گونه ای شانون به ترتیب برای فیتوپلانکتون ۲/۱۰، ۱/۷۵و ۲/۴۰ و زئوپلانکتون ۱/۱،۷۰/۳۵ و ۱/۱۰ بود.

جدول ۳- نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

اعماق(متر)	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
قبل از هجوم *M.leidyi* (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹)	۱/۹۳	۳/۴۰	۴/۴۰	۲/۵۱	۳/۰۰
سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر)	۵/۰	۱۰/۹	۱۰/۶	۱۹/۰	۲۱/۹

توازن بین موجودات معمولا" با افزایش گروه های شرکت کننده در ترکیب ساختاری که با افزایش انرژی نیز همراه باشد، افزایش می یابد. در حالی که در سال ۱۳۸۸ نسبت به مطالعه قبلی ساده تر شدن ساختار زئوپلانکتون یعنی کاهش گونه (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹) و شاخص شانون صورت گرفته است. این نوع تغییرات در نسبت زی توده فیتو به زئوپلانکتون و نیز شاخص تنوع گونه ای از سال های پیش از معرفی شانه دار به سال مورد مطالعه (۱۳۸۸) می تواند فرضیه عدم ثبات و وجود اغتشاش در دریای خزر را شدت بخشد. چنانکه درVarna Lake نیز با اعمال فشار بر اکوسیستم پس از تهاجم *Mnemiopsis leidyi*، کاهش تنوع گونه ای و جمعیتی شدید در تجمعات زئوپلانکتون، افزایش تعداد گونه و جمعیت در فیتوپلانکتون و افزایش نسبت زی توده فیتو به زئوپلانکتون رخ داد. به عبارت دیگر در این شرایط کارایی فرایند مصرف و انتقال انرژی از تولیدات فیتوپلانکتونی کاهش یافته که نهایتا" سبب افزایش مواد آلی و آهسته تر شدن جریان تجزیه و چرخه مواد می گردد (Stoyanova and Stefanova, ۲۰۰۱).

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر مطلبی ریاست محترم موسسه تحقیقات شیلات ایران و معاونین محترم ایشان و ریاست محترم بخش اکولوژی که حمایت مالی این پروژه را بعهده داشتند کمال تشکر را داریم. از مشاورین و همکاران محترم پروژه در بخش

تحقیقاتی که پشتیبانی علمی خوب و شایسته ای را داشتند سپاسگزاری می شود. همچنین از پرسنل پشتیبانی و همکارانی که در کشتی گیلان زحمت کشیده اند، تشکر و قدرانی می گردد.

منابع

روحی، ا.، نادری، م.، حسن زاده کیابی ، ب.، واحدی ، ف. ، قاسمی ،ش.، افرائی ، م.ع.، باقری ، س.، رستمیان، م.ت.، مخلوق، آ. و Mianzam H . ۱۳۸۱. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی فراوانی و پراکنش شانه‌دار *Mnemiopsis leidyi* در حوزه جنوب شرقی دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران. سارس.

فضلی، ح.، فارابی، م.و.، دریانبرد، غ.ر.، گنجیان، ع.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، روشن‌طبری، م. و روحی، ا. ۱۳۸۹. پروژه تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ساری.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، پورغلام، ر. و رحمتی، ر. ۱۳۹۰. معرفی گونه های سمی و مضر جدید فیتوپلانکتون در آب های سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر، مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، ۵(۲):۹۱-۷۷.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، فارابی، س. م. و.، روشن طبری، م.، اسلامی، ف.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.، کیهان‌ثانی، ع.ر.، دوستدار، م.، خداپرست، ن.، گنجیان، ع‌و. مکرمی، ع. ۱۳۹۱. پروژه بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر۱۳۸۸. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری.

Andronikova, I. N. ۱۹۹۶. Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems of different trophic status. Nauka Publisher, St. Petersburg (in Russian).

APHA (American Public Health Association). ۲۰۰۵. Standard method for examination of water and wastewater. ۱۸thedition. American public health association publisher. Washington. USA.

Blank, K., Laugaste, R. & Haberman, J. ۲۰۱۰. Temporal and spatial variation in the zooplankton: phytoplankton biomass ratio in a large shallow lake/Zoo-Ja Futoplanktoni Suhte Ajaline Ning Ruumiline Muutlikkus Suures Madalas Jarves, Estonian Journal of Ecology, ۵۹: ۹۹-۱۱۵.

