

مطالعه اجتماعات سخت پوستان پلانکتونیک (پاروپایان، کلادوسرا) مصب رودخانه اروند با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM

معصومه شیامی‌زاده، نسرين سخایی*، بابک دوست شناس، احمد سواری، سید محمد باقر نبوی

گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۵

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2019.149004.2197](https://doi.org/10.22113/jmst.2019.149004.2197)

چکیده

هدف از این مطالعه شناسایی و بررسی تراکم و پراکنش پاروپایان و کلادوسرا و بررسی ساختاری گونه های غالب آن ها در رودخانه اروند به وسیله میکروسکوپ الکترونی SEM است. نمونه برداری با استفاده از تورپلانکتون گیری ۵۰ میکرومتر در ۶ ایستگاه با ۳ تکرار و در چهار نوبت (فصول مختلف) انجام گردید. نمونه ها به وسیله میکروسکوپ تباین- فاز مورد شناسایی اولیه و توسط میکروسکوپ الکترونی SEM مورد شناسایی فراساختاری قرار گرفتند. ۱۵ گونه پاروپا و ۵ گونه کلادوسرا در رودخانه اروند شناسایی شدند. بیشترین تراکم سخت پوستان پلانکتونیک شامل پاروپایان و کلادوسرا با میانگین تراکم ۹۴۸۱ و ۳۱۵۵ فرد در مترمکعب در فصل تابستان محاسبه گردید. از گروه پاروپایان گونه های *Labidocera Subcalanus flemingeri*, *Canthocalanus pauper*, *Acartia faoensis* که ۶۱٪ در صد از کل جمعیت را به خود اختصاص دادند و از گروه کلادوسرا گونه های *Moina macrocopa* و *Daphnia longisoina* ۵۴٪ از کل جمعیت کلادوسرا به خود اختصاص دادند. نتایج حاصل از شاخص Saprobic نشان داد که میانگین ایستگاهی این شاخص در رودخانه اروند ۲/۴۸ می باشد که نشان دهنده ی قرار گرفتن این رودخانه در رده های β-mesosaprobic (آلودگی متوسط) می باشد.

واژگان کلیدی: سخت پوستان پلانکتونیک، رودخانه اروند، میکروسکوپ SEM، شاخص Saprobic

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: sakhaei@kmsu.ac.ir

۱. مقدمه

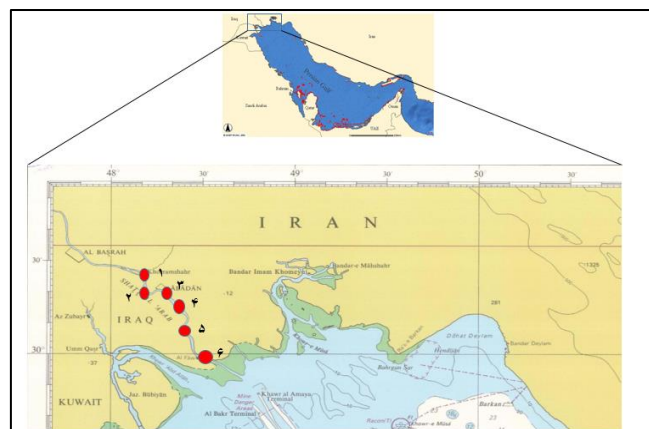
میکروژئوپلانکتون‌ها به عنوان مولفه‌های مهم اکوسیستم‌های آبی مطرح می‌باشند و نقش مهمی را در انتقال انرژی در سیستم‌های دریایی باز می‌کنند (Severini et al., 2001). یکی از بزرگترین و فراوان‌ترین گروه‌های زئوپلانکتون، پاروپایان پلانکتونیک می‌باشد که حدود ۶۰ تا ۸۰٪ تراکم بیومس کل زئوپلانکتون‌ها در اکوسیستم‌های آبی را تشکیل می‌دهند (Conway et al., 2005). پاروپایان دارای نقش کلیدی در زنجیره غذایی می‌باشند و به عنوان تولیدکنندگان ثانویه در اقیانوس‌ها مطرح بوده و باعث ایجاد ارتباط میان فیتوپلانکتون‌ها و میکروژئوپلانکتون‌ها با سطوح تغذیه‌ای بالاتر همانند ماکروژئوپلانکتون‌ها (پیکانیان، ژله فیش‌ها، شانه داران و غیره) و ماهیان پلانکتون‌خوار می‌شوند (Souissi et al., 2001). پاروپایان پلانکتونیک در تمام اعماق همه اکوسیستم‌های آبی شور، لب‌شور و شیرین یافت شده که عمدتاً در ۴ گروه کلانوتید، سیکلوپوئید، هارپکتیکوئید و پسیلوستوماتوئید جای می‌گیرند. پاروپایان پلانکتونیک فاقد آبشش بوده و اکسیژن را مستقیماً از سطح بدنشان به طریق انتشار کسب می‌نمایند (Brusca & Brusca, 2003). کلادوسرا از رده Branchiopoda بوده که تا کنون ۶۲۰ گونه از آنها شناسایی شده‌اند و غالباً ساکنین آب‌های شیرین بوده، اما دارای گونه‌های دریایی نیز می‌باشند. اکثر آنها دارای زندگی بکرزایی بوده که همراه با تولیدمثل غیرجنسی باعث ایجاد تخم‌هایی می‌شود که قادر به زنده ماندن در شرایط سخت و پراکنده شدن در زیستگاه‌های دور می‌باشند. بدن کلادوسرها به شکل یک صدف دوکفه‌ای نیمه شفاف بوده و سر آن به رسترومی که به طرف پایین خم شده ختم می‌شود، دومین آنتن‌ها در ناحیه سرقوی و تکامل یافته‌است و به‌عنوان اندام‌شنا به کار برده می‌شود. به‌علت روش تولیدمثلی سریع و همچنین ارزش غذایی بسیار بالای کلادوسرها، از آنها در صنعت تکثیر و پرورش غذای زنده استفاده می‌گردد. در بسیاری از گونه‌ها شکل

