بررسی روابط تغذیه‌ای زئوپلانکتون– فیتوپلانکتون در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر با به‌کارگیری آزمون‌های آماری چند متغیره

حسن نصراله‌زاده ساروی[1*]، آسیه مخلوق[2]، مژگان روشن طبری[3]، فرشته اسلامی[4]

۱- استادیار و عضو هئیت علمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: hnsaravi@yahoo.com

۲- فوق لیسانس و کارشناس ارشد آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: asieh_makhlough@yahoo.com

۳- فوق لیسانس و کارشناس ارشد آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: rowshantabari@yahoo.com

۴- فوق لیسانس و عضو هئیت علمی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: fr_eslami1689@yahoo.com

** نویسنده مسوول*

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۹ *تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۳*

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۲، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی روابط تغذیه‌ای بین فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون از طریق آزمون‌های چند متغیره در حوضه‌ی جنوبی در دریای خزر در سال ۱۳۸۸ است. بررسی فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون به‌ترتیب بر روی ۳۸۴ و ۱۶۰ نمونه آب جمع‌آوری شده انجام گردید. نمونه‌برداری به‌صورت فصلی در ۸ نیم خط در اعماق ۵ تا ۱۰۰ متری صورت گرفت. نتایج براساس آزمون‌های آماری چند متغیره (آزمون‌های مولفه عاملی، تناظر تفکیک‌کننده، رگرسیون گام به گام) نشان داد که افزایش تراکم گونه‌های رشته‌ای سیانوفیتا (*Oscillatoria* sp.) و گونه‌های دارای اندازه‌ی بزرگ یا زنجیره‌ی بلند از باسیلاریوفیتا مانند *Dactyliosolen fragilissima* و *Pseudosolenia calcar-avis* نقش مهمی در تغذیه‌ی زئوپلانکتون بخصوص در فصول تابستان و زمستان داشته‌اند. تغذیه‌ی گونه‌های غالب زئوپلانکتون از گونه‌های با اندازه کوچک‌تر مانند *Cyclotella meneghiniana*، *Exuviaella cordata* و یا دارای رشته‌های نسبتاً کوتاه (*Binuclearia lauterbornii*) نیز گاهی مشاهده گردید. لذا رفتارهای تغذیه‌ای گروه‌های زئوپلانکتون در فصول مختلف یکسان نبود و به‌شدت به ترکیب گونه‌ای و تراکم گونه‌های غالب فیتوپلانکتون بستگی داشت. به‌طورکلی به‌نظر می‌رسد که کم بودن تنوع گونه‌ای و تراکم در زئوپلانکتون همراه با بالا بودن تنوع گونه‌ای و تراکم در فیتوپلانکتون نقش مهمی در کم شدن و محدود نمودن روابط تغذیه‌ای بین دو گروه پلانکتونی (زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون) و در نتیجه کاهش کنترل بالا– پایین از سوی زئوپلانکتون بر کاهش تراکم فیتوپلانکتون از طریق چرا شده است.

کلمات کلیدی: *زئوپلانکتون، فیتوپلانکتون، تغذیه، دریای خزر.*

۱. مقدمه

تحقیقات زیادی به‌خصوص در شرایط آزمایشگاهی بر روی تغذیه زئوپلانکتون از جنبه‌های مختلف صورت گرفته است. برخی از یافته‌های این مطالعات شامل میزان درصد پروتئین و چربی گونه‌های فیتوپلانکتونی مصرف شده توسط زئوپلانکتون (Brown, 1991)، تعیین کیفیت، شکل و اندازه گونه‌های فیتوپلانکتونی مورد تغذیه‌ی گروه‌های مختلف زئوپلانکتون در مراحل مختلف از چرخه‌ی زندگی زئوپلانکتون (Sommer et al., 2003; Gliwicz, 1980) بوده است. مطالعه بر روی تغذیه‌ی ۵ گونه از زئوپلانکتون (*Acartia tonsa*, *Limno calanus grimaldii*, *Calanipeda aquaedulcis*, *Eurytemora grimmi*, *Eurytemora minor*) در بخش غربی خزر جنوبی نزدیک به Sangachal (۲۰۰۱–۲۰۰۰) بیانگر وجود گونه‌های فیتوپلانکتون از شاخه‌های مختلف در سفره غذایی زئوپلانکتون بود. این تحقیق نشان داد که گونه‌های فیتوپلانکتونی *Merismopedia glauca*، *Microcystis aeruginosa*، *Gloeocapsa limnetica*، *Aphanizomenon flos-aquae*، *Thalassiosira coronifera*، *Sceletonema costatum*، *Pseudosolenia calcar-avis*، *Chaetoceros wighmii*، *Exuviaella cordata*، *Glenodinium capsicum*، *Goniaulax digitale*، *Goniaulax polyedra* و *Binuclearia lauterborni* توسط *Acartia tonsa* مصرف شدند و گونه‌های *Aphnizomenon flos-aquae*, *Exuviaella cordata*, *Glenodinium behningi*, *Goniaulax digitale* و *Binuclearia lauterborni* بیشترین اهمیت را در تغذیه زئوپلانکتون دارا بودند (Kasymov, 2004).

