

تأثیر نوع بستر بر نشست کشتی چسب (*Amphibalanus improvisus* (L., 1758) در

## سواحل جنوب غربی دریای خزر

الهه حیدری، علی نصرالهی\*، پریسا گلی نیا و جمیله پازوکی

تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، گروه زیست‌شناسی و زیست‌فناوری دریا و آبزیان

تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۸

## چکیده

کشتی‌چسب‌ها از جمله مهم‌ترین و فراوان‌ترین جانوران چسبنده‌ی بسترهای سخت به خصوص در نواحی جزرومدی هستند. در این پژوهش تأثیر نوع بستر بر میزان نشست کشتی‌چسب (*Amphibalanus improvisus* (L., 1758) در طی یک سال به صورت ماهانه در منطقه‌ی بندر امیرآباد دریای خزر در سال ۹۳-۹۲ مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، پنج نوع بستر شامل پنل‌های PVC، چوب، پلکسی‌گلاس (شیشه پلاستیک) آغشته به عصاره کشتی‌چسب بالغ، پلکسی‌گلاس صاف و پلکسی‌گلاس خشن در ابعاد ۱۰×۱۰ سانتی‌متر انتخاب شد. پنل‌ها با ۱۰ تکرار برای هر نوع بستر به صورت افقی در عمق یک متری از سطح آب قرار داده و ماهانه با بسترهای جدید جایگزین شدند. تعداد کشتی‌چسب‌ها بر روی هر بستر شمارش و سپس زیئوده (وزن خشک)، میزان رشد (وزن به ازای هر فرد) و میزان ماده آلی و غیرآلی نمونه‌ها در هر ماه ثبت و محاسبه شد. نتایج آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که تراکم کشتی‌چسب‌ها بر روی پنل‌های PVC با اختلاف معنی‌داری بیشتر از دیگر بسترها است ( $p < 0.01$ )، این نتایج نشان داد که بیشترین تراکم کشتی‌چسب‌ها در ماه آذر رخ داده است. این در حالی است که در ماه بهمن در همه‌ی بسترها میزان نشست بسیار ناچیز بود. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین میزان رشد و کمترین نسبت ماده آلی به غیرآلی (بافت به پوسته) در تابستان صورت گرفته است. نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که دما عامل مهمی در رشد کشتی‌چسب‌هاست. نتایج این تحقیق علاوه بر اطلاعات پراکنش زمانی لارو کشتی‌چسب‌ها، می‌تواند در انتخاب جنس و نوع بستر در ساخت سازه‌های موجود در زیر آب دریا کاربرد داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: کشتی‌چسب، *Amphibalanus improvisus*، نشست لاروی، جنس بستر، دریای خزر

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۲۹۹۰۲۷۲۰، پست الکترونیکی: A\_nasrolahi@sbu.ac.ir

## مقدمه

برای گونه‌های بیوفولینگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. نشست این گونه‌ها بر بدنه کشتی‌ها می‌تواند سرعت را کاهش و مقاومت اصطکاکی و مصرف سوخت را بطور چشمگیری افزایش دهد (۳۷، ۲۰). همچنین تجمع این موجودات باعث خوردگی در تجهیزات مختلف درون آب، کاهش ظرفیت حمل و سرعت جریان آب در خطوط لوله و همچنین گرفتگی تورها و قفس‌های پرورش آبزیان شده و موجب خسارات اقتصادی مختلفی می‌شود (۲۹، ۶).

چسبندگی زیستی دریایی که معمولاً به عنوان بیوفولینگ دریایی بیان می‌شود به تجمع میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و جانوران روی سطوح مختلف درون دریا گفته می‌شود (۴۷). این سطوح می‌تواند شامل بسترهای طبیعی غیرزنده مانند سنگ، چوب و صخره‌های مرجانی، بسترهای مصنوعی مانند سازه‌های دریایی، بدنه کشتی‌ها، قایق‌ها، خط لوله‌ها و همچنین بدن موجودات زنده باشد. با افزوده شدن سازه‌های مختلف به محیط‌های دریایی توسط انسان، این سازه‌ها بعنوان بستر

ترین علائم مثبت برای استقرار یک سپرید استفاده از بستر پوشیده شده به وسیله سپریدهای دیگر از همان گونه می‌باشد (۳۶). سایر نشانه‌ها همچون وجود لایه باکتریایی روی سطح، بافت سازنده سطح و حتی حضور یا عدم حضور شکارچیان برای یافتن یک مکان مناسب اهمیت دارند (۳۱).

گونه *Amphibalanus improvisus* تنها گونه کشتی‌چسب گزارش شده در جنوب دریای خزر می‌باشد (۲۵). این گونه غالب‌ترین گونه بیوفولینگ در جنوب دریای خزر است. با این حال تا پیش از این مطالعه، پژوهش‌های جامع بر نشست این گونه در سواحل جنوبی دریای خزر در ارتباط با بسترهای مختلف صورت نگرفته است. در مطالعه حاضر تأثیر نوع بستر بر میزان نشست کشتی‌چسب A. *improvisus* در سواحل جنوبی دریای خزر در طول یک سال بررسی شد.

