بررسی ترکیب و تنوع زیستی جوامع زئوپلانکتونی در آب‌های ساحلی استان بوشهر خلیج فارس

- **فاطمه خاکسار***: پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
- **پریسا نجات‌خواه‌معنوی**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **آریا اشجع‌اردلان**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۸

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی تنوع و تراکم زئوپلانکتون خلیج فارس در دو فصل سرد و گرم در منطقه بوشهر (سواحل غربی) بود. برای این منظور نمونه‌های زئوپلانکتونی از ۱۸ ایستگاه در دو فصل زمستان (بهمن) ۱۳۹۵ و تابستان (مرداد) ۱۳۹۶ جمع‌آوری گردید. در فصل زمستان ۱۸ گونه زئوپلانکتونی شناسایی شد درحالی‌که در فصل تابستان تنها ۷ گونه زئوپلانکتونی مشاهده گردید. به‌طورکلی سخت‌پوستان دارای بیش‌ترین درصد فراوانی (٤٨ درصد) و پس از آن نرم‌تنان و طنابداران هرکدام با ۱۱ درصد قرار داشتند و بقیه به گروه‌های دیگر تعلق داشتند. در فصل زمستان بیش‌ترین فراوانی متعلق به گونه .*Acrocalanus* spp به‌میزان ٤٥٨±٥٧٧ فرد در مترمکعب و در فصل تابستان بیش‌ترین فراوانی متعلق به گونه .*Centropages* spp به‌میزان ٤٨٧±٨٤٨ فرد در مترمکعب در بود. در فصل زمستان تغییرات شاخص تنوع شانون بین ۱/۲۹ تا ۳/۰۵ بود. در فصل تابستان مقدار شاخص تنوع شانون در ایستگاه‌های مختلف بین (٠/٦٨ تا ۱/۸۳) متغیر بود و بیش‌ترین آن در ایستگاه (1A) و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه (٤D) مشاهده گردید. در فصل زمستان بین دما با شاخص مارگالوف همبستگی مثبت معنی‌دار ($p<0/05$) و با تراکم همبستگی منفی معنی‌دار وجود داشت ($p<0/05$)، درحالی‌که در فصل تابستان شاخص‌های تنوع با هیچ‌یک از پارامترهای محیطی همبستگی معنی‌داری نداشتند ($p>0/05$).