بدن در طول سال بر حسب شرایط زیست‌محیطی تغییر یافته و به تغییر غلظت نوتریت‌ها بسیار حساس می‌باشند (Suthers et al., 2009). در کشور ایران میکروژئوپلانکتون‌های رودخانه بهمنشیر توسط (Ara et al., 2014)، پاروپایان پلانکتونیک آب‌های بحرکان توسط (Peyghan et al., 2013)، مایسیده‌های پلانکتونیک آب‌های مصب رودخانه بهمنشیر و اروند توسط (Bazrafshan et al., 2014) مورد شناسایی قرار گرفتند. اما در مطالعات داخل کشور تا کنون گزارشی مبنی بر شناسایی زئوپلانکتون‌ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی مشاهده نشده‌است. در مطالعات خارج از کشور شناسایی فراساختاری زئوپلانکتون‌ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی صورت گرفته‌است (Sharma, 2011, Saha et al., 2011). همچنین Nikleka و همکاران در سال ۲۰۰۶ زئوپلانکتون‌ها را به عنوان نشانگر زیستی کیفیت آب معرفی نموده‌اند. هدف از این مطالعه بررسی تراکم و مطالعه فراساختاری گونه‌های غالب پاروپایان و کلادوسرا می‌باشد و در نهایت با استفاده از شاخص Saprobia میزان آلودگی رودخانه اروند محاسبه می‌گردد.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در شمال غربی خلیج فارس در سواحل استان خوزستان که عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۳۰/۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ تا ۴۹ درجه شرقی انجام شده‌است. طول رودخانه اروند در حدود ۱۷۵ کیلومتر می‌باشد که این رود از هم‌ریزش رودخانه دجله و فرات و سپس کارون تشکیل شده‌است. اروندرود در میان شهر ایرانی اروندکنار، خرمشهر و شهر عراقی فاو قرار دارد که به خلیج فارس می‌ریزد. برداشت نمونه‌های سخت‌پوست پلانکتونیک از ۶ ایستگاه در طی ۴ فصل از زمستان ۱۳۹۴ تا پاییز ۱۳۹۵ انجام گردید (شکل ۱ و جدول ۱). نمونه‌برداری به وسیله تور پلانکتون‌گیری با چشمه تور ۵۰ میکرون به طول ۱۸۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۴۵ سانتی‌متر

ژئوپلانکتونی به آزمایشگاه، مقدار ۱ میلی لیتر به پلانکتون چمبر منتقل و به وسیله میکروسکوپ اینورت مدل Olymous TL-2 مورد بررسی قرار گرفتند. پاروپایان و کلاوسرا از دیگر ژئوپلانکتون‌ها جداسازی شدند و شناسایی آنها با کلیدهای شناسایی (Muxagata et al., 2004; Conway et al., 2003; Berner, 1986; Zhong, 1989) صورت گرفت. تراکم گونه‌های پاروپایان نیز به صورت فرد در مترمکعب محاسبه گردید.



شکل ۱. نقشه منطقه نمونه برداری

امیرکبیر تهران انتقال داده شد. سپس نمونه را با سرنگ انسولین به صورت مجزا روی لام قرار داده و در فضای باز به مدت ۴۵ الی ۵۰ دقیقه قرار گرفت تا کاملاً خشک شود. سپس نمونه‌ها در دستگاه مخصوص کدگیری (کدگیری به این معنی که نمونه‌ها را با آلیاژ طلا یا نقره روکش می‌نمایند) به مدت ۳۰ الی ۳۵ دقیقه قرارداد شد. عکس نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی SEM گرفته شد. برای مقایسه تراکم پاروپایان و کلاوسرا در فصول مختلف، ابتدا نرمال بودن آنها توسط آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. پس از آن برای بررسی وجود اختلاف معنی‌داری میان داده‌ها از آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA استفاده شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار میان داده‌های مورد بررسی، از آزمون Tukey و در برنامه SPSS 11.5 استفاده گردید. برای رسم نمودارها از برنامه Excell استفاده شد.

انجام گردید. جهت سنجش میزان آب عبوری از درون تور، از فلومتر که در دهانه تور نصب شده بود، استفاده گردید. پس از هر بار کشش تور، شستشوی تورپلانکتون بر روی شناور انجام گردید. سپس نمونه‌ها به ظروف یک لیتری منتقل گردیدند و با فرمالین-۴٪ تثبیت شدند (Omori and Ikeda, 1989). از هر ایستگاه ۳ بار نمونه برداری جهت تکرار آزمایش‌ها صورت گرفت. در هر نوبت نمونه برداری عوامل محیطی شامل دما، شوری و اکسیژن محلول در محیط اندازه گیری و ثبت گردیدند. پس از انتقال نمونه‌های

شناسایی گونه‌های پاروپایان با استفاده از شکل کلی و اندازه بدن، نسبت یوروزوم به پروروزوم و تعدادبندها در هر قسمت، شکل و اندازه آنتن‌ها خصوصاً آنتن دوم، شکل آخرین، تعداد و شکل پاهای شنا (بخصوص پای-چهارم و پنجم) صورت گرفت (Conway et al., 2003) شناسایی گونه‌های کلاوسرا با استفاده از شکل کلی بدن، شکم و زوائدسینه‌ای، وجود یا عدم وجود روستروم، زوائدروی آنتن‌ها، وجود یا عدم وجود خارپستی در کاراپاس صورت گرفت (Suthers et al., 2009). نمونه‌ها بعد از شناسایی به مدت ۱ الی ۲ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک قرارداد تا گل ولای و مواد اضافی که به بدن نمونه چسبیده، زدوده شود. سپس آنها را در سری الکل افزایشی (۳۰ تا ۱۰۰٪) برای آبگیری قرارداد شد. زمان مناسب برای هر مرحله از سری الکل افزایشی ۳ الی ۴ دقیقه بود. بعد از آن نمونه‌های آبگیری شده به آزمایشگاه دانشگاه صنعتی