### مواد و روشها

**منطقه مورد مطالعه:** مطالعه حاضر در حوضه جنوبی دریای خزر در منطقه بندر امیرآباد صورت گرفت (شکل ۱). بندر امیرآباد در طول و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه و ۳۶ ثانیه شمالی و ۵۳ درجه و ۲۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی واقع شده است.

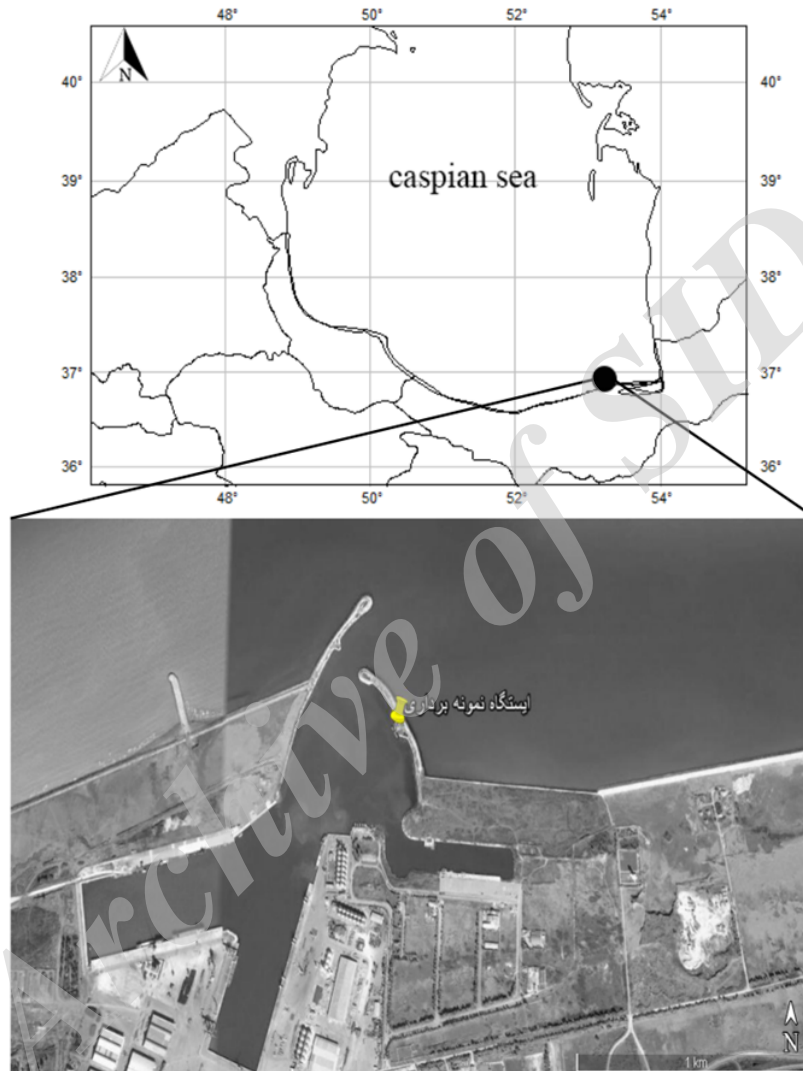
مطالعه حاضر از مرداد ماه ۱۳۹۲ تا تیر ماه ۱۳۹۳ به صورت ماهانه جهت تعیین میزان نشست (تراکم)، میزان رشد و میزان ماده آلی به غیرآلی کشتی‌چسب *Amphibalanus improvisus* صورت گرفت. در این مطالعه از پنج نوع بستر مصنوعی شامل PVC، چوب، پلکسی (شیشه پلاستیک) صاف آغشته به عصاره کشتی‌چسب (از این جا به بعد با عنوان "پلکسی عصاره")، پلکسی صاف و پلکسی خشن با سایز ۱۰×۱۰ سانتیمتر با ۱۰ تکرار برای هر بستر) استفاده شد. برای ایجاد بستر خشن، پنل‌های پلکسی شفاف به صورت یکسان توسط

بنابراین صنایع مختلف تلاش بسیاری را برای از بین بردن و جلوگیری از نشست این موجودات از سطوح واقع در محیط آبی انجام می‌دهند (۴۲).