کلمات کلیدی: زئوپلانکتون، شاخص‌های زیستی، بوشهر، خلیج فارس

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: f_khaksar1361@yahoo.com

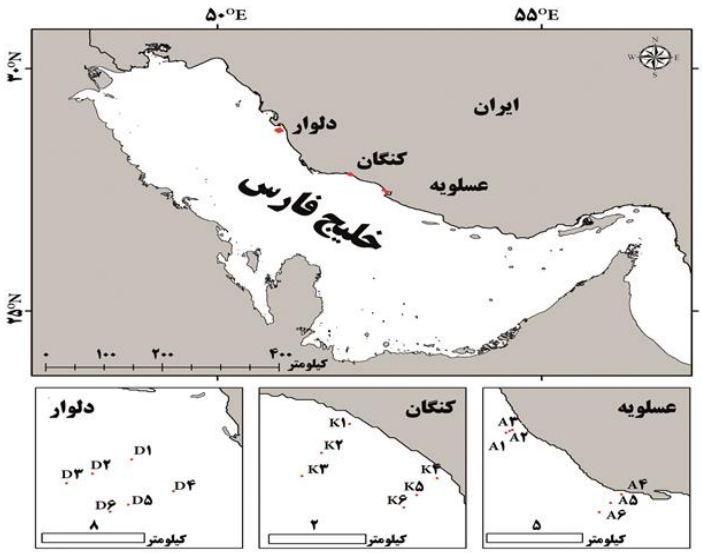
(DOI): 10.22034/aej.2020.120268

مقدمه

زئوپلانکتون در سطح دوم زنجیره غذایی قرار دارند. از فیتوپلانکتون تغذیه می‌کنند و انتقال مواد گیاهی را به بافت‌های جانوری تسهیل می‌کنند. زئوپلانکتون غذای پایه آبزیان در سطوح بالاتر تغذیه‌ای از جمله ماهی‌ها و هم‌چنین مرحله لاروی ماهی‌ها محسوب می‌شوند. پلانکتون‌های خاصی قادر به تجمع رادیوایزوتوپ‌ها هستند و می‌توانند به‌عنوان شاخص آلودگی عمل کنند (Goswami، ۱۹۸۳). پراکنش زئوپلانکتون تحت تاثیر عوامل غیر زیستی (نور، درجه حرارت و.....) و زیستی (شکارچی و رقابت) قرار دارد (Marques و همکاران، ۲۰۰۷). پراکنش فضایی این موجودات تحت تاثیر فاکتورهای فیزیکی نظیر دما، شوری، کدورت و جریان می‌باشد. هم‌چنین فاکتورهایی نظیر میزان مواد مغذی در دسترس هم تاثیر گذار است. زئوپلانکتون موجودات متنوعی هستند که دارای استراتژی‌های مختلفی در بقا و تولیدمثل خود می‌باشند. این موجودات دارای سرعت تولیدمثلی بالا و دوره زندگی کوتاه هستند. میزان تولیدمثل آن‌ها به دما و میزان مواد غذایی در دسترس بستگی دارد. تقریباً در تمام فصول تولیدمثل می‌کنند. زئوپلانکتون در برخی از جنبه‌های زیست محیطی دارای کاربردهایی هم‌چون تخمین میزان آلودگی، استفاده از آمار و ارقام زئوپلانکتون جهت بررسی گرم شدن کره زمین و یوتریفکاسیون می‌باشند. داشتن درک از جوامع پلانکتون در پیکره آبی نه تنها در تخمین مواد اولیه دارای اهمیت است بلکه در بررسی و درک بهتر دینامیک جمعیت و سیکل زندگی جوامع می‌تواند معتبر باشد زئوپلانکتون زنجیره مهمی در اتصال انرژی بین فیتوپلانکتون و فون آبزی برقرار می‌کنند (Hickman و همکاران، ۲۰۱۲). زئوپلانکتون از طریق چریدن اثر مهمی روی فیتوپلانکتون دارند. هم‌چنین منبع بی‌پایان از پروتئین‌ها، آمینواسیدها، لیپیدها، اسیدهای چرب، ریزمغذی‌های معدنی و آنزیم‌ها می‌باشند. زئوپلانکتون نقش کلیدی در زنجیره غذایی خورها از طریق بازیافت نوترینت‌ها و تنظیم جمعیت فیتوپلانکتون دارند. زئوپلانکتون جوامع حساسی می‌باشند که تغییر در تراکم آن‌ها می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات زیست محیطی باشد. زئوپلانکتون سطح پاسخ پذیری بالایی نسبت به دما، آلودگی و شوری دارند. سایر فاکتورهایی که پراکنش زئوپلانکتون را تحت تاثیر قرار می‌دهند شامل شکار، تولیدمثل، برهمکنش جوامع و مقدار منابع در دسترس می‌باشد. تحقیقات متعددی بر روی تنوع و تراکم زئوپلانکتون در ایران و سایر نقاط دنیا انجام شد. سواری و همکاران (۱۳۸۲) به شناسایی و تخمین جمعیت پاروپایان پلانکتونیک خورموسی پرداختند و ۱۶ جنس از پاروپایان را شناسایی کردند و توانستند تفاوت معنی‌داری در تراکم پاروپایان مختلف در ماه‌های مختلف سال را نشان دهند. مشائی (۱۳۸۲) شاخص‌های تنوع و تشابه در اجتماعات زئوپلانکتونی خور باهوکلات را مورد بررسی قرار داد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که در بین ماه‌های سال تیر ماه و در بین ایستگاه‌های مورد بررسی انتهای خور از شرایط متفاوتی برخوردار است. هدف از این تحقیق بررسی تراکم زئوپلانکتون خلیج فارس در دو فصل سرد و گرم در منطقه بوشهر (سواحل غربی) بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از زئوپلانکتون‌ها در بهمن ماه ۱۳۹۵ و مرداد ماه ۱۳۹۶ از ۱۸ ایستگاه در سه منطقه در محدوده آب‌های ساحلی بندر عسلویه، بندر کنگان و بندر دلوار نمونه‌برداری انجام شد موقعیت ایستگاه‌ها در شکل ۱ قابل مشاهده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان بوشهر، خلیج‌فارس

نمونه‌برداری با استفاده از تور زئوپلانکتونی ۱۰۰ میکرون و کشیدن تور از عمق به سطح انجام گردید. نمونه تغلیظ شده زئوپلانکتون درون بطری‌های پلاستیکی یک لیتری توسط الکل ۹۶ درصد تثبیت و جهت انجام مطالعات بعدی به آزمایشگاه منتقل گردید. میزان آب وارد شده از دهانه تور توسط جریان‌سنج اندازه‌گیری شد. زئوپلانکتون نمونه‌برداری شده را به دستگاه جداکننده انتقال داده و حجم نمونه مطابق غلظت نمونه به یک‌چهارم مقدار قبل رسانده شد. پس از این‌که نمونه به‌خوبی هموژن گردید، با انتقال ۵ میلی‌لیتر از آن به لام بوگوروف، شناسایی (Richardson و همکاران، ۲۰۱۳) و شمارش زئوپلانکتون زیر لوپ (Al-Yamani و همکاران، ۲۰۱۱) انجام گرفت و سپس شاخص‌های زیستی محاسبه گردید. هم‌زمان با برداشت نمونه‌های فوق در هر نقطه، متغیرهای محیطی درجه حرارت، شوری، اکسیژن، هدایت

(DOI): 10.22034/aej.2020.120268

الکتریکی و pH ، با استفاده از دستگاه CTD استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS(Ver۱۶) انجام گردید. ابتدا نرمال بودن نمونه‌ها با روش کولموگروف اسمیرنوف در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ سنجش شد که همه داده‌ها نرمال بودند. سپس از طریق آنالیز واریانس یک‌طرف One- way ANOVA مقایسه میانگین داده‌ها در هر فصل با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.هم‌چنین برای مقایسه داده بین فصول از آزمون T-test و برای روابط بین پارامترها از آرمون همبستگی پیرسون استفاده شد. برای ترسیم جدول داده‌ها و ترسیم نمودارها از بسته‌های نرم‌افزاری Excel ۲۰۰۳ و برای محاسبه شاخص‌های زیستی از نرم‌افزار PRIMER۵ استفاده‌شد شاخص شانون وینر با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$H' = -\sum_{i=1}^{S} pi \log 2\ pi$

در این رابطه Pi با فرمول $\frac{ni}{N}$ محاسبه گردید که ni معرف تعداد کل افراد یک گونه و N معرف تعداد کل افراد در تمام گونه‌ها می‌باشد (Shannon و Weaver، ۱۹۴۹). هم‌چنین شاخص مارگالوف با رابطه زیر محاسبه شد (Margalef، ۱۹۷۲):

$R=\frac{S-1}{Ln(N)}$

که S نشان‌دهنده تعداد گونه‌ها می‌باشد و شاخص سیمسون از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Margalef، ۱۹۷۲):

$D = \sum[ni(ni - ۱)/ N(N - ۱)]$

نتایج

براساس نتایج به‌دست آمده، پارامترهای محیطی ایستگاه‌ها در هر منطقه تقریباً یکسان بود. با این‌حال هنگام مقایسه‌نتایج بین مناطق اندکی تفاوت بین آن‌ها مشاهده گردید که معنی‌دار نبودند (p>۰/۰۵).