در حوضه‌ی ایرانی دریای خزر، عمده مقالات نگارش‌یافته و تحقیقات انجام شده در دریای خزر بر اساس تحلیل و شواهد آزمایشگاهی، بوم‌شناختی و بررسی جداگانه تغییرات خطی نمودارهای تراکم و زی‌توده از زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون روابط کمی و کیفی تغذیه‌ای آن‌ها توضیح داده شده است (باقری و سبک آرا، ۱۳۸۲؛ سبک آرا و مکارمی ۱۳۸۳؛ فضلی و همکاران، ۱۳۸۹). فارابی و همکاران (۱۳۹۰) آزمون چند متغیره آزمون مولفه‌های اصلی (PCA) را بر روی جمعیت و زی‌توده کل دو گروه پلانکتونی (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) به‌کار بردند. آن‌ها *Mnemiopsis leidyi* را عامل بسیار اثرگذار بر تغییرات فراوانی و زی‌توده زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون معرفی نمودند. در واقع درسال ۲۰۰۰ به‌دنبال گسترش *M. leidyi* در کل دریای خزر زی‌توده گروه‌های مختلف زئوپلانکتون از ۲۰–۵ برابر کاهش یافت. این کاهش گروه کلادوسرا را قبل از سایر گروه‌ها تحت تاثیر قرار داد، چنان‌که در سال ۲۰۰۱ تعداد آن نزدیک به صفر گردید و فقط *Podon polyphemoides* به تعداد کم گزارش گردید. این تغییر با افزایش زی‌توده بعضی از گروه‌های فیتوپلانکتون (به‌دلیل کاهش مصرف توسط زئوپلانکتون)، معرفی گونه‌های جدید پلانکتونی، برهم خوردن موازنه‌ی بوم‌شناختی در تجمعات پلانکتونی و کاهش شدید ماهیان زئوپلانکتون خوار و ماهیان غضروفی همراه بوده است (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹؛ مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰؛ روشن طبری و همکاران، ۱۳۹۱؛ Karpinsky et al., 2005؛ Roohi et al., 2010). حال با در نظر گرفتن همه وقایع زیست‌شناختی روی داده‌ها در دریای خزر، اهداف این مطالعه عبارت است از ۱) تعیین روابط تغذیه‌ای بین تجمعات پلانکتونی (اعم از فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی) از طریق آزمون‌های چند متغیره، ۲) اثرات ترکیب ساختاری(گونه‌ای) زئوپلانکتون به‌عنوان مصرف کننده (کنترل بالا– پایین)[1] بر تراکم فیتوپلانکتون، ۳) اثرات ترکیب ساختاری (گونه‌ای) فیتوپلانکتون به‌عنوان مواد مغذی (کنترل پایین– بالا)[2] بر روی تراکم زئوپلانکتون.

۲. مواد و روش‌ها

بررسی پارامترهای زیستی سواحل ایرانی منطقه‌ی جنوبی دریای خزر طی چهار فصل، در هشت نیم‌خط عمود بر ساحل (آستارا، انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیر آباد و بندر ترکمن) در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر و در لایه های ۲۰– متر در سال ۱۳۸۸ انجام شد. به این ترتیب برای بررسی زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون‌ها به‌ترتیب تعداد ۱۶۰ و ۳۸۴ نمونه آب طی یک سال مطالعه جمع‌آوری گردید. موقعیت نیم‌خط‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ آمده است.

نمونه‌برداری زئوپلانکتون با تور مخروطی با چشمه ۱۰۰ میکرون و با دهانه ۳۶ سانتی‌متر به‌صورت کشش عمودی انجام شد (Newell and Newell, 1977; Wetzel and Likens,

[1] Top-down
[2] Down-top

2000). نمونه‌ها پس از انتقال به ظروف شیشه‌ای با فرمالین بافری ۴ درصد تثبیت شدند. شناسایی و شمارش نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ وارونه[1] و در ظرف شمارش Bogorov انجام گرفت (Newell and Newell, 1977; Wetzel and Likens, 2000; APHA, 2005). نمونه‌برداری فیتوپلانکتون به کمک بطری نمونه‌بردار نیسکین انجام شد. نمونه‌ها پس از انتقال به ظروف شیشه‌ای با فرمالین بافری تا حجم نهایی ۲/۵ درصد تثبیت گردیدند (APHA, 2005). بررسی کیفی و کمی نمونه‌ها بر روی اسلاید در زیر میکروسکوپ معمولی پس از مرحله تغلیظ‌سازی (سیفون و سانتریفوژ) صورت گرفت (Sournia, 1978; Wetzel and Likens, 2000; Kasimov, 2004; APHA, 2005).

شکل ۱: موقعیت نیم‌خط‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

اطلاعات اولیه تراکم و ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون استفاده شده در این مقاله از پروژه‌های مخلوق و همکاران (۱۳۹۱) و روشن طبری و همکاران (۱۳۹۱) اقتباس شد. در این مطالعه کلیه بررسی‌ها و آزمون‌های آماری تنها بر روی گونه‌های غالب انجام شد. تعیین گونه‌های غالب با محاسبه ISI (Important Species Index) طبق فرمول زیر صورت گرفت (Rushforth and Brock, 1991):

$$ISI=(f_i)\times(D_i)$$

(f_i = درصد فراوانی گونه i و D_i = تراکم نسبی گونه i)

[1] Invert

۲-۱. تجزیه و تحلیل آماری

تراکم گروه‌ها و گونه‌های پلانکتونی بر اساس یکی از فرایندهای ریشه دوم، چهارم و رتبه‌بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q و شاپیرو- ویلک نرمال بودن آن تایید گردید (Siapatis et al., 2008). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های پارامتری بر روی داده‌های نرمال شده استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها در برنامه‌های آماری SPSS (نسخه ۱۱/۵) انجام شد. برای طبقه‌بندی داده‌های بوم‌شناختی از آزمون مولفه اصلی[2] که روش ریاضی برای تقلیل داده‌ها است استفاده شد (Simeonov et al., 2001; Stevenson et al., 2003; Raftery, 1993; Hair et al., 1998). پس از تعیین عامل‌های اصلی در آزمون PCA و استفاده از آن مولفه‌ها در رگرسیون گام به گام SMRA[3] به روابط بین تراکم زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون پرداخته شد. در این روش، متغیرهای مستقل به‌ترتیب اهمیت وارد معادله می‌شوند و هر بار بعد از ورود یک متغیر، متغیرهایی که تاکنون وارد شده اند مجدداً مورد بررسی قرار می‌گیرند (غیاثوند، ۱۳۸۷). البته در فصل تابستان حضور گونه‌ای و تراکم زئوپلانکتون برای انجام رگرسیون گام به گام کافی نبود، لذا به انجام آزمون تناظر متعارف کننده[4] بسنده گردید.

۳. نتایج

جدول توصیفی تراکم فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون طی یک سال مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که طی یک سال بررسی، تراکم فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها به‌ترتیب از ۱۷۹۴-۳ میلیون در مترمکعب و ۷۷۶۶۳-۷۴ عدد در مترمکعب متغیر بوده است.