نشست گونه‌های بیوفولینگ می‌تواند تحت تأثیر عوامل زیستی و غیر زیستی باشد (۳۰). فاکتورهای زیستی موثر شامل رقابت (۱۷)، صید و صیادی (۴۶)، تأمین لارو (۸،۲۴) جاندارانی که قبلاً مستقر شده‌اند (۱۲) و فاکتورهای غیر زیستی مانند دما، شوری، مواد مغذی، فصل و مدت زمان غرقاب‌سازی و جنس، رنگ، ساختار و دیگر ویژگی‌های بستر (۴،۲۱،۴۳) می‌باشد. انتخاب نوع بستر برای بقای گونه‌هایی که دارای مرحله پلانکتونی در دوره لاروی و مرحله ثابت در دوره بلوغ می‌باشند دارای اهمیت فراوان است (۱۰). مطالعات گوناگونی در سراسر جهان بر تأثیر بستر و ویژگی‌های مختلف آن بر نشست موجودات بیوفولینگ انجام شده است (۹،۱۴،۱۵،۲۵،۲۸،۳۸). کشتی‌چسب‌ها سخت‌پوستانی کفزی هستند که پس از سپری کردن چندین مرحله لاروی پلانکتونی، بستر مناسب را پیدا کرده و به طور دائم به آن می‌چسبند (۳). کشتی‌چسب‌ها بسته به گونه، بسترهای مختلفی را برای استقرار انتخاب می‌کنند که این بسترها طیف وسیعی از مواد جامد موجود در محیط‌های آبی مانند صخره‌های بین جزرومدی تا آب‌های عمیق، اجسام غرق شده یا معلق بر روی آب، سازه‌های ساحلی و دریایی، بدنه کشتی‌ها و قایق‌ها، تورهای ماهیگیری، درون بافت اسفنج‌ها، درون یا روی بافت مرجان‌ها، لاک‌پشت‌ها، صدف نرم‌تنان، پوست جانوران دریایی مثل ماهی‌ها، مارهای دریایی و وال‌ها را در بر می‌گیرند (۴). انتخاب بستر برای نشست، توسط اثرات متقابل پیچیده بین متغیرهای محیطی از جمله عوامل زیستی، شیمیایی و نشانه‌های فیزیکی نظیر نور، دسترسی به غذا و حضور بالغین ممنوع کنترل می‌شود (۱۰). لارو سپرید کشتی‌چسب‌ها از نشانه‌های محیطی برای تشخیص مکان‌های مناسب از نامناسب استفاده می‌کنند. به عنوان مثال یک نشانه خوب به نشانه‌ای گفته می‌شود که مکان مناسب برای بقا و تولید مثل را پیش‌بینی کند. از این رو یکی از قوی-

در داخل این عصاره قرار داده شدند. سپس پنل‌ها پل‌ها از طریق طناب از سازه‌های موجود در داخل بندر امیرآباد در عمق امتری به صورت افقی درون آب قرار داده شدند.

سمباده یک بار به صورت عمودی و یک بار به صورت افقی ساییده شدند. همچنین برای تهیه پلکسی عصاره، از کشتی چسب‌های بالغ، بر اساس روش استاندارد (۱۹) عصاره تهیه و سپس پنل‌های پلکسی به مدت ۲۴ ساعت



شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه نمونه‌برداری در بخش شرقی سواحل ایرانی دریای خزر در بندر امیرآباد (بخش پایین نقشه برگرفته از Google Earth)

آب شسته شده تا گل و لای آن‌ها شسته شود. سپس کشتی‌چسب‌های چسبیده شده به هر پنل به صورت جداگانه در قسمت رو و قسمت زیرین شمارش شدند. بعد از شمارش، کشتی‌چسب‌ها با استفاده از کاردک از بستر جدا شده و برای بررسی‌های بعدی در فریز نگهداری

بسترها به صورت ماهانه برداشت و با بسترهای جدید جایگزین شدند. دمای میانگین آب برای همراه از پژوهشکده اکولوژی دریای خزر که توسط دستگاه مولتی پارامتر اندازه‌گیری شده بود، تهیه شد.

پس از انتقال پنل‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌ها ابتدا به آرامی با

ANOVA) سطح معنی‌داری به ۰/۰۱ کاهش یافت. لازم به توضیح است از آنجا که آنالیز واریانس در برابر تخطی متوسط داده‌ها از توزیع نرمال قوی عمل می‌کند، می‌توان با کاهش سطح معنی‌داری از ۰/۰۵ به ۰/۰۱ داده‌های غیر نرمال را نیز با آنالیز واریانس بررسی کرد (۲۲،۴۹). در این آزمون متغیرهای وابسته یعنی تراکم، رشد و درصد ماده آلی به غیر آلی به عنوان فاکتور متغیر و متغیرهای مستقل یعنی ماه و بستر به عنوان فاکتور ثابت در نظر گرفته شد. همچنین برای مقایسه دو به دو ماه‌ها و بسترها از پس آزمون Tukey استفاده و نتایج آن بصورت حروف انگلیسی بر روی میله‌ها در نمودارها نمایش داده شد. برای بررسی ارتباط دمای آب و میزان رشد از آنالیز رگرسیون در نرم افزار SPSS 22 استفاده شد. برای رسم نقشه منطقه مورد مطالعه از نرم افزار PanMap و همچنین از تصویر Pro Google Earth استفاده شد.