جدول ۱: رده‌بندی گونه‌های زئوپلانکتونی شناسایی شده در دو فصل تابستان و زمستان

ردیف	سلسله	شاخه	رده	راسته	خانواده	جنس و گونه
۱	Animalia	Chordata	Appendicularia	Copelata	Oikopleuridae	*Oikopleura* sp.
۲		Arthropoda	Hexanauplia	Calanoida	Paracalanidae	*Acrocalanus* spp.
۳					Acartiidae	*Acartia* spp.
۴					Temoridae	*Temora* spp.
۵				Cyclopoida	Corycaeidae	*Corycaeus* spp.
۶				Calanoida	Centropagidae	*Centropages* spp.
۷					Pontellidae	*Labidocera* sp.
۸		Chaetognatha	Sagittoidea	Aphragmophora	Sagittidae	*Sagitta* sp.

جدول ۲: رده‌بندی سایرگروه‌های زئوپلانکتونی شناسایی شده در دو فصل تابستان و زمستان

ردیف	سلسله	شاخه	رده	راسته	خانواده	گروه زئوپلانکتونی
۱	جانوران	Chordata	_	_	_	Fish larvae
۲		Arthropoda	Hexanauplia	_	_	Cirripedia nauplii
۳			Malacostraca	Decapoda	_	Decapoda larvae
۴			Hexanauplia	Calanoida	Calanidae	Copepodites
۵		Mollusca	Bivalvia	_	_	Bivalvia larvae
۶			Gastropoda	_	_	Gastropoda larvae
۷		Annelida	Polychaeta	–	–	Polychaeta larvae
۸		Cnidaria	_	_	_	Medusa
۹		Bryozoa	_	_	_	Cyphonautes larvae
۱۰		Sarcomastigophora	_	_	_	Radiolaria
۱۱		_	_	_	_	Unidentified eggs

(DOI): 10.22034/aej.2020.120268

در این مطالعه براساس روند مشاهده شده از گروه‌های زئوپلانکتونی شناسایی شده، در فصل زمستان حضور تعداد بسیار بیش‌تری از زئوپلانکتون مشاهده می‌گردد. تمامی گروه‌های زئوپلانکتونی شناسایی شده (۱۸ گونه) به‌جز لارو ماهیان (Fish larvae) در فصل زمستان مشاهده شدند. درحالی‌که در فصل تابستان تنها ۷ گونه از زنوپلانکتون مشاهده گردید (جدول ۳).

جدول ۳: حضور و عدم حضور گروه‌های زئوپلانکتونی در دو فصل تابستان و زمستان

ردیف	گروه زئوپلانکتونی	تابستان	زمستان
۱	Copepodites	–	+
۲	*Acrocalanus* spp.	+	+
۳	*Acartia* spp.	+	+
۴	*Temora* spp.	_	+
۵	*Corycaeus* spp.	_	+
۶	*Centropages* spp.	+	+
۷	Bivalvia larvae	_	+
۸	Gastropoda larvae	_	+
۹	*Oikopleura* sp.	_	+
۱۰	Polychaeta larvae	_	+
۱۱	*Sagitta* sp.	_	+
۱۲	Cyphonautes larvae	_	+
۱۳	Cirripedia nauplii	_	+
۱۴	Unidentified eggs	_	+
۱۵	Medusa	+	+
۱۶	Decapoda larvae	+	+
۱۷	Radiolaria	–	+
۱۸	*Labidocera* sp.	+	+
۱۹	Fish larvae	+	–

در فصل زمستان بیش‌ترین فراوانی متعلق به گونه *Acrocalanus* spp. به‌میزان ۴۵۸±۵۷۷ عدد در مترمکعب در کنگان بود. بیش‌ترین تعداد زئوپلانکون در کنگان به‌میزان ۱۶۹±۱۸۹۱ عدد در مترمکعب و کم‌ترین تعداد زئوپلانکون در عسلویه به‌میزان ۴۶±۵۵۵ عدد در مترمکعب مشاهده گردید (جدول۴).

در فصل تابستان بیش‌ترین فراوانی متعلق به گونه *Centropages* spp. به‌میزان ۴۸۷±۸۴۸ فرد در مترمکعب در دلوار بود. بیش‌ترین تعداد زئوپلانکون در کنگان به‌میزان ۴۱۶±۱۰۹۸ فرد در مترمکعب و کم‌ترین تعداد در عسلویه به‌میزان ۲۲۶±۹۱۷ فرد در مترمکعب مشاهده گردید (جدول ۵).

جدول ۴: میانگین فراوانی (±SD) زئوپلانکتون (فرد در مترمکعب) در هر یک از مناطق مورد مطالعه در فصل زمستان

ترانسکت/ گروه زئوپلانکتونی	عسلویه	کنگان	دلوار
Copepodites	۴۴±۳۶	۰	۲۱±۱۱
Acrocalanus spp.	۰	۴۵۸±۵۷۷	۳۰۲±۴۸۰
Acartia spp.	۰	۱۱۵±۱۲۵	۵۴±۶۶
Temora spp.	۰	۴۵±۲۳	۱۰۴±۱۲۰
Corycaeus spp.	۰	۸۵±۷۹	۴۰±۴۴
Centropages spp.	۱۷۶±۱۲۲	۱۲۷±۳۷۴	۱۴۷±۱۲۰
Bivalvia larvae	۶۶±۴۵	۰	۰
Gastropoda larvae	۰	۰	۴۵±۲۳
Oikopleura sp.	۶۷±۷۷	۴۵±۲۳	۰
Polychaeta larvae	۰	۲۸±۲۳	۰
Sagitta sp.	۲۲±۱۶	۴۲±۴۵	۲۳±۱۱
Cyphonautes larvae	۱۳۷±۱۵۰	۱۰۱±۳۹۶	۳۰۶±۳۴۹
Cirripedia nauplii	۰	۲۳±۱۱	۰
Unidentified eggs	۳۸±۶۱	۸۳±۶۸	۴۲±۴۴
Medusa	۲۳±۱۷	۶۲±۵۷	۲۰۶±۳۹۶
Decapoda larvae	۰	۳۶±۵۷	۰
Radiolaria	۴۴±۳۰	۴۵±۳۴	۰

جدول۵: میانگین فراوانی (±SD) زئوپلانکتون (فرد در مترمکعب) در هر یک از مناطق مورد مطالعه در فصل تابستان