در این مطالعه ۱۹۵ گونه فیتوپلانکتون شناسایی گردید که در ۸ شاخه Bacillariophyta (۸۱ گونه)، Pyrrophyta (۳۳ گونه)، Cyanophyta (۲۸ گونه)، Chlorophyta (۳۸ گونه)، Euglenophyta (۱۱ گونه)، Xantophyta (۱ گونه)، Chrysophyta (۲ گونه) و Haptophyta (۱ گونه) طبقه‌بندی گردیدند. الگوی ساختاری زئوپلانکتون نیز از ۲۱ گونه از

[2] PCA=Principal Component Analysis
[3] Stepwise Multiple Regression Analysis
[4] CCA= Canonical Correspondence Analysis

گروه‌های کوپه پودا (Copepoda)، روتیفرا (Rotifera)، کلادوسرا (Cladocera)، پروتوزآ (Protozoa) و ۲ گروه مروپلانکتونی تشکیل گردید. جدول ۲، گونه‌های غالب زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون را که مطالعه حاضر بر مبنای آن‌ها صورت گرفته است، نشان می‌دهد. توزیع گونه‌های غالب در بین شاخه‌ها به‌نحوی بود که ۱۰، ۵، ۲ و ۱ گونه به‌ترتیب در شاخه‌های Bacillariophyta، Pyrrophyta، Cyanophyta و Chlorophyta جای داشتند. در تجمع زئوپلانکتون نیز ۱، ۲ و ۱ گونه به‌ترتیب در گروه‌های Copepoda، Rotifera، Cladocera قرار گرفتند. *Balanus* sp. و لارو دوکفه‌ای (*Lamelli branchiata* larvae) نیز در مروپلانکتون تقسیم‌بندی گردیدند. گونه‌های غالب فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون در هریک از فصول بهار، پاییز و زمستان به‌ترتیب در جداول ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ آورده شده است. نمودار ۱ نیز گونه‌های غالب پلانکتونی را در فصل تابستان نشان می‌دهد.

جدول ۱: جدول توصیفی تراکم فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

پارامتر	حداکثر	حداقل	میانه	میانگین	خطای استاندارد (±SE)
تراکم فیتوپلانکتون (میلیون در مترمکعب)	۱۷۹۴	۳	۷۲	۱۵۵	۱۸
تراکم زئوپلانکتون (تعداد درمترمکعب)	۷۷۶۶۳	۷۴	۴۰۵۴	۶۶۳۱	۷۰۳

جدول ۲: گونه‌های غالب فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

فیتوپلانکتون	
شاخه	گونه
Bacillariophyta	*Cerataulina pelagica* *Chaetoceros convolutus* *Chaetoceros peruvianus* *Cyclotella meneghiniana* *Dactyliosolen fragilissima* *Navicula* sp. *Nitzschia acicularis* *Pseudonitzschia seriata* *Pseudosolenia calcar-avis* *Thalassionema nitzschioides*
Pyrrophyta	*Exuviaella cordata* *Goniaulax polyedra* *Peridinium achromaticum* *Prorocentrum proximum* *Prorocentrum scutellum*
Cyanophyta	*Oscillatoria* sp.
Chlorophyta	*Lyngbya* sp. *Binuclearia lauterbornii*
زئوپلانکتون	
گروه	**گونه**
Copepoda	*Acartia tonsa*
Rotifera	*Asplanchna* sp. *Syncheata* sp.
Cladocera	*Podon polyphemoides*
Meroplankton (Crustacea)	*Balanus* sp.
Meroplankton (Mollusca)	*Lamelli branchiata* larvae

بر اساس آنالیز PCA در فصل بهار برروی گونه‌های فیتوپلانکتون، تغییرات شاخص KMO برابر ۰/۶۳ بوده است. ضمن آنکه آزمون Barttlet نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بر اساس منحنی سنگریزه‌ای[1] و مقدار ویژه[2] بالای یک، ۶۸/۱ درصد ازکل واریانس توسط سه مولفه (PC) بیان گردید (جدول ۳).

در فصل بهار گونه‌های موجود در اولین مولفه (PC1) دارای بار عاملی مثبت گردیدند. این گروه که موثرترین گونه‌ها را در تجمع فیتوپلانکتونی در برگرفت، شامل *Navicula* sp.، *Cyclotella meneghiniana*، *Nitzschia acicularis*، *Goniaulax polyedra* و *Oscillatoria* sp. بوده است. این گروه ارتباط معنی‌داری با گروه‌های غالب زئوپلانکتون در این فصل نشان نداد. در حالی که بین PC2 و PC3 با *Acartia tonsa* ارتباط معکوس و معنی‌داری مشاهده شد. در میان گروه‌های زئوپلانکتون، لارو دوکفه‌ای‌ها نیز با PC2 و PC3 رابطه‌ی معنی‌دار ولی مستقیمی را نشان داد. بر این اساس افزایش *Acartia tonsa* و لارو دوکفه‌ای‌ها به‌ترتیب با کاهش و افزایش گونه‌های *Pseudosolenia calcar-avis*، *Exuviaella cordata*، *Prorocentrum scutellum*، *Prorocentrum proximum* و *Peridinium achromaticum* همراه بود. همچنین افزایش تراکم لارو دوکفه‌ای‌ها با کاهش *Thalassionema nitzschioides* نیز مشاهده شد (جدول ۴).

در فصل تابستان بر اساس آزمون CCA، افزایش *Acartia tonsa* و *Balanus* larvae با کاهش *Exuviaella cordata* و *Thalassionema nitzschioides* همراه بود. *Podon polyphemoides* نیز به میزان کمی اثر کاهشی بر *Cyclotella meneghiniana* نشان داد (نمودار ۱).

در فصل پاییز تغییرات شاخص KMO (در آزمونPCA)، بر روی گونه‌های فیتوپلانکتون برابر ۰/۶۵ به‌دست آمد. همچنین آزمون Barttlet نیز معنی‌دار بوده است. آزمون گونه‌های فیتوپلانکتون بر اساس منحنی سنگریزه‌ای و مقدار ویژه بالای یک به چهار مولفه (PC) با ۷۰/۴ درصد ازکل واریانس کاهش یافته است. (جدول ۵).