## نتایج

تراکم کشتی‌چسب *Amphibalanus improvisus* در بسترها و ماه‌های مختلف: نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که نوع بستر، ماه و همچنین اثر متقابل این دو تاثیر معنی‌داری بر تراکم کشتی‌چسب‌ها دارد (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین تراکم کشتی‌چسب‌ها در مجموع یک سال به ترتیب روی بستر PVC (۱/۷۵±۲۲۴/۷۵ در مترمربع) و بستر پلکسی‌عصاره (۱/۳۳±۷۱۱/۵ در مترمربع) و در مجموع تمام بسترها در ماه آذر (۳۴۷/۱۹±۴۴۶۵/۵ در مترمربع) و ماه بهمن (۰/۸۸±۱۲/۵ در مترمربع) مشاهده شد. براساس نتایج پس آزمون Tukey، بین تراکم کشتی‌چسب‌ها روی بستر PVC با سایر بسترها تفاوت معنی‌داری وجود داد. در حالی‌که بین میزان نشست بقیه بسترها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این آزمون همچنین نشان داد که بین تراکم کشتی-

شدند. تراکم کشتی‌چسب‌ها در همه نمودارها و آنالیزهای آماری، در واحد سطح (یک مترمربع) محاسبه شد. سایر گونه‌های دارای تراکم اندک از روی پنل‌ها جدا شده و در محاسبات وارد نشدند.

**محاسبه رشد:** برای محاسبه رشد از زیتوده (وزن خشک) استفاده شد. کشتی‌چسب‌های هر پنل پس از شمارش درون فویل‌های آلومینیومی کد گذاری شده قرار داده شدند. نمونه‌ها سپس جهت خشک شدن درون آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها با دقت ۰/۰۰۱ گرم برای محاسبه وزن خشک اندازه‌گیری شدند. میزان رشد (وزن به ازای هر فرد) با استفاده از محاسبه وزن خشک کل کشتی‌چسب‌های هر پنل و تقسیم آن بر تعداد کل کشتی‌چسب‌های آن پنل محاسبه شد. در مواردی که اندازه‌ی کشتی‌چسب‌ها بسیار کوچک و غیر قابل توزین بود میزان رشد محاسبه نشد. در این موارد (ماه‌های دی و بهمن) فقط تعداد کشتی‌چسب‌ها شمرده شد.

**محاسبه ماده آلی و غیرآلی:** برای محاسبه ماده آلی و غیر آلی کشتی‌چسب‌ها، ابتدا فویل‌ها وزن شدند. سپس نمونه‌های خشک شده توسط آون در کوره حرارتی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده شدند تا مواد آلی آن بسوزد و تنها خاکستر آنها باقی بماند. سپس آن‌ها را از کوره خارج نموده و پس از سرد شدن خاکستر نمونه‌ها با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. سپس از طریق محاسبه‌ی اختلاف وزن ایجاد شده، مقدار کل ماده آلی موجود در کشتی‌چسب‌ها به صورت درصد و نهایتاً نسبت ماده آلی به غیر آلی محاسبه شد.

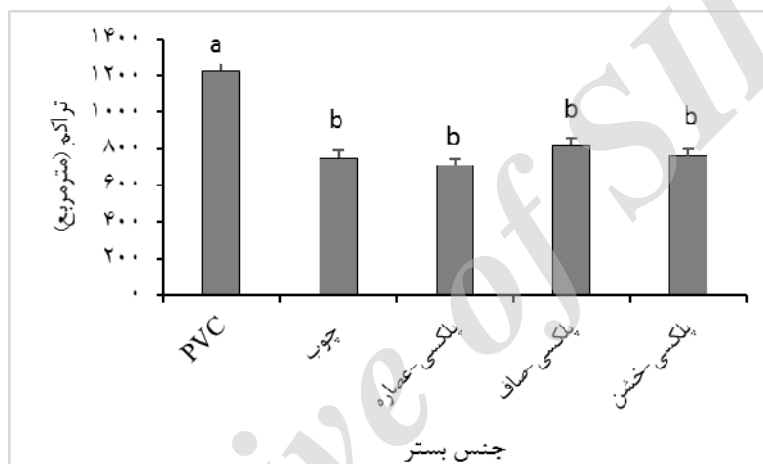
**تجزیه و تحلیل داده‌ها:** ابتدا همسان بودن داده‌ها از توزیع طبیعی توسط آزمون Kolmogorov-Smirnov در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ بررسی شد و از آن جا که داده‌ها نرمال نبوده و با تغییر در داده‌ها نیز نرمالیتی حاصل نشد، برای استفاده از آزمون واریانس دوطرفه (TWO-WAY)

چسب‌های ماه‌های آذر و خرداد با سایر ماه‌های سال (شکل‌های ۲ و ۳).