ترانسکت/ گروه زئوپلانکتونی	عسلویه	کنگان	دلوار
Acrocalanus spp.	۵۱±۱۱۳	۷۲±۱۱۹	۵۰±۸۵
Acartia spp.	۴۵±۲۳	۳۹±۴۵	۴۱±۲۳
Centropages spp.	۵۵۹±۶۳۴	۶۶۸±۷۴۷	۴۸۷±۸۴۸
Labidocera sp.	۲۳±۱۰۲	۱۷۶±۱۸۷	۳۲±۸۵
Medusa	۰	۰	۲۳±۱۱
Decapoda larvae	۰	۰	۴۵±۳۴
Fish larvae	۳۹±۴۵	۰	۲۲±۱۱

در فصل تابستان مقدار شاخص تنوع شانون در ایستگاه‌های مختلف بین (۰/۶۸ تا ۱/۸۳) متغیر بود. بیش‌ترین آن در ایستگاه (1A) و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه (4D) مشاهده گردید (جدول ۶). در فصل زمستان تغییرات شاخص تنوع شانون بین (۱/۲۹ تا ۳/۰۵) است. بیش‌ترین مقدار آن در ایستگاه (2K) و کم‌ترین آن در ایستگاه (4D) مشاهده گردید (جدول۷). مقادیر شاخص تنوع شانون در فصل زمستان در تمامی ترانسکت‌ها از مقادیر محاسبه شده برای این شاخص در فصل تابستان بیش‌تر است. بیش‌ترین مقدار شاخص تنوع گونه‌ای

(DOI): 10.22034/aej.2020.120268

سیمپسون در فصل تابستان در ایستگاه (4D) (۰/۷۷) و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه (1A) (۰/۳۱) مشاهده گردید (جدول ۶). در فصل زمستان بیش‌ترین مقدار این شاخص باز هم در ایستگاه(4D) (۰/۵۴) و کم‌ترین آن در ایستگاه(2K)(۰/۱۵)مشاهده شد(جدول۷). مقایسه مقادیر این شاخص در فصول تابستان و زمستان نشان داد که مقادیر شاخص تنوع سیمپسون در فصل تابستان در تمامی ترانسکت‌ها از مقادیر محاسبه‌شده برای این شاخص در فصل زمستان بیش‌تر است. در فصل تابستان بیش‌ترین مقدار شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در ایستگاه (6D)(۰/۸۶) و کم‌ترین آن در ایستگاه (4D)(۰/۲۸) مشاهده گردید (جدول ۶). در فصل زمستان بیش‌ترین مقدار این شاخص در ایستگاه (6 K) (۱/۷۲) و کم‌ترین آن در ایستگاه (1D) (۰/۴۰) مشاهده شد (جدول۷).مقایسه مقادیر این شاخص در فصول تابستان و زمستان نشان داد که مقادیر شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در فصل زمستان در هر ۳ ترانسکت موردنظر از مقادیر این شاخص در فصل تابستان بیش‌تر است.

جدول ۶: میانگین شاخص‌های تنوع زیستی زئوپلانکتون در ایستگاه‌های مختلف در فصل تابستان

ایستگاه	تعدادگونه	تعداد	مارگالف	شانون	سیمسون
1A	۴	۷۳۶	۰/۴۵	۱/۸۳	۰/۳۱
2A	۵	۲۰۹۵	۰/۵۲	۱/۰۷	۰/۶۷
3A	۳	۳۹۷	۰/۳۳	۱/۴۵	۰/۳۹
4A	۳	۴۵۳	۰/۳۳	۱/۳۰	۰/۴۷
5A	۴	۹۰۶	۰/۴۴	۱/۱۹	۰/۵۹
6A	۵	۹۱۷	۰/۵۹	۱/۴۴	۰/۵۱
1K	۴	۲۸۴	۰/۵۳	۱/۷۶	۰/۳۴
2K	۴	۱۰۱۹	۰/۴۳	۱/۶۱	۰/۳۹
3K	۴	۳۰۰۱	۰/۳۷	۱/۲۴	۰/۵۵
4K	۳	۹۰۵	۰/۲۹	۱/۰۶	۰/۵۹
5K	۳	۲۸۴	۰/۳۵	۱/۱۶	۰/۵۴
6K	۴	۱۰۹۸	۰/۴۳	۱/۳۵	۰/۵۱
1D	۵	۱۳۰۳	۰/۵۶	۱/۳۲	۰/۵۷
2D	۶	۲۱۹۹	۰/۶۵	۱/۴۰	۰/۵۷
3D	۳	۳۴۰	۰/۳۴	۱/۲۴	۰/۵۰
4D	۳	۱۳۰۲	۰/۲۸	۰/۶۸	۰/۷۷
5D	۳	۳۳۹	۰/۳۴	۰/۸۵	۰/۶۹
6D	۷	۱۰۹۷	۰/۸۶	۱/۲۶	۰/۶۱

جدول ۸ ارتباط بین پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در فصل تابستان را نشان می‌دهد. براساس آزمون همبستگی پیرسون در فصل تابستان بین مقدار pH و شاخص مارگالف، تعداد گونه و شانون همبستگی مثبت وجود داشت درحالی‌که با شاخص سیمپسون و تراکم همبستگی منفی وجود داشت (p>۰/۰۵). هم‌چنین بین شاخص‌های مارگالف و شانون با شوری، هدایت الکتریکی و درجه حرارت همبستگی منفی وجود داشت و بین اکسیژن با تعداد گونه، تراکم، شاخص شانون و مارگالوف همبستگی مثبت وجود داشت (p>۰/۰۵).