آزمون رگراسیون نشان داد که تنها *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* با گروه‌های فوق ارتباط معناداری را نشان دادند، به‌طوری که افزایش *Acartia tonsa* و *Balanus* larvae با کاهش

[1] Scree plot
[2] Eigenvalue

Chaetoceros peruvianus، *Pseudonitzschia seriata*، *Nitzschia acicularis*، *Oscillatoria* sp.، *Binuclearia lauterbornii* و افزایش *Cyclotella meneghiniana* و *Prorocentrum proximum* همراه بود. ضمن آنکه با افزایش *Acartia tonsa* افزایش *Exuviaella cordata* و *Goniaulax polyedra* نیز نشان داده شد (جدول ۶).

جدول ۳: بارهای عاملی گونه‌های فیتوپلانکتونی حوضه‌ی جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه‌ها در آنالیز چند متغیره PCA در فصل بهار در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	مولفه‌ها	PC1	PC2	PC3
	واریانس (٪)	٪۲۸/۱	٪۲۰/۶	٪۱۹/۴
	Pseudosolenia calcar-avis		۰/۷۵	
	Thalassionema nitzschioides			-۰/۷۹
	Navicula sp.	۰/۷۸		
	Cyclotella meneghiniana	۰/۷۷		
	Nitzschia acicularis	۰/۷۸		
	Exuviaella cordata		۰/۸۰	
	Peridinium achromaticum		۰/۵۲	
	Prorocentrum proximum			۰/۷۷
	Prorocentrum scutellum		۰/۷۹	
	Goniaulax polyedra	۰/۴۹		
	Oscillatoria sp.	۰/۷۴		

Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

جدول ۴: نتایج رگراسیون چندگانه گام به گام برای اثرات گروه‌های زئوپلانکتونی فصل بهار بر سه مولفه PC1، PC2 و PC3. ضرایب رگراسیون غیر استاندارد برای متغیرهای مستقل در مدل نهایی در نظر گرفته شد، تمام متغیرهای وابسته در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بوده است.

گونه‌ها	عرض از مبدا	PC1	PC2	PC3	R2
Acartia tonsa	۰/۰۰	–	-۰/۵۰	-۰/۳۵	۰/۳۷
Podon polyphemoides	–	–	–	–	–
Balanus larvae	–	–	–	–	–
Lamelli branchiata larvae	۰/۰۴۴	–	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۲۴

جدول ۵: بارهای عاملی گونه‌های فیتوپلانکتونی حوضه‌ی در ماتریکس مولفه‌ها در آنالیز چند متغیره PCA در فصل پاییز در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

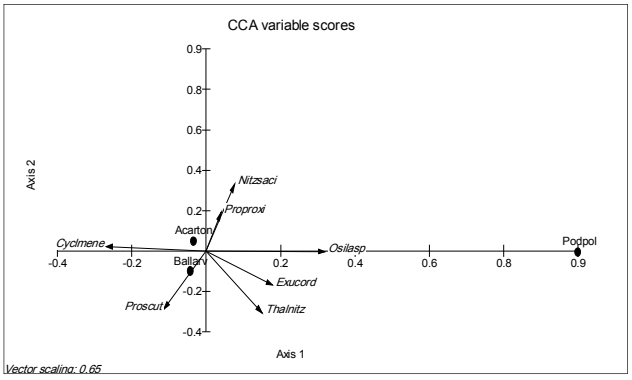
متغیرها	مولفه‌ها	PC1	PC2	PC3	PC4
	واریانس (٪)	٪۲۴/۰	٪۱۷/۴	٪۱۴/۷	٪۱۴/۳
	Pseudonitzschia seriata	۰/۷۷			
	Thalassionema nitzschioides		۰/۴۸		
	Cyclotella meneghiniana			۰/۷۷	
	Chaetoceros peruvianus	۰/۷۰			
	Chaetoceros convolutus		۰/۷۲		
	Nitzschia acicularis	۰/۸۰			
	Exuviaella cordata				۰/۷۳
	Prorocentrum proximum			۰/۸۳	
	Goniaulax polyedra				۰/۶۹
	Oscillatoria sp.	۰/۷۱			
	Binuclearia lauterbornii	۰/۷۰			

Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

جدول ۶: نتایج رگرسیون چندگانه گام به گام برای اثرات گروه‌های زئوپلانکتونی فصل پاییز بر چهار مولفه PC1، PC2، PC3 و PC4. ضرایب رگرسیون غیر استاندارد برای متغیرهای مستقل در مدل نهایی در نظر گرفته شد، تمام متغیرهای وابسته در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بوده است.

گونه‌ها	عرض از مبدا	PC1	PC2	PC3	PC4	R2
Acartia tonsa	۰/۰۰	-۰/۳۵	–	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۴
Balanus sp.	۰/۰۰۵	-۰/۳۱	–	۰/۴۰	–	۰/۲۷

در بررسی فصل زمستان گونه‌های فیتوپلانکتون در آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰/۶۸ بوده است و آزمون Barttlet نیز دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. بر اساس منحنی سنگریزه‌ای و مقدار ویژه بالای یک، چهار مولفه (PC) با ۷۳/۴ درصد ازکل واریانس به‌دست آمد (جدول ۷).



نمودار ۱: آنالیز CCA با دومحور ۱ و ۲ برای گونه‌های مختلف فیتوپلانکتون در ارتباط با گونه‌های زئوپلانکتون در تابستان در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

Nitzsaci= *Nitzschia acicularis*, Thalnitz= *Thalassionema nitzschioides*, Cyclmene= *Cyclotella meneghiniana*, Proproxi= *Prorocentrum proximum*, Proscut= *Prorocentrum scutellum*, Exucord= *Exuviaella cordata*, Osilasp= *Oscillatoria* sp., Podpol= *Podon polyphemoides*, Acarton = *Acartia tonsa*, Ballarv= *Balanus* larvae.