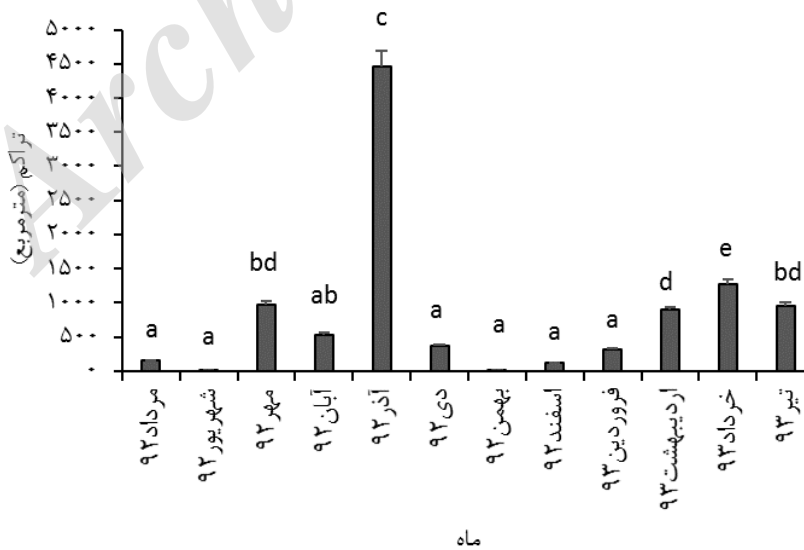
جدول ۱- نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه برای میزان تراکم، رشد و نسبت ماده آلی به غیر آلی در کشتی چسب *Amphibalanus improvisus*

نسبت ماده آلی به غیر آلی			رشد			تراکم			درجه آزادی
F	MS	SS	F	MS	SS	F	MS	SS	منبع تغییرات
۱۰/۷۴**	۴/۰۱	۴۴/۱۶	۲۷۹/۸۰**	۰/۰۰۵	۰/۵۵	۱۶۴/۶۳**	۲۵۳۳۲۸/۸۴	۲۷۸۶۶۱۷/۳۴	۱۱ ماه
۱/۶۹	۰/۶۳	۲/۵۴	۱۳/۱۸**	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۱۳/۶۲**	۲۰۹۶۳/۳۶	۸۳۸۵۳/۴۷	۴ جنس بستر
۲/۹۶**	۱/۱۰	۴۸/۲۸	۸/۲۳**	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۵/۰۶**	۷۷۸۹/۱۹	۳۴۲۷۲۴/۶۴	۴۴ ماه×بستر
		۶۱۵/۳۱			۰/۱۳۶			۸۶۳۲۷۵۴	۱۲۰۰ کل

\*\* $P < 0.01$ ، SS: مجموع مجذورات، MS: میانگین مجذورات



شکل ۲- میانگین (± خطای استاندارد) تراکم کشتی چسب *A. improvisus* در مجموع یک سال در بسترهای مختلف. حروف انگلیسی مشابه در بالای میله‌ها نشان دهنده تفاوت غیر معنی دار و حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ است.



شکل ۳- میانگین (± خطای استاندارد) تراکم کشتی چسب *A. improvisus* در ماه‌های مختلف سال در مجموع همه بسترها. حروف انگلیسی مشابه در بالای میله‌ها نشان دهنده تفاوت غیر معنی دار و حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۱ است.

بسترها است. از دلایل احتمالی بالا بودن نشست روی این بسترها می‌توان به رنگ تیره آن‌ها اشاره کرد. مطالعات گوناگون نشان داده‌اند که کشتی‌چسب‌ها زمینه‌های تیره را برای نشست ترجیح می‌دهند (۱۶،۴۱،۴۵). نتایج مطالعه Yule and Walker (1984) نیز نشان داد که سپرید کشتی‌چسب‌ها تمایل بیشتری به نشست روی صفحات تیره مثل مشکی و قرمز دارند و از صفحات روشن مثل مثل آبی، زرد و سفید دوری می‌کنند. همچنین Ring (2000) در مطالعه خود نشان داد که تفاوت در رنگ می‌تواند بر نرخ رشد و تغذیه کشتی‌چسب‌ها اثر بگذارد. به این صورت که پنل‌های تیره گرمای بیشتری نسبت به پنل‌هایی با رنگ روشن جذب می‌کنند و با توجه به این که افزایش دما موجب افزایش نرخ متابولیسم و بهره‌وری رشد (۳۹،۱۱) این امر توضیحی بر نشست بیشتر روی سطوح با رنگ‌های تیره است.

تأثیر توپوگرافی سطح نیز بر نشست لاروها، در مطالعات مختلفی نشان داده شده است. برای مثال، در مطالعه Crisp (1974) نشان داده شد که عموماً لاروهای بی‌مهرگان تمایل بیشتری به سطوح زبر نسبت به سطوح صاف دارند. در تحقیقات انجام شده توسط Berntsson et al. (2000) مشخص شد که گونه *A. improvisus* گرایش به نشست روی سطوح صاف دارد و آن‌ها را در مقایسه با سطوح خشن ترجیح می‌دهد. این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر که نشان داد میزان نشست بر پنل‌های زبر مانند پلکسی‌خشن و چوب کمتر است، همسو می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کم‌ترین میزان تراکم کشتی‌چسب‌ها روی بستر حاوی عصاره کشتی‌چسب بود. این نتیجه مغایر با مشاهدات Dineen and Hines (1994) است که نشان دادند بالاترین میزان نشست، در حضور عصاره ممنوع روی پنل‌ها است. احتمال می‌رود که عصاره در مطالعه حاضر بخوبی عمل نکرده و یا در نحوه تهیه آن اشتباهی رخ داده باشد.