جدول ۷: میانگین شاخص‌های تنوع زیستی زئوپلانکتون در ایستگاه‌های مختلف در فصل زمستان

ایستگاه	تعداد گونه	تعداد	مارگالف	شانون	سیمسون
1A	۵	۱۱۸۹	۰/۵۶	۱/۹۹	۰/۲۹
2A	۵	۴۵۳	۰/۶۵	۱/۹۵	۰/۳۱
3A	۵	۵۱۰	۰/۶۴	۲/۲۰	۰/۲۳
4A	۵	۳۹۷	۰/۶۷	۲/۲۴	۰/۲۲
5A	۴	۲۲۶	۰/۵۵	۱/۶۲	۰/۳۷
6A	۹	۵۵۴	۱/۲۷	۲/۸۲	۰/۱۷
1K	۷	۱۸۶۸	۰/۸۰	۲/۵۹	۰/۱۹
2K	۱۱	۲۲۶۵	۱/۲۹	۳/۰۵	۰/۱۵
3K	۶	۱۵۲۹	۰/۶۸	۱/۹۸	۰/۳۳
4K	۱۱	۳۰۰۱	۱/۲۵	۲/۵۶	۰/۲۶
5K	۵	۷۹۴	۰/۶۰	۱/۷۶	۰/۳۹
6K	۱۴	۱۸۹۲	۱/۷۲	۲/۸۹	۰/۱۹
1D	۴	۱۷۵۶	۰/۴۰	۱/۶۰	۰/۳۸
2D	۹	۲۴۹۲	۱/۰۲	۲/۷۲	۰/۱۹
3D	۷	۱۸۶۹	۰/۸۰	۲/۱۴	۰/۳۰
4D	۴	۷۹۳	۰/۴۵	۱/۲۹	۰/۵۴
5D	۸	۱۴۱۷	۰/۹۶	۲/۶۴	۰/۱۹
6D	۱۱	۱۶۶۴	۱/۳۵	۲/۶۷	۰/۲۰

جدول ۹ ارتباط بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در فصل زمستان را نشان می‌دهد. براساس آزمون همبستگی در فصل زمستان بین مقدار pH با شاخص سیمپسون همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت (p<۰/۰۵) درحالی‌که با تعداد گونه‌ها، تراکم، شاخص مارگالوف و شانون همبستگی مثبت داشت (p>۰/۰۵). هم‌چنین بین دما با شاخص مارگالوف همبستگی مثبت معنی‌دار (p<۰/۰۵) و با تراکم همبستگی منفی معنی‌دار وجود داشت (p<۰/۰۵). بین اکسیژن با تعداد گونه‌ها، تراکم، شاخص مارگالوف و شانون همبستگی مثبت داشت (p>۰/۰۵). مقایسه بین تعداد گونه‌ها، تراکم، شاخص مارگالف، شانون و سیمسون در دو فصل تابستان و زمستان در جدول ۱۰ نشان داده شده است. براساس آزمون T-test مقدار شاخص‌های تنوع بین فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (p<۰/۰۵) درحالی‌که تراکم بین دو فصل تابستان و زمستان با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (p>۰/۰۵).

(DOI): 10.22034/aej.2020.120268

جدول ۸: ارتباط بین پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شده در فصل تابستان

	دما	pH	هدایت	شوری	اکسیژن	تعداد گونه	تعداد کل	مارگالف	شانون
pH	-۰/۲۹۳								
هدایت	۰/۲۴۶	-۰/۴۶۸							
شوری	۰/۱۲۳	۰/۰۰۲	-۰/۰۴۵						
اکسیژن	۰/۰۱۰	-۰/۶۴۰**	۰/۲۵۳	-۰/۲۴۴					
تعداد گونه	-۰/۲۲۰	۰/۱۷۸	-۰/۴۱۳	۰/۰۱۷	۰/۰۹۰				
تراکم	۰/۰۳۷	-۰/۰۶۰	-۰/۴۱۹	۰/۰۹۹	۰/۰۶۲	۰/۴۷۱*			
مارگالف	-۰/۲۶۷	۰/۱۹۶	-۰/۳۷۴	-۰/۰۲۲	۰/۰۷۶	۰/۹۶۷**	۰/۲۵۳		
شانون	-۰/۱۱۵	۰/۲۰۲	-۰/۳۱۶	-۰/۱۹۸	۰/۳۹۶	۰/۲۴۵	-۰/۱۴۴	۰/۳۳۴	
سیمپسون	۰/۰۰۰	-۰/۱۶۶	۰/۱۴۴	۰/۲۲۳	-۰/۳۴۸	۰/۱۰۰	۰/۳۴۹	-۰/۰۱۲	-۰/۹۳۰**

جدول ۹: ارتباط بین پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شده در فصل زمستان

	دما	pH	هدایت	شوری	اکسیژن	تعداد گونه	تعداد کل	مارگالف	شانون
pH	۰/۱۵۴								
هدایت	۰/۵۸۲*	-۰/۱۸۳							
شوری	-۰/۴۳۷	-۰/۰۱۶	-۰/۴۹۵*						
اکسیژن	۰/۳۴۵	۰/۰۳۵	۰/۶۱۲**	-۰/۰۵۹					
تعداد گونه	-۰/۲۱۸	۰/۲۸۵	۰/۰۲۵	-۰/۱۵۸	۰/۰۹۶				
تراکم	-۰/۵۵۴*	۰/۲۴۵	-۰/۳۳۴	۰/۱۱۶	۰/۰۴۹	۰/۶۴۶**			
مارگالف	۰/۵۰۲*	۰/۴۰۸	۰/۳۷۶	۰/۰۵۲	۰/۳۰۷	-۰/۰۸۰	-۰/۲۳۱		
شانون	۰/۰۰۸	۰/۴۱۷	۰/۲۱۹	-۰/۱۱۴	۰/۲۵۱	۰/۸۶۱**	۰/۵۰۸*	۰/۴۰۸	
سیمپسون	-۰/۲۱۹	-۰/۴۷۵*	-۰/۲۹۷	۰/۰۹۱	-۰/۳۱۱	-۰/۶۷۴**	-۰/۳۳۸	-۰/۶۶۱**	-۰/۹۳۹**

جدول ۱۰: مقایسه بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو فصل تابستان و زمستان