جدول ۷: بارهای عاملی گونه‌های فیتوپلانکتونی در ماتریکس مولفه‌ها در آنالیز چند متغیره PCA در فصل زمستان در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	مولفه‌ها	PC1	PC2	PC3	PC4
	واریانس (٪)	٪۳۳/۸	٪۱۵/۶	٪۱۳/۰	٪۱۱/۰
	Cerataulina pelagica	۰/۶۰			
	Pseudonitzschia seriata	۰/۸۴			
	Dactyliosolen fragilissima	۰/۶۱			
	Pseudosolenia calcar-avis	۰/۷۴			
	Thalassionema nitzschioides	۰/۵۹			
	Cyclotella meneghiniana		۰/۸۰		
	Nitzschia acicularis	۰/۸۶			
	Sceletonema costatum		۰/۷۹		
	Exuviaella cordata			-۰/۸۳	
	Prorocentrum proximum	۰/۶۰			
	Oscillatoria sp.	۰/۷۶			
	Lyngbya sp.				۰/۹۵

Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

در فصل زمستان تعداد گروه‌های زئوپلانکتونی موثر بر فیتوپلانکتون افزایش یافت و علاوه بر *Acartia tonsa* و *Balanus* larvae شامل *Asplanchna* sp. و *Syncheata* sp. نیز گردید. نتایج آزمون نشان داد که افزایش *Acartia tonsa*، *Asplanchna* sp. و *Syncheata* sp. با کاهش گونه‌های موجود در مولفه اول (PC1) همراه بود. در حالی‌که همراه با افزایش *Acartia tonsa* و *Balanus* larvae گونه *Lyngbya* sp. افزایش یافت. ارتباط معنی‌داری بین این گروه‌های زئوپلانکتونی و مولفه‌های دوم و سوم مشاهده نشد (جدول ۹).

جدول ۸: نتایج رگرسیون چندگانه گام به گام برای اثرات گروه‌های زئوپلانکتونی فصل زمستان بر چهار مولفه PC1، PC2، PC3 و PC4. ضرایب رگرسیون عیر استاندارد برای متغیرهای مستقل در مدل نهایی درنظر گرفته شد، تمام متغیرهای وابسته در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بوده است.

گونه‌ها	عرض از مبدا	PC1	PC2	PC3	PC4	R2
Acartia tonsa	۰/۰۰	-۰/۴۱	-	-	۰/۳۰	۰/۲۵
Asplanchna sp.	۰/۰۰	-۰/۴۴	-	-	-	۰/۱۹
Syncheata sp.	۰/۰۱۵	-۰/۳۵	-	-	-	۰/۱۴
Balanus larvae	۰/۰۰	-	-	-	۰/۴۶	۰/۲۲
Lamelli branchiata larvae	-	-	-	-	-	-

۴. بحث و نتیجه‌گیری

چرای زئوپلانکتون از فیتوپلانکتون (کنترل بالا به پایین) و نیز دسترسی به مواد مغذی (کنترل پایین به بالا) از معمول‌ترین دلایل دینامیک تراکم فیتوپلانکتون محسوب می‌شود (Deason and Smayda, 1981). کنترل بالا به پایین به عواملی همچون گونه‌ی زئوپلانکتون، شکل ، اندازه و مکانیسم فیزیولوژیکی (تولید سم، ایجاد کلنی و پوشش ژلاتینی) فیتوپلانکتون بستگی دارد (DeMott, 1988; Sommer et al., 2000; Sigee, 2004).

اگرچه غالب بودن گروه خاصی از فیتوپلانکتون بر غالب شدن گروه معینی از زئوپلانکتونی اثر می‌گذارد (برای مثال در دریای خزر غالب بودن دیاتومه نقش مهمی در تامین غذا برای کوپه پودا در کلیه فصول دارد)، اما بسیاری از گروه‌های زئوپلانکتونی قادرند که بر حسب گونه‌های فیتوپلانکتونی در دسترس منبع غذایی خود را تغییر دهند (Sigee, 2004). چنان‌که بر اساس آزمون‌های آماری در این مطالعه (CCA، PCA و رگراسیون)، رفتارهای تغذیه‌ای گونه‌های زئوپلانکتون در فصول مختلف یکسان نبود و به‌شدت به ترکیب گونه‌ای و تراکم فیتوپلانکتون بستگی داشت. لذا تقسیم‌بندی کامل بسیاری از گونه‌های فیتوپلانکتون در دو دسته‌ی خوراکی و غیر خوراکی در سفره غذایی زئوپلانکتون در طی یک سال بررسی عملی نبوده است.

با وجود آن‌که گونه‌های *Pseudosolenia calcar-avis*، *Dactyliosolen fragilissima*، *Corataulina pelagica* و *Pseudonitzschia seriata* از شاخه باسیلاریوفیتا دارای اندازه بزرگ و یا زنجیره‌ای شکل هستند و ممکن است که تغذیه گروه‌های زئوپلانکتونی به‌خصوص انواع صافی‌خوار را دچار اختلال فیزیکی نمایند (Reynolds, 2006)، اما همانند گونه‌های تک سلولی و دارای اندازه‌ی کوچک‌تر موجود در شاخه‌ی باسیلاریوفیتا (*Thalassionema nitzschioides*) توسط زئوپلانکتون مورد تغذیه قرار گرفتند. احتمالاً وجود گونه‌های دارای اندازه‌ی بزرگ در اولین مولفه (گروه‌های عامل فیتوپلانکتون) به‌خصوص در فصل زمستان، زئوپلانکتون را ناچار به تغذیه از آن‌ها نمود. زیرا شانس انتخاب گزینه‌ی مناسب (با اندازه کوچکتر) کم بود (Gołdyn and Kowalczewsk, 2007). تغذیه از گونه‌های فیتوپلانکتون با اندازه‌ی بزرگ توسط زئوپلانکتون در مطالعه Sommer و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش گردیده است. به عقیده آن‌ها ادامه این روند موجب افزایش پیکوپلانکتون و نانوپلانکتون‌های با اندازه کوچک می‌شود. در سال ۱۳۸۸ نیز در فصل بهار چند مورد افزایش ناگهانی فیتوپلانکتون با اندازه کوچک (پیکوپلانکتون ونانوپلانکتون) مشاهده گردید (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). بر اساس مشاهدات آزمایشگاهی و شواهد میدانی، در صورت افزایش شدید مصرف بر تولیدات فصلی، ذخایر موجودات مورد تغذیه به‌شدت کاهش می‌یابد (Karpinsky et al., 2005) بنابراین به‌نظر می‌رسد که رشد و تکثیر بسیاری از گونه‌های رشته‌ای و زنجیره‌ای بیشتر از مصرف آن توسط زئوپلانکتون بود، لذا علی‌رغم مصرف شدن، تراکم آن‌ها در محیط همچنان بالا بود (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۱).