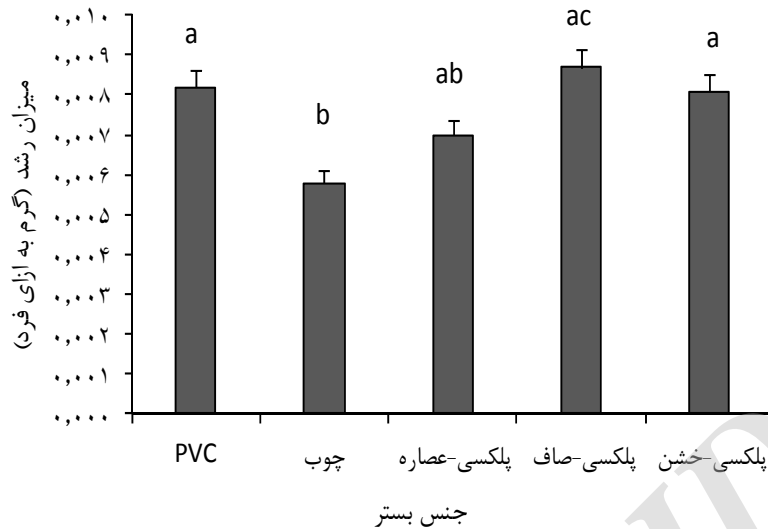
**میزان رشد (وزن به ازای هر فرد):** نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که نوع بستر (مقدار پی و اف از روی جدول)، ماه (مقدار پی و اف از روی جدول)، و همچنین اثر متقابل آن‌ها (مقدار پی و اف از روی جدول)، تأثیر معنی‌داری بر میزان رشد کشتی‌چسب‌ها دارند (جدول ۱). بیشترین میزان رشد در بستر پلکسی صاف (۰/۰۰۵۹ ± ۰/۰۰۰۸) و ماه تیر (۰/۰۱۱۵۸ ± ۰/۰۰۱۹) و کم‌ترین آن در بستر چوب (۰/۰۰۵۱ ± ۰/۰۰۵۸) و ماه اسفند (۰/۰۰۴۵ ± ۰/۰۰۰۱۸) مشاهده شد (شکل ۴ و ۵). لازم به توضیح است که میزان رشد در ماه‌هایی که اندازه کشتی‌چسب‌ها در آن‌ها بسیار کوچک بوده و قابل جدا شدن نبود، صفر در نظر گرفته شده است.

**درصد ماده آلی به غیرآلی کشتی‌چسب‌ها در ماه‌های مختلف:** نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که ماه (مقدار پی و اف از روی جدول)، و بر همکنش آن با نوع بستر (مقدار پی و اف از روی جدول)، دارای اثر معنی‌داری بر نسبت ماده آلی به غیرآلی است (جدول ۱). بیشترین نسبت ماده آلی به غیرآلی (گوشته به پوسته) مربوط به ماه آذر و همچنین کمترین نسبت مربوط به ماه تیر می‌باشد (شکل ۶). از آنجایی که در ماه‌های دی و بهمن اندازه کشتی‌چسب‌ها بسیار کوچک و غیر قابل اندازه‌گیری بود درصد ماده آلی و غیرآلی برای این دو ماه محاسبه نشده است.

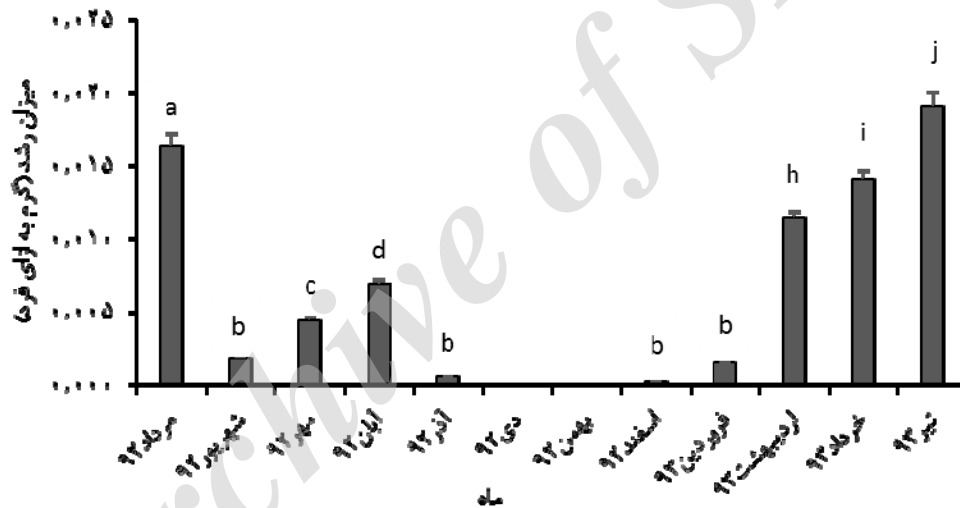
**ارتباط دما و رشد کشتی‌چسب‌ها:** بر اساس نتایج به دست آمده از آنالیز رگرسیون، فاکتور دما دارای اثر مثبت معنی‌دار بر رشد کشتی‌چسب‌ها است ( $P < 0/008$ ,  $R^2 = 0/56$ ). همان‌طور که نمودار نشان می‌دهد با افزایش دما، میزان رشد در کشتی‌چسب‌ها نیز افزایش می‌یابد (شکل ۷).

### بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر نتایج نشان داد که نشست کشتی‌چسب‌ها بر روی بستر PVC به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر



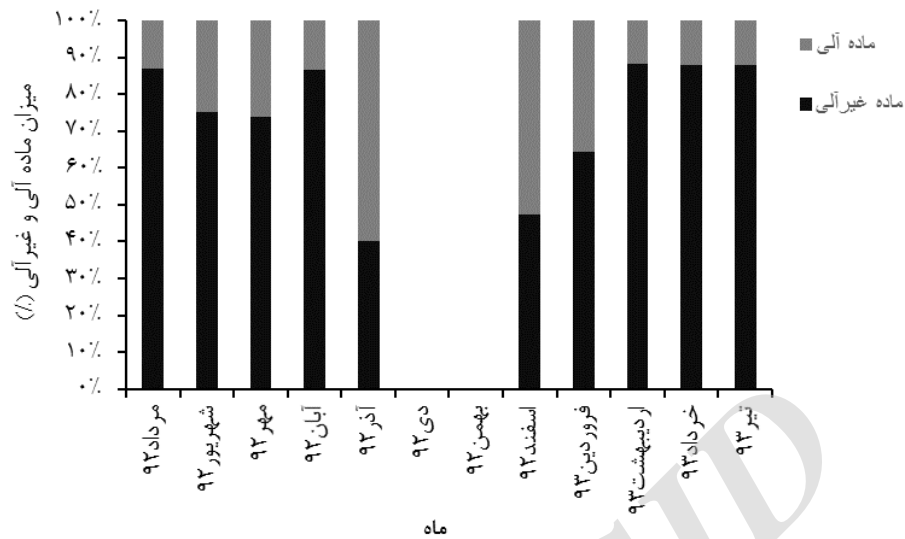
شکل ۴- میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) میزان رشد کشتی چسب *A. improvisus* در مجموع یک سال. حروف انگلیسی مشابه در بالای میله‌ها نشان دهنده تفاوت غیر معنی‌دار و حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ است.



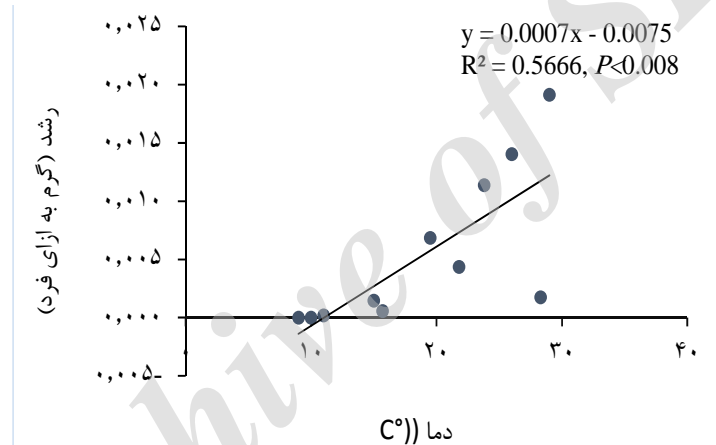
شکل ۵- میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) میزان رشد کشتی چسب *A. improvisus* در ماه‌های سال در مجموع همه بسترها. حروف انگلیسی مشابه در بالای میله‌ها نشان دهنده تفاوت غیر معنی‌دار و حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ است.

که درجه حرارت پایین باعث کاهش مصرف غذا و کاهش انرژی جذب شده توسط لارو کشتی چسب می‌شود و در نهایت انرژی کم می‌تواند باعث نرخ کم انتقال از مرحله ناپلیوسی به مرحله سپیریسی و مرگ و میر بالا شود. مطالعات (Anil et al. 1995) نشان داد که گرچه در زمستان لارو کشتی چسب‌ها در داخل آب وجود دارد ولی به علت میزان انرژی ذخیره شده پایین در این لاروها در زمستان، میزان موفقیت متامورفوز و نشست لاروی پایین است.

دما یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر توزیع جوامع بیوفولینگ است. این عامل تاثیرات گوناگونی بر پروسه‌های زیستی جانداران مانند متابولیسم، رشد و تولید مثل می‌گذارد. دمای آب که ناشی از تغییرات فصلی است می‌تواند نقش مهمی در میزان لاروهای رها شده در آب و همچنین میزان موفقیت آن‌ها در متامورفوز و نشست داشته باشد. فعالیت‌های فیزیولوژیک مانند دریافت و جذب غذا در کشتی چسب‌ها و بسیاری از بی‌مهرگان تحت تاثیر دما می‌باشد (۴). مطالعه (Nasrolahi et al. 2012) نشان داد



شکل ۶- درصد ماده آلی (گوشته) و غیر آلی (پوسته) کشتی چسب‌ها در ماه‌های سال در مجموع بسترها.