جدول ۱. طول و عرض جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	۳۰ ۲۶' N	۴۸ ۸' E
۲	۳۰ ۲۵' N	۴۸ ۹' E
۳	۳۰ ۲۲' N	۴۸ ۱۱' E
۴	۳۰ ۲۱' N	۴۸ ۱۱' E
۵	۳۰ ۲۰' N	۴۸ ۱۶' E
۶	۳۰ ۱۸' N	۴۸ ۱۱' E

۳. نتایج

شناسایی شد. بیشترین میانگین تراکم میکروزئوپلانکتون ها در فصل تابستان ۱۹۸۶۰/۲۶ فرد در متر مکعب و کمترین تعداد آن در زمستان ۱۳۳۶/۷ فرد در متر مکعب ثبت گردید (جدول ۲).

به طور کلی در مطالعه حاضر ۱۵ گونه از پاروپایان متعلق به ۳ راسته و ۱۱ جنس و ۹ خانواده و ۵ گونه از کلادوسرا متعلق به ۱ راسته و ۴ خانواده و ۴ جنس

جدول ۲. فراوانی حضور گونه های پاروپایان در رودخانه اروند (تعداد در متر مکعب).

فصل	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۵	۱۳۹۵
<i>Acartia faoensis</i>	۱۰۴	۹۸۳	۱۱۲۷	۲۴۷
<i>Canthocalanus pauper</i>	۱۱۳	۹۳۹	۱۰۸۶	۲۲۷
<i>Subcalanus flemingeri</i>	۴۵	۷۷۸	۸۷۰	۱۵۰
<i>Labidocera acuta</i>	۹۳	۷۱۶	۸۹۹	۱۹۹
<i>Pseudodiaptomus ordjun</i>	۴۸	۵۲۵	۸۶۵	۱۱۹
<i>Parvocalanus elegans</i>	۱۸	۵۵۲	۷۷۶	۱۱۹
<i>Oithona nana</i>	۴۵	۵۰۶	۷۳۵	۹۸
<i>Oithona attenuate</i>	۱۶	۴۴۰	۶۳۶	۷۷
<i>Oithona simplex</i>	۴۰	۳۱۲	۵۱۰	۶۸
<i>Oithona aculata</i>	۳۷	۲۳۷	۴۳۰	۶۶
<i>Miraciidae gracilis</i>	۳۵	۲۲۸	۳۸۹	۵۶
<i>Amphiasus attenuates</i>	۱۷	۲۱۸	۳۸۹	۵۶
<i>Pontellopsis sp.</i>	۰	۱۵۰	۳۲۰	۳۶
<i>Acertia fossae</i>	۱۷	۱۷۸	۲۳۹	۶۹
<i>Acrocalanus gracilis</i>	۰	۱۲۱	۲۱۰	۶۳

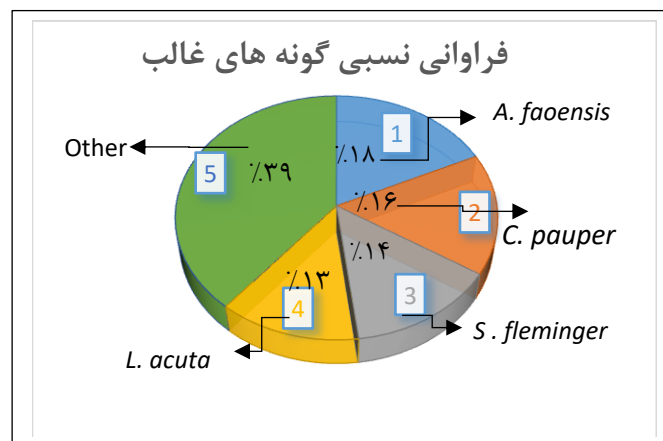
در مطالعه حاضر گونه های غالب در پاروپایان به ترتیب شامل *Canthocalanus* ، *Acartia faoensis* ، *Subcalanus* ، *Labidocera acuta pauper* و *flemingeri* بودند (شکل ۲).

در پژوهش حاضر ۴ گونه از کل پاروپایان در کل سال غالب بودند که در مجموع ۶۱٪ از کل جمعیت پاروپایان را شامل شدند.

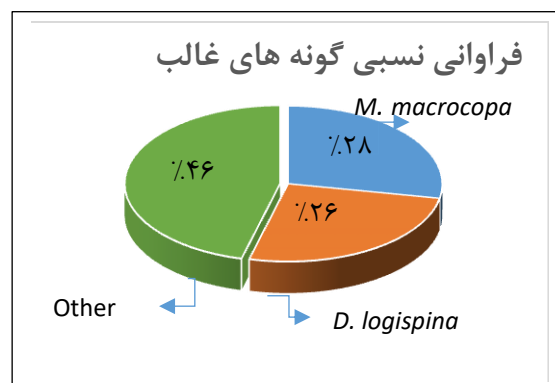
جدول ۳. فراوانی حضور گونه های کلاوسر در رودخانه اروند (فرد در متر مکعب).