گونه *Oscillatoria* sp. از شاخه سیانوفیتا ظاهراً توسط گروه‌های غالب زئوپلانکتون، در همه فصول به‌جز بهار به مصرف رسیده است. این گونه در فصل بهار اگرچه جزو با اهمیت‌ترین گروه فیتوپلانکتونی (PC1) قرار گرفت، ولی دو گروه زئوپلانکتونی *Acartia tonsa* و *Lamelli branchiata* larvae رابطه‌ی تغذیه‌ای معنی‌داری را با آن نشان ندادند. مصرف *Exuviaella cordata* (پیروفیتا) توسط *Acartia tonsa* تنها در فصول بهار و تابستان مشخص گردید. این گونه در مطالعات

پیشین نیز به‌عنوان غذای با ارزش برای زئوپلانکتون (پورغلام، ۱۳۷۴) و یکی از غذاهای اصلی سخت پوستان پلانکتونی در خزر جنوبی معرفی گردید (Kasimov, 2004).

Peridinium achromaticum (پیروفیتا) نیز در فصل بهار از گونه‌های مورد مصرف *Acartia* بود که با نتایج مطالعه Kasimov (2004) همخوانی دارد. از سوی دیگر بعضی مطالعات نشان دادند که فقط دوتاژکداران (پیروفیتا) کوچک فاقد کپسول مورد تغذیه *Acartia* قرار می‌گیرند و *Peridinium* به‌دلیل کپسول داربودن و سختی هضم و جذب توسط زئوپلانکتون مصرف نمی‌شود (Turner and Graneli, 1992; Gołdyn and Kowalczewsk, 2007). آن‌ها کاهش همزمان *Peridinium* با افزایش *Acartia* را به شرایط فیزیکی و شیمیایی آب بیش از تغذیه آن توسط زئوپلانکتون مرتبط نمودند. به‌عبارت دیگر، کنترل پایین- بالا (مواد مغذی) را بر روی *Peridinium* قوی‌تر از کنترل بالا- پایین (زئوپلانکتون) دانستند. در بررسی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ نیز افزایش بعضی از گونه‌های غالب پیروفیتا با افزایش بعضی از گروه‌های زئوپلانکتونی نظیر لارو دوکفه‌ای‌ها در بهار و لارو بالانوس در تابستان همراه بوده است. این نوع ارتباط مستقیم در فصل پاییز بین بعضی از گونه‌های پیروفیتا و *Acartia* نیز مشاهده شد. در این گروه (*Exuviaella cordata*، *Prorocentrum proximum* و *Prorocentrum scutellum*) از نظر الگوی زندگی جزو C– استراتژی (نصراله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱ الف) هستند، یعنی قابلیت رشد و تکثیر شدید به محض فراهم شدن نور و غذای مناسب را دارند (Reynolds, 2006). لذا با توجه به دفع مواد مغذی از زئوپلانکتون (Goldyn and Kowalczewsk, 2007) و نیز شانه‌دار مهاجم (Shiganova et al., 2003) از یک سو و توانایی فیزیولوژیکی پیروفیتا در استفاده از مواد آلی (Sorokin, 1999) از سوی دیگر، یکی از علل احتمالی در ایجاد رابطه‌ی افزایشی بیان شده بین گروه‌های زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون فوق از نوع رابطه‌ی غیر مستقیم (با واسطه‌ی تغییر شرایط محیطی) بوده است.

اهمیت تناسب اندازه و نوع پوشش فیتوپلانکتون برای گونه‌های زئوپلانکتونی سبب می‌گردد که اغلب گونه‌های دارای اندازه کوچک و بدون پوشش ژلاتین‌دار کلروفیتا مورد استفاده زئوپلانکتون نابالغ و گونه‌های دارای تغذیه صافی‌خواری قرار گیرند (Canale et al., 1976; Sorokin, 1999) و گونه‌های کلروفیتا که دارای ابعاد کشیده، پوشش ژلاتین‌دار و بزرگتر از ۴۰ میکرون هستند مورد چرا واقع نشوند (Sigee, 2004). لذا همانند مطالعه‌ی Kasimov (۲۰۰۴)، در تحقیق حاضر نیز که *Binuclearia lauterbornii* با میانگین طول خطی ۲۴ میکرون (نصراله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱الف) تنها در فصل پاییز در فهرست گونه‌های غالب وارد شد توسط *Balanus larvae* و *Acartia tonsa* مورد تغذیه قرار گرفت. مطالعه نصراله‌زاده و همکاران (۱۳۹۱ج) در سطح شاخه‌های غالب فیتوپلانکتون و گروه‌های غالب زئوپلانکتون طی فصول مختلف سال ۱۳۸۸ بیانگر تغذیه‌ی کوپه‌پودا از شاخه کلروفیتا در فصول بهار و تابستان نیز بوده است.

Podon polyphemoides از گروه کلادوسرا گرچه در بهار و تابستان جزو گونه‌های غالب زئوپلانکتون بود، اما در بهار رابطه‌ی معنی‌داری را با گونه‌های فیتوپلانکتون نشان نداد و فقط در تابستان از *Cyclotella meneghiniana* تغذیه نمود. مطالعه Kim و همکاران (۱۹۸۹) بر روی محتویات روده‌ی ۵ گونه از کلادوسرا از جمله *Podon polyphemoides* نشان داد که آن‌ها عمدتاً از دیاتومه‌های با تقارن مرکزی[1] و ترجیحاً با سایز کم تر از ۳۵ میکرون تغذیه می کنند و دیاتومه‌های دارای تقارن محوری[2]، دوتاژکداران (پیروفیتا) نقش کم‌تری در سفره غذایی آن‌ها دارند. لذا در فصل بهار همزمان با حضور *Podon polyphemoides* که سیانوفیتا رشته‌ای (*Oscillatoria* sp.) و دیاتومه با اندازه بزرگ (*Pseudosolenia calcar-avis*) و یا دارای تقارن محوری (*Thalassionema nitzschioides*) جزو گونه‌های غالب فیتوپلانکتون قرار گرفتند، شانس به‌دست آوردن غذا با اندازه و شکل مناسب برای آن کم بوده است (Karin and Burns, 1969; Geller, 1986; Knoechel and Holtby, 1986). نتایج حاصل از آنالیز آماری در این مطالعه با مشاهدات میکروسکوپی Kim و همکاران (۱۹۸۹) مطابقت دارد. از سوی دیگر حضور کم کلادوسرا به‌خصوص در فصل تابستان به‌طور غیرمستقیم عامل مناسب دیگری را برای رشد و تکثیر گونه‌های محدود شونده به فسفات (P-limited) مهیا نموده است. زیرا خصوصیات فیزیولوژیکی کلادوسرا به نحوی است که میزان فسفر خارج شده از آن بسیار کم‌تر از نیتروژن است. لذا حضور آن در محیط به نفع گونه‌های فاقد توانایی تثبیت نیتروژن (گروه‌های غیر سیانوفیتا)