پارامتر	فصل	میانگین
تعداد گونه	تابستان	۴/۰۵ ^{a} ±۱/۱۶
	زمستان	۷/۲۲ ^{b} ± ۳/۰۰
تراکم	تابستان	۱۰۳۷/۵ ^{a} ± ۷۴۶/۴۷
	زمستان	۱۳۷۰/۵ ^{a} ± ۸۰۲/۶۳
مارگالف	تابستان	۰/۴۴ ^{a} ± ۰/۱۴
	زمستان	۰/۸۷ ^{b} ± ۰/۳۶
شانون	تابستان	۱/۲۸ ^{a} ± ۰/۲۸
	زمستان	۲/۲۶ ^{b} ± ۰/۵۰
سیمسون	تابستان	۰/۵۳ ^{a} ± ۰/۱۲
	زمستان	۰/۲۷ ^{b} ± ۰/۱۰

بحث

در بین زئوپلانکتون شناسایی شده در تحقیق حاضر ایستگاه‌های مورد مطالعه بیش‌ترین فراوانی در فصل تابستان مربوط به *Centropages* spp. می‌باشد که با نتایج حاصل از مطالعات انجام شده بر روی تنوع و فراوانی زئوپلانکتون خلیج فارس توسط Dobaradaran و همکاران (۲۰۱۸) سازگار می‌باشد. Fish larvae دارای فراوانی کمی در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل تابستان برخوردار می‌باشد. درفصل تابستان گروه‌های زئوپلانکتونی Meduse و Decapoda larvae تنها در ایستگاه 6D شناسایی گردید. با آغاز فصل زمستان فراوانی و قلمرو زیستی Meduse گسترش یافت و در هر سه منطقه عسلویه، کنگان و دلوار شناسایی شد. این در حالی است که Decapoda larvae تنها در کنگان مشاهده گردید. براساس نتایج به‌دست آمده شاخص تنوع گونه‌ای شانون در فصل زمستان در تمامی مناطق بالاتر از فصل تابستان بود که این حالت با توجه به شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط دریا بوده و منطبق بر سایر مطالعات انجام شده در این منطقه می‌باشد. دربین گروه‌های زئوپلانکتونی شناسایی‌شده بندپایان دارای بیش‌ترین

(DOI): 10.22034/aej.2020.120268

میزان فراوانی بودند که با نتایج حاصل از مطالعات شاپوری (۱۳۹۱) سازگار می‌باشد. در این تحقیق در هر دو فصل زمستان و تابستان بندپایان درای بیش‌ترین میزان فراوانی بودند و پس از آن‌ها طنابداران و نرم‌تنان‌قرار دارند. در مطالعه صورت گرفته توسط شاپوری (۱۳۹۱) بین تراکم زئوپلاکتون در فصل پاییز و تابستان اختلاف معنی‌دارای مشاهده نگردید، ولی با فصول بهار و زمستان تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد مشاهده شد. در تحقیق انجام گرفته توسط فلاحی و همکاران (۱۳۸۲) به این نتیجه رسیدند که فراوانی زئوپلانکتونی در انتهای پاییز و اوایل زمستان افزایش و اواخر زمستان کاهش می‌یابد. در تحقیق حاضر نیز اوج فراوانی زئوپلانکتون در فصل زمستان مشاهده گردید.هم‌چنین سواری(۱۳۶۱)ضمن‌اشاره به‌ارتباط تنگاتنگ فراوانی فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی اعلام نمود که در اواسط اردیبهشت تراکم فیتوپلانکتون به حداکثر رسیده و از نیمه دوم این ماه به‌تدریج از فراوانی آن‌ها کاسته شده و به فراوانی زئوپلانکتونی اضافه می‌گردد. سواری (۱۳۶۱) نشان داد که فراوانی زئوپلانکتون در فصل تابستان، اختلاف معنی‌داری با بهار و زمستان داشت،ولی بین فراوانی زئوپلانکتون این فصل با پاییز تفاوت معنی‌دار وجود نداشت.