فصل	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۵	۱۳۹۵
<i>Moina macrocopa</i>	۵۶	۴۸۰	۱۰۹۸	۱۱۰
<i>Diaphnia longispina</i>	۵۳	۴۶۹	۷۵۲	۱۰۱
<i>Diaphnosoma brachyrum</i>	۳۱	۲۶۸	۴۷۷	۹۹
<i>Diaphnosoma sp.</i>	۳۱	۲۵۷	۳۹۰	۸۴
<i>Bosmina longirooti</i>	۲۸	۱۹۷	۳۵۱	۶۷

شکل ۲. فراوانی نسبی گونه های غالب پاروپایان



همچنین دو گونه *M. macrocopa* و *D. longispina* از کل کلاوسرها در کل سال غالب بودند که در مجموع ۵۴٪ از کل جمعیت کلاوسرها را شامل شدند (شکل ۳).



شکل ۳. درصد فراوانی نسبی گونه های غالب کلاوسرها.

گونه *A. faoensis* (خانواده Acartiidae)

مشخصات ریخت‌شناسایی گونه‌های غالب پاروپایان و کلاوسرها به وسیله میکروسکوپ SEM:

تشکیل شده که بنداول بزرگتر و بندجنسی است. بند- آخر فورکا دارای ۵ تار بلند و یک تار کوتاه می باشد. پای پنجم در ماده ها متقارن و دوبندی بوده که بند آخر نوک تیز و طویل شده است (شکل ۴).



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپ الکترونی. *Acartia faoensis* - (۱: نمای کامل، ۲: پای پنجم و بندجنسی، ۳: بندها و تارهای آنتنول با میکروسکوپ الکترونی)
(۴: نمای کامل با میکروسکوپ اینورت).

باشد (شکل ۵). سفالوزوم پهن گشته و به حالت سه- گوش درآمده و پروروزوم کشیده است. پروروزوم در ماده ها از سه بند تشکیل شده است. فورکا به صورت متقارن و دارای تارهای نسبتاً بلند می باشد. فورکا با بند جنسی ترکیب شده و مرز مشخصی وجود ندارد و پهن شده است. پای پنجم در ماده ها وجود ندارد.

گونه *S. flemingeri* (خانواده Eucalanidae)

جنس *Subecalanu* از نظر طول کل بدن، جزو بلندترین گونه ها می باشد. طول بدنه این گونه ۱/۹۵ میلی متر بود. آنتنول از ۲۵ بند با تارهای کوتاه که بلندتر از فورکا است. انتهای لبه های هر بند آنتنول در این گونه برجسته است، همانند چند لیوان در هم فرورفته بوده که از مشخصه های بارز این گونه می-



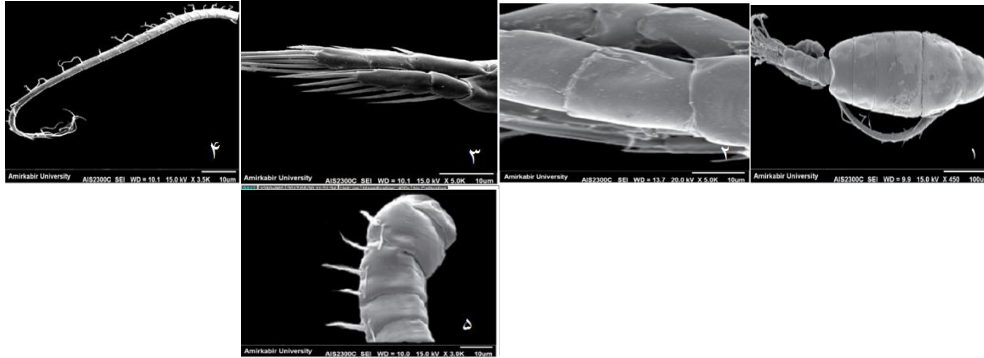
شکل ۵. تصاویر میکروسکوپ الکترونی *Subecalanus flemingeri* - (۱: نمای کامل، ۲: آخرین بند متازوم و بندجنسی، ۳: نمای کامل با میکروسکوپ الکترونی)
(۴: نمای بندهای آنتنول با میکروسکوپ اینورت).

طول کل بدن ۱/۳۰ میلی متر می باشد. آنتنول شامل ۲۰ بند و بر روی هر بند یک تار کوتاه قرار دارد. بزرگ-

گونه *C. pauper* (خانواده Calanidae)

وجود دارد (شکل ۶). قسمت یوروزوم و پای پنجم که از دو بخش اگزوپود (شامل ۳ بند) و اندوپود (شامل ۲ بند) تشکیل شده در شکل ۶ قابل مشاهده است.

نمایی بندهای آنتنول در شکل ۶ نمایان است. سفالوزوم شامل سروبند اول سینه‌ای است. قسمت قدامی سفالوزوم مسطح و گرد شده است و یوروزوم از ۴ بند تشکیل شده و تارهای محکمی بر روی فورکا



شکل ۶. تصاویر میکروسکوپ الکترونی *Canthocalanus pauper*

(۱: نمای کامل، ۲: بندهای قسمت یوروزوم، ۳: پای پنجم، ۴: آنتنول، ۵: بند آنتنول و زائده‌های شاخک مانند با میکروسکوپ الکترونی) (۶: نمای کامل با میکروسکوپ اینورت).

مثلاً شکل به سمت یوروزوم کشیده شده است که از شاخه‌های برجسته جنس *Labidocera* است. یوروزوم از ۳ بند تشکیل شده که در بند آخر (فورکا) به صورت گرد با تارهای نازک و قطور دیده می‌شود (شکل ۷).