[1] Centeric
[2] Pennate

است. در مقابل، عدم حضور کلادوسرا سبب می‌شود که یکی از موانع رشد و تکثیر سیانوفیتا برداشته شود (Low et al., 2010).

وجود گونه‌های متفاوت از زئوپلانکتون که از گونه‌های مختلف فیتوپلانکتون و از سایر زئوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند، دینامیک تراکم فیتوپلانکتون را سبب می‌گردد. لذا در سال ۱۳۸۸، با آنکه بعضی از گروه‌های زئوپلانکتون به‌خصوص *Acartia* با افزایش تراکم خود توانستند در بعضی از فصول تا حدی کاهش تراکم زئوپلانکتون (ناشی از تغذیه‌ی شدید *Mnemiopsis leidyi*) را ترمیم نمایند، اما به نظر می‌رسد که پایین بودن تنوع گونه‌ای در زئوپلانکتون از یک سو و بالا بودن تنوع گونه‌ای و تراکم فیتوپلانکتون از سوی دیگر نقش مهمی در کم شدن و محدود نمودن روابط تغذیه‌ای بین دو گروه پلانکتونی(زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون) و در نتیجه کنترل بالا- پایین فیتوپلانکتون داشته است. کاهش کنترل بالا- پایین و به عبارتی عدم انتقال مناسب تولیدات از فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون (Lampman and Makarewicz, 1999) با افزایش نسبت زی‌توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون در سال ۱۳۸۸ به سال‌های قبل از ورود *Mnemiopsis leidyi* در مطالعه نصراله‌زاده و همکاران (۱۳۹۱ب) نیز نشان داده شده است.

۵. سپاسگزاری

از مسوولین محترم وزارت جهاد کشاورزی و موسسه تحقیقات شیلات ایران برای تامین مالی این پروژه و از پرسنل بخش اکولوژی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر برای آنالیز نمونه‌ها تشکر می‌نماید. همچنین از کاپیتان و خدمه کشتی تحقیقاتی گیلان جهت همکاری در نمونه‌برداری قدردانی می‌گردد. سرانجام از داوران محترم برای ارائه‌ی پیشنهادات و نظرات سازنده که در جهت ارتقا و بهبود کیفیت این مقاله بوده است، کمال سپاسگزاری به‌عمل می‌آید.

منابع

باقری، س.؛ سبک آرا، ج.، ۱۳۸۲. بررسی محتویات معده شانه دار *Mnemiopsis leidyi* در سواحل ایرانی دریای خزر (آبهای گیلان)، بولتن علمی شیلات ایران، ۱۲(۳): ۱۲-۱.

پورغلام، ر.، ۱۳۷۴. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال‌های ۷۴-۱۳۷۳ با همکاری انستیتو تحقیقات کاسپنریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، انتشارات مرکز تحقیقات شیلات مازندران، ساری. ۳۸۹ 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. بررسی تنوع، زی‌توده و فراوانی زئوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸، انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری.۱۰۷صفحه.

سبک آرا، ج.؛ مکارمی، م.، ۱۳۸۳. پراکنش و فراوانی پلانکتون‌ها و نقش آنها در تالاب انزلی طی سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۹ بولتن علمی شیلات ایران، ۱۳ (۳): ۱۱۴-۸۷.

غیاثوند، ا.، ۱۳۸۷. کاربرد آمارو نرم افزار SPSS در تحلیل داده ها. نشر لویه. تهران. ۳۰۵ صفحه.

فارابی، م.و.؛ فضلی، ح.؛ واردی، ا.؛ واحدی، ف.؛ روشن طبری، م.؛ هاشمیان، ع.؛گل آقائی، م.؛ رستمیان، م.ت.، ۱۳۹۰. طرح هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلودگی‌های زیست محیطی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷. انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری.۹۶ صفحه.

فضلی، ح.؛ فارابی، م.و.؛ دریانبرد، غ.ر.؛ گنجیان، ع.؛ واحدی، ف.؛ واردی، ا.؛ هاشمیان، ع.؛ روشن‌طبری، م.؛ روحی، ا.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر از سال-های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۵. انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری. ۱۹۸صفحه.

مخلوق، آ.؛ نصراله زاده ساروی، ح.؛ پورغلام، ر.؛ و رحمتی، ر.، ۱۳۹۰. معرفی گونه‌های سمی و مضر جدید فیتوپلانکتون در آب‌های سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر، مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، ۵ (۲): ۹۳-۷۷.

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، ع.؛ مکرمی، ع.، ۱۳۹۱. بررسی تنوع، زی-توده و فراوانی فیتوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر ۱۳۸۸، انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری. ۱۴۶ صفحه.

نصراله زاده ساروی، ح.؛ مخلوق، آ.؛ روشن طبری، م.؛ اسلامی، ف.، ۱۳۹۱ب. بررسی تغییرات زمانی- مکانی نسبت زی‌توده فیتوپلانکتون: زئوپلانکتون در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای

خزر. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال ، ۷ (۲):۵۹-۵۱.

نصراله زاده ساروی، ح.؛ مخلوق، ا.؛ پورغلام، ر.؛ رحمتی، ر.، ۱۳۹۱ الف. استراتژی گونه های غالب فیتوپلانکتون با تاکید بر طبقه‌بندی اندازه آنها در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر. اقیانوس شناسی، ۳ (۱۰):۵۷-۴۵.