Gulati, R. D. ۱۹۸۳. Zooplankton and its grazing as indicators of trophic status in Dutch lakes. Environmental Monitoring and Assessment, ۳:۳۴۳-۳۵۴.

Jeppesen, E.; Sendergaard, M. & Jensen, J. P. ۲۰۰۵. Lake responses to reduced nutrient loading an analysis of contemporary long-term data from ۳۵ case studies. Freshwater Biology, ۵۰:۱۷۴۷-۱۷۷۱.

Kasimov, A. ۲۰۰۴. Ecology of the Caspian Sea plankton. Exxon Azerbaijan Operating Company. Publisher Adiloglu printing House. Baku, Azerbaijan.

Krebs, C.J.۱۹۹۹. Ecological Methodology. Second Edition. Addison Wesley Longman. England.

Laugaste, R. & Pork, M. ۱۹۸۰. Changes of species composition of phytoplankton and primary production. In Anthropogenic Impact on Small Lakes (Koplan-Diks, I. S. & Stravinskaya, E. A., eds), Nauka Publisher, Leningrad (in Russian).

McCauley, E. & J. Kalff. ۱۹۸۱. Empirical relationships between phytoplankton and zooplankton biomass in lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, ۳۸: ۴۵۸–۴۶۳.

Moncheva, S., Dontcheva, V., Shtereva, G., Kamburska, L., Malej, . A. & Gorinstein, S. ۲۰۰۲. Application of eutrophication indices for assessment of the Bulgarian Black Sea coastal ecosystem ecological quality. Water Science and Technology, ۴۶(۸):۱۹–۲۸.

Nasrollahzadeh, H. S., Din, Z. B., Foong, S. Y. & Makhlough, A. ۲۰۰۸. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Continental Shelf Research, ۲۸:۱۱۵۳– ۱۱۶۵.

Nasrollahzadeh, H.S. ۲۰۰۸. Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea. Doctroal dissertaion, University Science Malaysia.

Nasrollahzadeh, H.S., Makhlough, A., Pourgholam, R., Vahedi, F., Qanqermeh, A. & Foong, S.Y. ۲۰۱۱. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the Southern Caspian Sea, Applied Ecology and Environmental Research, ۹(۲): ۱۴۱-۱۵۵.

Newell, G.E. & Newell, R.C. ۱۹۷۷. Marine plankton: a practical guide. Hutchinson. London, UK.

Petipa, T.S. ۱۹۵۷**.** On average weight of the main zooplankton forms in the Black Sea. Proc. Sevastopol. Biological Station**, ۹:۳۹–۵۷**.

Proshkina-Lavrenko, A.I. & Makarova, I.V.۱۹۶۸. Plankton Algae of the Caspian Sea. Leningrad, Nauka Publisher: L. Science. Russia.

Roohi, A., Zulfigar, Y., Kideys, A., Aileen, T., Eker-Develi, E. & Ganjian, A. ۲۰۰۸. Impact of a new invasive ctenophore (*Mnemiopsis leidyi*) on the zooplankton community of the southern Caspian Sea. Marine Ecology. An Evolutionary Perspective, ۲۹: ۴۲۱–۴۳۴.

Sigee, D. C.۲۰۰۴. Freshwater microbiology: biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the freshwater environment. John Wiley & Sons Inc. UK.

Shannon, C.E. & Weaver, W. ۱۹۶۳. The mathematical theory of communication. . University of Illinois Press. Urbana.

Sournia, A. ۱۹۷۸. Phytoplankton Manual .UNESCO. B. Biblio. Publisher. Paris.

Stoyanova, A. & Stefanova, K. ۲۰۰۱. Dynamics in phytoplankton-zooplankton relationship under conditions of increased eutrophication ,Institute of Oceanology, Academy Bulgare of Sciences,۷۹-۸۱, Bulgaria.

Tanner, R., Kangur, K., Spoof, L. & Meriluoto, J. ۲۰۰۵. Hepatotoxic cyanobacterial peptides in Estonian freshwater bodies and inshore marine water. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Biology, Ecology, ۵۴: ۴۰-۵۲.

Wetzel, R.G. & Likens, G.E. ۲۰۰۰. Limnlogical Analyses. Springer-Verlag. New York.Zabelina, M.M., Kisselev, I.A., Proshkina-Lavrenko, A.I. & Sheshukova, V.S. ۱۹۵۱. Diatoms. In: Inventory of freshwater algae of the USSR. Sov. Nauka Publisher, Moscow, Russia