گونه *L. acuta* (خانواده Pontellidae)

طول بدن ۱/۵ میلی متر است. آنتنول ۲۳ بند و روی هر بند تارهای تقریباً ضخیمی وجود دارد. روستروم به صورت نوک‌دار است. سفالوزوم کشیده و چشم‌ها برجسته و مشخص هستند. متازوم از ۴ بند تشکیل شده است که در بند آخر در دو طرف به صورت زائده-



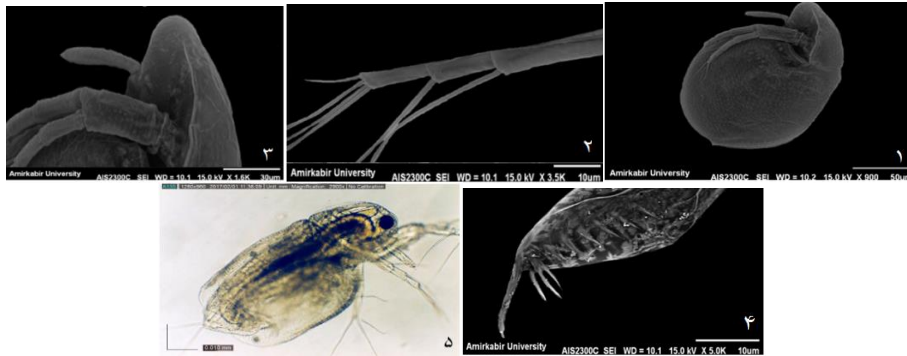
شکل ۷. تصاویر میکروسکوپ الکترونی *Labidocera acuta*

(۱: نمای کامل، ۲: آخرین بند متازوم، ۳: نمای کامل با میکروسکوپ الکترونی) (۴: آخرین بند متازوم با میکروسکوپ اینورت).

یک تار بلند وجود دارد که در بند آخر تعداد تارها بیشتر شده است. کاراپاس دارای خارپشتی است (شکل ۸). قسمت پشت سر هم‌راستا با بدن صاف و شفاف است.

گونه *M. macrocopa* (خانواده Moinidae)

شکل کلی بدن تقریباً کشیده و روستروم زائده زبانی- شکل دارد. که شاخص خانواده Moinidae است. زائده مخصوص شنا از ۳ بند تشکیل شده و در هر بند

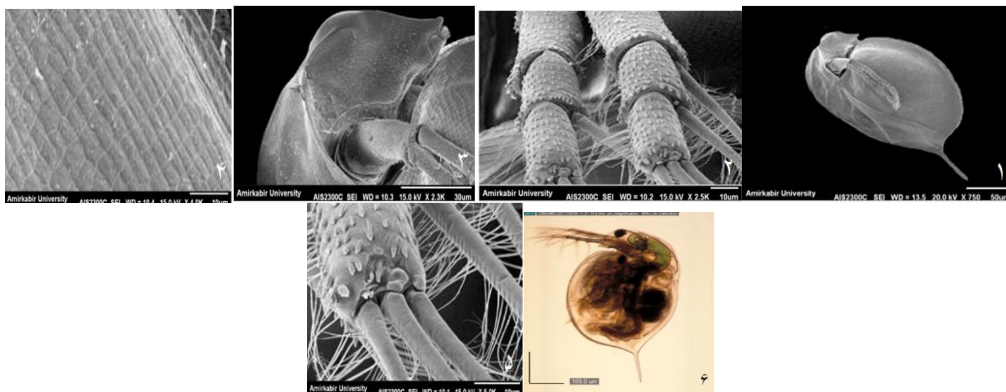


شکل ۸. تصاویر میکروسکوپ الکترونی *Moina macrocopa* (۱: نمای کامل، ۲: آنتن‌ها و وزوائد شاخک‌مانند، ۳: سر و روستروم، ۴: زائده شاخک‌مانند انتهای پستی با میکروسکوپ الکترونی) (۵: نمای کامل با میکروسکوپ اینورت).

شده است. در انتهای هر بند ۲ تار بلند و بند آخر دارای ۳ تار بلند که همه تارها دارای برانش است. در تصاویر شکل ۹ زوائد بند آخر را با میکروسکوپ الکترونی قابل مشاهده است. قسمت شکمی کاملاً برآمده و سطح آن به صورت مربع شکل منظم است.

گونه *D. longispina* (خانواده Daphnidae)

بدن دارای کاراپاس دوکفه‌ای نیمه شفاف کیتینی است. سر به سمت شکم خم شده و قسمت پستی سر کاملاً برآمده است. زائده مخصوص شنا از ۳ بند تشکیل شده که سطح آنها خارهای ریزی پوشیده



شکل ۹. تصاویر میکروسکوپ الکترونی *Diaphnia longispina* (۱: نمای کامل، ۲: بزرگ‌نمایی آنتن و وزوائد شاخک‌مانند، ۳: بزرگ‌نمایی قسمت سر، ۴: بزرگ‌نمایی قسمت شکمی بدن، ۵: بزرگ‌نمایی زوائد بند آخر با میکروسکوپ الکترونی) (۶: نمای کامل با میکروسکوپ اینورت).

گروه α -mesosaprobic (آلودگی زیاد) قرار دارد. میانگین کل شاخص ساپروبیک، ۲/۴۸ به دست آمد که کل منطقه با این عدد در رده های β -mesosaprobic (آلودگی متوسط) قرار گرفت (جدول ۴).