نصراله زاده ساروی، ح.؛ نجف پور، ش.؛ روشن طبری،م.؛ مخلوق، آ.؛ سلیمانی رودی، ع.، ۱۳۹۱ج. هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری. ۲۳۴ صفحه.

APHA (American Public Health Association)., 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. Washington, DC, USA. 424p.

Brown, M.R., 1991. The amino-acid and sugar composition of 16 species of microalgae used in mariculture. Journal of Applied Phycology, 4: 205-215.

Burns, C., 1969. Relation between filtering rate, temperature and body size in four species of Daphnia. Limnology and Oceanography, 14: 693-700.

Canale, R., 1976. A plankton-based food web model for Lake Michigan. In Modeling Biochemical Processes in Aquatic Ecosystems, Ann Arbor Science publisher, 33–74 pp.

Deason, E.E.; Smayda, T. J., 1981. Ctenophore-zooplankton-phytoplankton interactions in Narragansett Bay, Rhode Island, USA, during 1972-1977. Journal of Plankton Research, 4(2): 203-217.

DeMott, W.R., 1988. Discrimination between algae and artificial particles by freshwater and marine copepods. Limnology and Oceanography, 33: 397-408.

Gliwicz, Z.M., 1980. Filtering rates, ford size selection, and feeding rates in cladocerans –another aspect of interspecific competition in filter-feeding zooplankton. In: Kerfoot, W.C. (ed.), Evolution and Ecology of Zooplankton Communites. University Press of New England, Hanover, NH, 282-291pp.

Gołdyn, R.; Kowalczewska, K.M., 2007. Interactions between phytoplankton and zooplankton in the hypertrophic Swarzędzkie Lake in western Poland, JPR Advance, Plankton Oxford Journal, 30(1): 33-42.

Karpinsky, M.G.; Shiganova, T.A.; Katunin, D.N., 2005. Introduced species. The handbook of Environment Chemistry, 5: 271.

Kasimov, A., 2004. Ecology of the Caspian Sea plankton. Exxon Azerbaijan Operating Company, Publisher Adiloglu printing House, Baku, Azerbaijan. 540 p.

Kim, S.W.; Onbe, T.; Yoon, Y.H., 1989. Feeding habits of marine cladocerans in the Inland Sea of Japan, Marine Biology, 100(3): 313-318.

Knisely, K.; Geller, W., 1986. Selective feeding of four zooplankton species on natural lake phytoplankton. Oecologia, 69: 86-94.

Knoechel, R.; Holtby. L., 1986. Cladoceran filtering rate: body length relationships for bacterial and large algal particles. Limnology and Oceanography, 31: 195-200.

Lampman, G.G.; Makarewicz, J.C., 1999. The phytoplankton zooplankton link in the lake Ontario food web. Journal of Great Lake Research, 25(2): 239-249.

Low, E.W.; Clews, E.; Todd, P.A.; Tai, Y.C.; Ng, P.K.L., 2010. Top-down control of phytoplankton by zooplankton in tropical reservoirs in Singapore?. The Raffles Bulletin of Zoology, 58(2): 311-322.

Newell, G.E.; Newell, R.C., 1977. Marine plankton: a practical guide. London: Hutchinson, 223p.

Raftery, A., 1993. Bayesian model selection in structural equation models. In K. Bollen and J. Long (Eds.), Testing structural equation models): Newbury Park, California, 163-180 pp.

Reynolds, C. S., 2006. The Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, UK. 535p.

Roohi, A.; Kideys, A.E.; Sajjadi, A.; Hashemian, A.; Pourgholam, R.; Fazli, H.; Ganjian Khanari A.; Develi., E. E., 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton,

Multivariate Data Analysis. Springer-verlag. Mikrochim, 137: 243-248.

Sommer, F.; Stibor, H.; Sommer, U.; Velimirov, B., 2000. Grazing by mesozooplankton from Kiel Bight, Baltic Sea, on different sized algae and natural size fractions. Marine Ecology Progress Series, 199: 43–53.

Sommer, U.; Sommer, F.; Santer, B.; llner, E. Z.; Regens, K.J.; Jamieson, C.; Boersma M.; Gocke, K., 2003. Daphnia versus copepod impact on summer phytoplankton: functional compensation at both trophic levels. Oecologia, 135: 639–647.

Sorokin, Y., 1999. Aquatic microbial ecology, a textbook for students in environmental sciences, Backhuys publishers, Leiden, Netherlands. 248p.

Sournia, A., 1978. Phytoplankton Manual Unesco, Paris: B.Biblio. Publisher, Paris: Unesco, 337p.

Turner, J.T.; Graneli. E., 1992. Zooplankton feeding ecology: grazing during enclosure studies of phytoplankton blooms from the west coast of Sweden. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 157:19-31.

Wetzel, R.G.; Likens, G.E. 2000. Limnological Analyses. New York: Springer-Verlag. Workshop Clean Black Sea Working Group, 2nd – 5th June,Varna, Bulgaria 46-146 pp.

zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. Biology Invasions, 12: 2343-2361.

Rushforth, S.R.; Brock, J.T., 1991. Attached diatom communities from the lower Truckee River, summer and fall 1986. Hydrobiologia, 224: 49-64.

Shiganova, T.A.; Sapozhnikov, V.V.; Musaeva, E.I.; Domanov, M.M.; Bulgakova, Y.V.; Belov, A.A.; Zazulya, N.I.; Zernova, V.V.; Kuleshov, A.F.; Sokol'skii, A.F.; Imirbaeva, R.I.; Mikuiza, A.S., 2003. Factors determining the conditions of distribution and quantitative characteristics of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the North Caspian. Oceanology, 43: 676–693.

Siapatis, A.; Giannoulaki, M.; Valavanis, V.D.; Palialexis, A.; Schismenou, E.; Machias, A.; Somarakis, S., 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. Hydrobiologia, 612: 281–295.

Sigee, D. C., 2004. Freshwater microbiology: biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the freshwater Environment, University of Manchester, John Wiley and Sons Inc, UK. 524p.

Simeonov, V.; Sarbu, C.; Massart, D. L.; Tsakovski, S., 2001. Danube River Water Data Modelling by