اعضای راسته کالانوئید(Calanoida) دارای بیش‌ترین فراوانی در بین سایر گروه‌های زئوپلانکتونی بودند.خدادادی(۱۳۷۰)طی مطالعات پلانکتون‌های خلیج فارس درمحدودهی استان بوشهر بیان داشته است که پاروپایان عمده‌ترین گروه زئوپلانکتون منطقه و از بین آن‌ها راسته کالانوئیدها بسیار فراوان‌تر از راسته‌های دیگر بوده‌اند.رده پاروپایان دارای بیش‌ترین فراوانی هستند. فلاحی و همکاران (۱۳۸۲) و نیز Baker و همکاران(۲۰۰۶)در مطالعات خود بیان نمودند که این رده فراوان‌ترین گروه زئوپلانکتونی در کل حوزه ایرانی خلیج‌فارس می‌باشند. هم‌چنین در مطالعات صورت گرفته توسط اسکندری‌راد (۱۳۸۴) نیز چنین روندی مشاهده گردید. هم‌چنین در مطالعه‌ای که توسط Eco-Zist (۱۹۸۰) در آب‌های منطقه بوشهر انجام گرفته است نیز پاروپایان را به‌عنوان غالب‌ترین گروه زئوپلانکتونی در آب‌های خلیج فارس نشان می‌دهد. در تحقیقی که توسط AL Khabaz و Fahmi (۱۹۹۸) صورت گرفت، ضمن تعیین تراکم پاروپایان خلیج فارس اعلام گردید که این جانداران با ۶۶/۶ درصد بالاترین میزان تراکم را بین سایر گروه‌های زئوپلانکتونی دارند. پس از پاروپایان لاروهای پلانکتونی سایر سخت پوستان به‌ترتیب بیش‌ترین جمعیت غالب در منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص دادند. در تحقیق حاضر گروه‌های زئوپلانکتونی نظیر *Acrocalanus* spp.، *Acartia* spp.، *Temora* spp.، *Corycaeus* spp.، *Centropages* spp.، *Oikopleura* sp.، *Sagitta* sp.، Cyphonautes، larvae Cirripedia nauplii، Medusa، Decapoda larvae، Radiolaria، *Labidocera* sp. در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید که هی‌چیک از این گروه‌ها توسط ربانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نشد. هم‌چنین زئوپلانکتون از جنس *Actinopod*، *Ascidacea*، *Euphasid* توسط ربانی‌ها و همکاران(۱۳۹۱) گزارش شد که در این مطالعه مشاهده نگردید. توزیع زئوپلانکتون در محیط‌های آبی تا حدود زیادی وابسته به پارامترهای محیطی نظیر دما، شوری، کدورت، pH و مواد مغذی آب می‌باشد. با توجه به این‌که زئوپلانکتون ازفیتوپلانکتون موجود درمحیط تغذیه می‌کنند و پارامترهای محیطی به‌طور گسترده‌ای بر روی توزیع فیتوپلانکتون‌ها تاثیرگذرا می‌باشد بنابراین این قبیل پارامترهای محیطی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند بر روی توزیع زئوپلانکتون در ستون آب تاثیرگذار باشد (Paulone، ۲۰۰۷). در مطالعه حاضر بین تعداد گونه‌های شناسایی شده با دما همبستگی منفی (۰/۲۲۰- در فصل تابستان و ۰/۲۲۸- در فصل زمستان) وجود دارد. این احتمال وجود دارد با افزایش دما، فیتوپلانکتون‌ها به سمت لایه‌های آبی با دمای کم‌تر منتقل شده و زئوپلانکتون در پی فیتوپلانکتون‌ها به لایه‌های پایین‌تر و با شرایط دمای مطلوب‌تر منتقل شوند. بین تعداد کل گونه‌ها و دما در فصل تابستان همگرایی مثبت وجوددارد(۰/۰۳۷) اما این همگرایی معنی‌دار نمی‌باشد. در فصل زمستان بین تعداد کل گونه‌های زئوپلانکتونی شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه و دما همگرایی منفی (۰/۵۵۴-) و معنی‌دار می باشد (P<۰/۰۵). بین تعداد گونه‌های شناسایی شده و تعداد کل گونه‌های موجود در مطالعه حاضر و pH همگرایی مثبت وجود دارد ولی این همگرایی معنی‌دار نمی‌باشد. عملکرد فیتوپلانکتون‌ها باعث مصرف کربن دی اکسید آب طی پدیده فتوسنتز می‌شود. کاهش کربن دی اکسید آب باعث افزایش pH محیط می‌شود. بنابراین در نقاطی که فیتوپلانکتون‌ها تجمع دارند pH معمولاً بالاتر می‌باشد. بنابراین زئوپلانکتون در پی فیتوپلانکتون در آن قسمت از ستون آبی تجمع بیش‌تری دارند. اکسیژن و تعداد گونه‌ها و تعداد کل گونه‌ها در منطقه مورد مطالعه دارای همگرایی مثبت می‌باشد. با توجه به عملکرد فیتوپلانکتون و نقش آن‌ها در تولید اکسیژن و مواد آلی در محیط‌های آبی به‌نظر می‌رسد تجمع زئوپلانکتون در مناطق با اکسیژن بالاتر بیش‌تر باشد. ارتباط مثبت اکسیژن و تجمع گونه‌های زئوپلانکتونی مغایر با نتایج به‌دست آمده توسط Vijverberg و همکاران (۲۰۰۴) می‌باشد.در مطالعات انجام‌شده‌توسط Vijverberg و همکاران (۲۰۰۴) همگرایی منفی و معنی‌دار بین اکسیژن و اجتماع زئوپلانکتون گزارش شد. زئوپلانکتون‌ها موجودات جانوری هوازی بوده و برای ادامه بقاء نیاز به اکسیژن دارند. درصورتی‌که غلظت اکسیژن از مقدار ۲/۵ گرم بر لیتر درآب کم‌تر شود شرایط برای زیست‌زئوپلانکتون‌بحرانی خواهد شد (Aka و همکاران، ۲۰۰۰؛ Hanazato و همکاران، ۱۹۸۹). علی‌رغم این‌که بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و زئوپلانکتو ن شناسایی شده

(DOI): 10.22034/aej.2020.120268

در تحقیق حاضر همگرایی وجود دارد ولی این همگرایی معنی‌دار نبوده و ضعیف می‌باشد. در مطالعاتی که توسط ربانی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی اجتماع پلانکتون‌ها در آب‌های دور از ساحل در استان بوشهر انجام گردید بین اجتماع زئوپلانکتون و پارامترهای محیطی همگرایی مشاهده نگردید. گروه زئوپلانکتونی Copepodites در فصل تابستان در منطقه مورد مطالعه مشاهده نگردید. در فصل زمستان در دو ترانسکت A و D مشاهده شده و از فراوانی کمی در مقایسه با سایر زئوپلانکتون شناسایی شده در مطالعه حاضر برخوردار می‌باشد. تنوع زیستی نسبتاً پایین Copepodites در مقایسه با سایر گونه‌ها با تجمع بالا نظیر *Centropages* spp. می‌تواند به توانایی نسبتاً پایین آن در پراکنش باشد. در مقابل دیگر گونه با تجمع بالا قادر به تخم‌گذاری در شرایط نسبتاً سخت زیستی می‌باشد. این در حالی است که مرحله لاروی گونه Copepodite از حساسیت بیش‌تری نسبت به تغییر پارامترهای محیطی برخوردار است (Vijverberg و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج این تحقیق مشخص کرد که تنوع و تراکم زئوپلانکتون در دو فصل و در مناطق مورد مطالعه تفاوت داشت که این تفاوت ناشی از تغییرات فصل و تغییرات پارمترهای محیطی در مناطق مورد مطالعه بود. از آن‌جایی‌که خلیج فارس به‌شدت تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی به‌ویژه فعالیت‌های مرتبط با اسخراج نفت و گاز می‌باشد و یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی در دنیا می‌باشد توجه بیش‌تر برای بهره‌برداری پایدار از این اکوسیستم لازم و ضروری است.

منابع

۱. **خدادادی، م.، ۱۳۷۰.** شناسایی فراوانی پلانکتون‌های خلیج فارس از بحر کانسر تا خلیج نایبند. سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران. مرکز تحقیقات شیلاتی خلیج فارس. بوشهر. ۱۳۵ صفحه.