نتایج حاصل از آنالیز میکروژئوپلانکتون‌ها با استفاده از شاخص ساپروبیک نشان دادند که ایستگاه ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۶ به ترتیب ۲/۲۶، ۲/۳۴، ۲/۴۵، ۲/۵ و ۲/۴۳، و در گروه β -mesosaprobic (آلودگی متوسط) و ایستگاه ۵ (ایستگاه پالایشگاه) با مقدار ۲/۹۴ در

جدول ۴. مقادیر شاخص ساپروبییک با استفاده از میکروزئوپلانکتون ها در ایستگاه‌های مختلف رودخانه اروند

میزان شاخص ساپروبییک	شماره ایستگاه
۲/۲۶	۱
۲/۳۴	۲
۲/۴۵	۳
۲/۵۰	۴
۲/۹۴	۵
۲/۴۳	۶
۲/۴۸	میانگین کل

۴. بحث و نتیجه گیری

حضور و فراوانی میکروزئوپلانکتون‌ها (پاروپایان، کلاوسورا) به طیف وسیعی از عوامل مانند تولید تخم، رشد، نسبت جنسی بالغین و دسترسی به منابع غذایی بستگی دارد (Knuckeyet, 2005). نتایج جدول ۲ نشان داد که تقریباً تمامی گونه‌های مختلف پاروپایان به استثناء ۲ گونه در تمامی فصول با فراوانی مختلف وجود داشتند و گونه‌های راسته Calanoida نیز غالب بودند. Seuront (2006) در تحقیقات خود نشان داد که گونه‌های زئوپلانکتون غالب در اکثر مصب‌ها و خوربات دریاهای اروپا و آمریکای شمالی از راسته Calanoida می‌باشند که با نتایج این بررسی هم‌خوانی دارد. در بررسی فراساختاری گونه‌های غالب-راسته Calanoida به وسیله میکروسکوپ الکترونی، آنتنول طولیل شده و دومین جفت آنتن‌ها دوشاخه مشاهده گردید (اشکال ۴ تا ۶). همچنین در این بررسی براساس شکل پای پنجم گونه‌ها، جنسیت برخی گونه‌ها مشخص گردید. به طوری که ماده معمولاً دارای پنج-جفت پای شنا بوده و معمولاً پای پنجم متقارن و اندازه کوچکتری نسبت به ۴ جفت دیگر دارد، اما در جنس نر پای پنجم شنا تغییر شکل یافته، نامتقارن بوده و به عنوان اندام جفت‌گیری محسوب شده و که یکی از صفات ریخت‌شناسی گونه‌ای نیز است (Hammer, 1978). گونه *A. faoensis* متعلق به خانواده Acartidae ۱۸٪ از جمعیت کل سالانه پاروپایان را

به خود اختصاص داد (جدول ۲). این گونه برای اولین بار از رودخانه اروند گزارش شده است. اما حضور این گونه در آب‌های نزدیک به رودخانه اروند یعنی در خورهای عبدالله و زبیر از کشور عراق (Khalaf, 1991)، آب‌های جزیره بوییان واقع در شمال-کویت (Ali et al., 2009) و در سواحل بحرکان کشور ایران (Peyghan et al., 2011) نیز گزارش شده است. با توجه به مشاهده این گونه در مصب رودخانه اروند، به نظر می‌رسد که این گونه، گونه بومی آب‌های شمال-غرب خلیج فارس می‌باشد.

گونه *C. pauper* نیز دومین گونه فراوان خانواده Calanidae در مصب رودخانه اروند گزارش گردید که ۱۶٪ فراوانی جمعیت پاروپایان را به خود اختصاص داد (جدول ۲ و شکل ۲). این گونه از اجتماعات آب‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بوده و دارای پراکنش جهانی می‌باشد (Conway et al., 2003). لذا با توجه به عرض جغرافیایی رودخانه اروند و واقع شدن آن در آب‌های تحت استوایی گرم، حضور این گونه دور از انتظار نمی‌باشد. سومین گونه فراوان پاروپایا، گونه *S. flemingeri* بود که حدود ۱۴٪ از جمعیت کل پاروپایان را به خود اختصاص داد (شکل ۲). این گونه متداول‌ترین گونه‌ها در اقیانوس‌ها به ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه-گرمسیری می‌باشد (Miyashita, 2009). بیشترین تعداد این گونه در فصل تابستان و کمترین تعداد آن در فصل زمستان محاسبه گردید (جدول ۲). با توجه به

نمودند که باعث افزایش تراکم پاروپایان در این فصل شده که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. به طور کلی حضور انواع زئوپلانکتون ها به عوامل غیرزیستی همانند دما، شوری، اکسیژن محلول و دیگر پارامترهای محیطی وابستگی کامل دارد (Prabhahar et al., 2011). در این تحقیق ۵ گونه از راسته کلاوسرها مورد شناسایی قرار گرفت (جدول ۳) که گونه های *M. longispina* و *macrocopa* بیشترین درصد فراوانی را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). خصوصیات ریخت شناسی این گونه ها که به وسیله میکروسکوپ الکترونی بررسی شده است که در اشکال ۸ تا ۹ قابل مشاهده است. گونه های کلاوسر در آبهای شیرین یا شوری بسیار کم زندگی می کنند (Gonçalves et al., 2007). در این بررسی نیز بیشترین تراکم گونه های مختلف کلاوسر در ایستگاه هایی با شوری کمتر یعنی ایستگاه های ۱ تا ۴ که دارای شوری کم بین ۱/۶۱ تا ۱/۷۵ PSU گزارش گردید. نتایج این بررسی نشان داد که در رودخانه اروند، فراوانی سخت پوستان پلانکتونیک (پاروپایان و کلاوسرها) در فصل گرم بیشتر از فصول دیگر بود (جدول ۲ و ۳).

همچنین (Jafari et al., 2011) در بررسی زئوپلانکتون ها رودخانه هراز گردان تنان، کلاوسرا و پاروپایان را به عنوان گروه های غالب معرفی نمودند که هر ۵ گونه کلاوسرای مشاهده شده در رودخانه مذکور در رودخانه اروند نیز مشاهده گردید. گروه Cladocera توسط (Nandini et al., 2005) نیز به عنوان شاخص آب های رودخانه ای معرفی شده اند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. به طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که ۱۵ گونه پاروپا و ۵ گونه کلاوسرا در رودخانه اروند غالب هستند که فراوانی آنها در فصل تابستان بیشتر از سایر فصول است. همچنین میانگین کل شاخص Saprobia به مقدار ۲/۴۸ محاسبه گردید که نشان دهنده قرار گرفتن رودخانه اروند در رده β -mesosaprobia (آلودگی متوسط) می باشد.

فراوانی جلبک ها در فصول بهار و تابستان و استفاده گونه *S. flemingeri* از این جلبک ها به عنوان ماده غذایی، لذا فراوانی زیاد این گونه در فصل تابستان دور از انتظار نمی باشد.

(Mckinnon & Usmao, 2009) در بررسی بیولوژی گونه *S. flemingeri* گزارش نمودند که منابع غذایی جلبکی نقش مهمی را فراوانی این گونه بازی می نماید. گونه *L. acuta* از پاروپایان نیز گونه نیمه گرمسیری محسوب شده که دارای پراکنش جهانی می باشد. در پژوهش حاضر این گونه در طول سال ۱۳٪ از کل جمعیت پاروپایان را به خود اختصاص داد (شکل ۲). بیشترین میزان تراکم این گونه نیز در تابستان محاسبه گردید. (Fabio et al., 2016) نیز در تحقیقات خود در مورد گونه، بیشترین میزان تراکم را در فصل گرم و کمترین میزان را در فصل سرد گزارش نمود که مشابه مطالعه حاضر می باشد.

به طور کلی گونه های مختلف Calanoida با شوری های بالا سازگاری دارند (Payne & Rippingale, 2001). در این تحقیق نیز وضعیت به همین صورت بود، یعنی از ایستگاه ۴ (جزیره مینو) تا ایستگاه ۶ (منطقه فاو) واقع در رودخانه اروند که روند شوری رو به افزایش است، فراوانی و تنوع گونه های Calanoida نیز افزایش می یابد. به نحوی که یک سوم از کل جمعیت گونه های پاروپایان رودخانه اروند از راسته Calanoida بوده و گونه های غالب نیز در همین راسته قرار گرفته اند. الگوی توزیع و تنوع پاروپایان هم افزایش پیدا کرده است که گونه های غالب هم در این راسته بودند. البته عامل فاکتور محیطی دما را نیز باعث افزایش تراکم فیتوپلانکتون ها و در نتیجه افزایش فراوانی پاروپایان و کلاوسرا در فصل تابستان می شود. به طور کلی افزایش گرما در تابستان باعث افزایش میزان فتوسنتز و تولید فیتوپلانکتون ها می شود که منجر به افزایش تنوع و تراکم موجودات گیاه خوار از جمله زئوپلانکتون ها می شود (Madnu et al., 2007). همچنین Kholfe Nilsaz در سال ۲۰۰۹ بیشترین میزان فیتوپلانکتون ها در سواحل بحرکان را در فصل تابستان گزارش

Jafari, N., Nabavi, S.M. and Akhavan, M. 2011. Ecological investigation of zooplankton abundance in the river Haraz, Northeast Iran: impact of environmental variables. Archives of Biological Sciences, Belgrade. 63(3): 785-798.

Gonçalves, A.M.M., Castro, B.B., Pardal, M. A., Gonçalves, F. 2007. Salinity effects on survival and life history of two freshwater cladocerans (*Daphnia magna* and *Daphnia longispina*). Annales de Limnologie. 43:1, 13-20.

Hammer, R.H. 1978. Scanning Electron Microscope Study of the Spermatophore of *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida). Transactions of the American Microscopical Society. 97: 3, 386-389.

Khalaf, T.A. 1991. A new Calanoid Copepod of the Genus *Acartia* From Khor Abdulla and Khor Al-Zubair Water, Iraq. Marina Mesopotamica. 6(1):80-91.

Kownacki, A., Szarek, E., Woznicka, O. 2014. The Importance of Scanning Electron Microscopy (SEM) in Taxonomy and Morphology of Chronomidae (Diptera). European Journal of Environmental Sciences. 5:1, 41p.

Knuckey, R.M., Semmens, G.L., Mayer, R.J., Rimmer, M.A. 2005. Development of an optimal microalgal diet for the culture of the calanoid copepod *Acartiasinji ensis*: effect of algal species and feed concentration on copepod development. Aquaculture. 249: 339-351.

Madnu, N.V., Jyothibabu, R., Balachandran, K.K., Honey, U.K., Martin, G.D. Vijay, J. C., Shiyas, C.A., Gupta, G.V.M. and Achuthankutty, C.T. 2007. Monsoonal Impact On Planktonic Standing Stock and Abundance In a Tropical Estuary (chochin back water – India). Estuarine, Coastal and Shelf Science. 73: 54-64.

Nandini, S., Ramirez-Garcia, P. and Sarma, S.S.S. 2005. Seasonal Variations in the Species diversity of planktonic rotifers in Lake Xochimilco, Mexico. The Journal of Freshwater Ecology. 20, 287-294.

Kholfe Nilsaz, M. 2009. planktonic Frequency and Biodiversity survey of Shadegan wetland and determination of its trophic status. Biology of Marine Journal, 1(3): 1-13.

Nikleka, E., Shumka, S. and Mali, S. 2006. Zooplankton species as biological indicators of the water of Bovali reservoir. Natura Montenegrina, podgorica. 7(2): 253-259.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از اداره کل بنادر و کشتیرانی خرمشهر به جهت تهیه شناور و همچنین جناب آقای مهندس رسولی متخصص مسئول میکروسکوپ SEM در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران تشکر به عمل می‌آید.

منابع

Ali, M., Al-yamani F. and Khalaf, T.A. 2009. Observation of *Acartia (Acartiella) faoensis* (Copepoda, Calanoida, Acartidae) near Bubiyan Island in the north of Kuwait. Crustaceana. 82 (8):1073-1077.