۲. **ربانی‌ها، م.؛ ایزدپناهی، غ.؛ محسنی‌زاده، ف. و عوفی، ف.، ۱۳۹۱.** تغییرات اجتماع پلانکتون‌ها در آب‌های دور از ساحل جنوب استان بوشهر. اقیانوس‌شناسی. سال ۳، شماره ۱۱، صفحات ۲۱ تا ۳۱.

۳. **سواری، ا.، ۱۳۶۱.** بررسی پلانکتون‌های منطقه بوشهر-کنگان خلیج فارس. سازمان تکثیر و توسعه آبزیان وزارت کشاورزی، ایران.

۴. **شاپوری، م.، ۱۳۹۱.** بررسی ترکیب و فراوانی زئوپلانکتون آب‌های خلیج فارس محدوده خلیج نایبند و جزیره قشم. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. دوره ۷، شماره ۳، صفحات ۵۹ تا ۶۸.

۵. **فلاحی‌کپورچالی، م.؛دهقان، س. و اسلامی، ف.، ۱۳۸۲.** گزارش پلانکتونی حوزه ایرانی خلیج فارس. پروژه هیدرولوژی و بیولوژی خلیج فارس، موسسه تحقیقات شیلات ایران.

۶. **Abohweyere, P.O., 1990.** Study of Limnological parameters and potential fish yield in Kigera reservoir (Extensive system) in Kainji, New Bussa, Nigeria. Journal of Aquatic Sciences. Vol. 5, pp: 53-58.

۷. **AL-Khabbaz, M. and Fahmi, A.M., 1998.** Distribution of Copepods in the ROPME Sea Area 1994. Terra Scientific Publishing Company. Tokyo, Japan.

۸. **Al-Yamani, F.Y.; Skryabin, V.; Gubanova, A.; Khvorov, S. and Prusova, I., 2011.** Marine zooplankton practical guide. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait. 399 p.

۹. **Baker, M.; Hosny, C.F.H. and Al-Suwailem, A.M., 2006.** Contribution to the study of zooplankton diversity, abundance and biomass in Saudi waters, Arabian Gulf, Sultan Qaboos. Agricultural and Marine Sciences. Vol. 11, No. 1, pp: 71-88.

۱۰. **BioDiversity Pro beta. 1997.** Programme written and developed by Neil McAleece, devised jointly by Lambshead, P.J.D. and Paterson, G.L.J., of the The Natural History Museum in London and J. D. Gage of the Scottish Association for Marine Science, Oban, Scotland.

۱۱. **Eco Zist Consulting Engineers. 1980.** Environmental report. Atomic Energy Organization of Iran. Tehran, Iran.

۱۲. **Goswami, C.S., 1983.** Production and zooplankton community structure in the lagoon & surrounding sea at Kavaratti Atoll (Lakshadweep). Indian journal of marine science. Vol. 12, pp: 31-35.

۱۳. **Hanazato, T.; Yasuno, M. and Hosomi, M., 1989.** Significance of a low oxygen layer for a *Daphnia* population in Lake Yunoko, Japan. Hydrobiologia. Vol. 185, pp: 19-27.

۱۴. **Hickman, A.E.; Moore, C. and Sharples, J., 2012.** Primary production and nitrate uptake within the seasonal thermocline of a stratified shelf sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 463, pp: 39-57.

۱۵. **Holden, M.J. and Green, J., 1960.** The hydrology and plankton of River Sokoto. Journal Animal Ecology. Vol. 29, pp: 65 -84.

۱۶. **Margalef, M., 1972.** Homage to Evelyn Hutchinson, why there is an upper limit in diversity. In Deevey, E.S., (ed.), Growth by intussusceptions, ecological essays in honor of G. Evelyn Hutchinson. Transaction Connecticut Academy of Arts and Science. Connecticut, USA. Vol. 44, pp: 211-235.

۱۷. **Marques, S.C.; Pardal, M.A.; Pereira, M.J.; Goncalves, F.; Marques, J.C. and Azeiteiro, U.M., 2007.** Zooplankton distribution and dynamics in a temperate shallow estuary. Hydrobiologia. Vol. 587, pp: 213-223.

۱۸. **Vijverberg, J.; Dejen, E.; Leo, A.; Nagelkerke, J. and Sibbing, F.A., 2004.** Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia). Hydrobiologia. Vol. 513, pp: 39-49.

۱۹. **Waniek, J.J.; Holliday, N.P.; Davidson, R.; Brown, L. and Henson, S.A., 2005.** Freshwater control of onset and species composition of Greenland shelf spring bloom. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 288, pp: 45-57.

(DOI): 10.22034/aej.2020.120268

Composition and biodiversity of zooplankton in coastal waters of Bushehr province of Persian Gulf

- **Fatemeh Khaksar*:** National Institute of Oceanography and Atmospheric Sciences, Tehran, Iran
- **Parisa Nejatkhah Manavi:** Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
- **Arya Ashja Ardalan:** Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: August 2019 Accepted: November 2019

Key words: Zooplankton, Biological index, Bushehr, Persian Gulf

Abstract

We aimed to investigate diversity and density in zooplankton of the Persian Gulf. To do so, zooplankton samples were collected from 18 stations in summer and winter 2017. In winter 2017, 18 zooplankton species were identified, while the number of species observed in summer was 7. Generally, crustaceans had the most abundance (48%), and then Mollusca and Chordata abundances were 1%. *Acrocalanus* spp and *Centropages* spp showed the most abundance in winter (577±458 ind.m^{-3}) and summer (848±487 ind.m^{-3}), respectively. Shannon diversity index varied in summer among various stations (0.68-1.83). Its highest level was detected in station 1A and its lowest level was seen in station 4D. In winter, the variation of this index was from 1.29 to 3.05. In summer, Shannon diversity index values varied between stations (0.68 to 1.83), with the highest at station A1 and the lowest at station D4. In winter, there was a significant positive correlation between temperature and Margalef's index ($p<0.05$) and negative correlation with density ($p<0.05$), whereas in summer, diversity indices were not significantly correlated with any environmental parameters ($p>0.05$).

* Corresponding Author's email: f_khaksar1361@yahoo.com