Ara, Z., Sakhaei, N., Doustshenas, B., Savari, A., Archangi, B. 2014. Application of Planktonic micro-Zooplankton in determining the environmental status of the Bahmaneshir River (northwest of the Persian Gulf). Journal of Aquatic Ecology. 3:3, 53-46.

Bazrafshan, B., Sakhaei, N., Savari, A., Doustshenas, B. and Movahedinia, A. 2014. Study of morphological characteristic and distribution of *Indomysis annandalei* and *Rhopalophthalmus* sp. (Crustacea: Mysida) for the first time from Iranian coastal of Persian Gulf. Journal of Marine Science and Technology, 12:4. 28-36.

Berner, D.B. 1986. Taxonomy of Ceriodaphnia (Crustacea: Cladocera) in US Environmental Protection Agency Cultures, Department of Biology, Temple University Philadelphia, 19122, 48p.

Brusca, R.C. and Brusca, G.J. 2003. Invertebrates 2nd Edn. Sinauer Associates, Inc Sander land MA, USA. 936p.

Conway, D.V.P., White, R.G., Hugues-Dit-Ciles J., Gallienne, C.P. and Robins, D.B. 2003. Guide to the coastal and surface zooplankton of south western Indian Ocean, occasional publication No. 15, Marine Biological Association of United Kingdom, Plymouth, U.K. 354p.

Fabio, B., Stephane, G., Sakina, D.A. 2016. Short communication, identifying copepod functional groups of species functional traits. Journal of Plankton Research. 38 (1):159-166.

Gusmao, L.F.M. and Makinnon, A.D. 2009. *Acrocalanus gracilis* (copepod: calanoida) development and production in the timor Sea. Journal of Plankton Research. 31(9):1089-1100.

- waters (Northwestern Persian Gulf). *Journal of Marine Science and Technology*, 4:11, 74-82.
- Saha, R., Biswas, A., Goswami, U., 2011. A Simple Method for Scanning Electron Microscopy (SEM) Study of Cladocera: *Bosmina (Bosmina) Tripurae*. *World Journal of Fish and Marine Sciences*. 3 (1): 71-78.
- Seront, L., 2006. Effect of salinity on the swimming behavior of the estuarine calanoid copepod *Eurytemora affinis*. *Journal of Plankton Research*, 28: 9, 805-813.
- Sharma, S., 2011. Seasonal variations in zooplankton abundances in the Iturbide Reservoir (Isidro Fabela, State of Mexico (Mexico). *Journal of Environmental Biology*. 32:473-480.
- Omori, M. and Ikeda, T. 1984. *Methods in Marine Zooplankton Ecology*. Wiley. 332p.
- Payne, M.F. and Rippingale, R.J. 2001. Effects of salinity, cold storage and enrichment on the calanoid copepod *Glabidiferens imparipes*. *Aquaculture*. 201: 3-4, 251-262.
- Peyghan, S., Savari, A., Sakhaei, N., Doustshenas, B., Dehghan Madiseh, S. 2011. New record of *Acartia (Acartiella) faoensis* Khalaf, 1991 (Copepoda: Calanoida: Acartidae) from Iranian waters of NW Persian Gulf. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*. 7: 2, 177-179.
- Peyghan, S., Savari, A., Sakhaei, N., Doustshenas, B., Dehghan Madiseh, S. 2013. Study of taxonomy and ecology of Planktonic Copepods of Poecilostomatida in Bahraikan

Study of Planktonic Crustacean Communities (Copepoda, Cladocera) of the Arvand estuary by Scanning electron microscope

Masomeh Sheyamizadeh¹, Nasrin Sakhaei* , Babak Doustshenas, Ahmad Savari, Seyed Mohammad bagher Nabavi

Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr

(DOI): [10.22113/jmst.2019.149004.2197](https://doi.org/10.22113/jmst.2019.149004.2197)

Abstract

The purpose of this study was to identify and investigate the density and distribution of copepoda and cladocera and the structural analysis of their dominant species in the Arvand river by SEM (scanning electron microscope). Sampling was conducted with 50 μm mesh size plankton net at 6 stations and four times (in different seasons) with three repetition. The samples were detected by phase contrast microscopy and SEM. Totally 15 species of copepoda and 5 species of cladocera were identified in the river. The highest density of planktonic crustaceans including copepoda and cladocera with a mean density of 9481 and 3155 individuals per cubic meter was calculated in summer. These species, *Acartia faoensis*, *Canthocalanus pauper*, *Subecalanus flemingeri*, *Labidocera acuta*, which accounted for 61% of the total copepods abundance and 54% of the cladocera abundance were related to *Moina macrocopa* and *Daphnia longisoina*. The integrity of the river were studied using saprobic index, which showed mesosaprobic- β (medium pollution) with mean 2.48 points.

Keywords: Planktonic crustaceans, Arvand river, SEM microscope, Saprobic index.

List of tables & figures

Table 1: Geographical characteristics of the sampling stations

Table 2: Frequency of occurrence of copepod species in the Arvan River(nd. m-3)

Table 3: Frequency of occurrence of cladocera species in the Arvan River(nd. m-3)

Table 4: Values of saprobic index

Figure 1: Location of the study area

Figure 2: Relative frequency of dominant of copepod species

Figure 3: Relative frequency of dominant of cladocera species

Figure 4: *Acartia faoensis*, scanning electron microscope (SEM)

Figure 5: *Subecalanus flemingr*, scanning electron microscope (SEM)

Figure 6: *Canthocalanus pauper*, scanning electron microscope (SEM)

Figure 7: *Labidocera acuta*, scanning electron microscope (SEM)

Figure 8: *Labidocera acuta*, scanning electron microscope (SEM)

Figure 9: *Diaphnia longispina*, scanning electron microscope (SEM)

*Corresponding author, E-mail: sakhaei@kmsu.ac.ir