شکل ۷- ارتباط بین رشد کشتی چسب *A. improvisus* و دمای آب

گرم اشاره کرد (۲). البته در این مطالعه روابط شکار و شکارچی بررسی نشده است.

در این مطالعه با وجود اینکه بیشترین لارو نشست کرده بر روی پل‌ها در پاییز مشاهده شد ولی بیشترین رشد کشتی-چسب‌ها در تابستان مشاهده شد. بنابراین دمای بالا در تابستان می‌تواند موجب نرخ رشد بالا و در نتیجه تولید زیتوده بیش‌تر شود. البته همانطور که نتایج رگرسیون نشان می‌دهد ( $R^2 = 0.56$ )، رشد زیاد کشتی چسب‌ها در تابستان نمی‌تواند تنها در ارتباط با دمای بالای آب باشد بلکه عوامل دیگری از جمله افزایش فیتوپلانکتون‌ها (۱) و

همچنین با کاهش دما میزان باروری و رسیدگی تخم‌ها نیز کاهش می‌یابد که خود منجر به کاهش تعداد لارو رها شده به داخل آب می‌گردد. در مطالعه حاضر بیشترین و کمترین تراکم کشتی چسب‌ها به ترتیب در آذر و بهمن مشاهده شد. در مطالعه حاضر انتظار می‌رفت میزان نشست لاروی در تابستان بیشتر مشاهده شود ولی نتایج بر خلاف انتظار بیش‌ترین نشست را در پاییز نشان داد. از دلایل احتمالی پایین‌تر بودن تراکم کشتی چسب‌ها در بهار و اوایل تابستان نسبت به پاییز، می‌توان به وجود شکارچی‌های غالب لارو کشتی چسب‌ها و همچنین وجود رقابتی فضایی مانند کرم-های لوله‌ای، بریوزوها و دوکفه‌ای‌های ماسل در ماه‌های



تغذیه بیشتر از فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها در این فصل نیز می‌تواند تاثیرگذار باشد. نتایج مطالعه حاضر در افزایش زیتوده با افزایش دما، مطابق با یافته‌های مطالعات دیگر درباره کشتی‌چسب‌ها و سایر گونه‌های بیوفولینگ است (۲۷، ۳۴، ۴۰، ۴۴). طی ماه‌های سرد، دمای پایین‌تر از حد مطلوب به همراه دسترسی کم به غذا می‌تواند مدت زمان نمو را طولانی و در نتیجه مصرف انرژی را افزایش دهد که این امر منجر به کوچک ماندن اندازه موجودات جوان و در نهایت زیتوده کم‌تر می‌شود. به همین ترتیب، دمای پایین، متامورفوز لاروی را به تعویق انداخته و به طور چشم‌گیری رشد پس از دوره متامورفوز را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۳۲)، که منجر به تشکیل زیتوده کم‌تر می‌شود.

در مطالعه حاضر، بیشترین درصد ماده غیرآلی (پوسته) کشتی‌چسب‌ها در ماه تیر مشاهده شد و همچنین بیشترین درصد ماده آلی (گوشته) متعلق به ماه آذر بود. این نتایج با یافته‌های (Nasrolahi et al., 2013) در مورد اثر دما بر افزایش نسبت ماده غیر آلی به آلی در کشتی‌چسب

## منابع

۱. پورغلام، ر.، سادات تهامی، ف.، کیهان ثانی، ع.، ۱۳۹۳. بررسی تنوع فصلی فیتوپلانکتونها در آبهای حوضه جنوبی دریای خزر طی سال ۱۳۸۹. دوره ۲۷، شماره ۳، صفحات ۳۰۷-۳۱۸.
۲. ترابی جفرودی، ح.، تقوی، ح.، رحیمی بشر، م. ر.، ۱۳۹۴. رقابت مکانی دو گونه مهاجم کشتی‌چسب (Darwin, 1854).
3. Anderson, D. T., 1993. Barnacles: structure, function, development and evolution. Science & Business Media.
4. Anderson, M. J., & A. J. Underwood, 1994. Effects of substratum on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 184: 217-236.
5. Anil, A. C., K. Chiba, K. Okamoto, & H. Kurokura, 1995. Influence of temperature and salinity on larval development of *Balanus amphitrite*: implications in fouling ecology. Marine ecology progress series 118: 159-166.
6. Azis, P. K. A., I. Al-Tisan, & N. Sasikumar, 2001. Biofouling potential and environmental factors of seawater at a desalination plant intake. Desalination 135: 69-82.
7. Berntsson, K. M., H. Andreasson, P. R. Jonsson, L. Larsson, K. Ring, S. Petronis, & P. Gatenholm, 2000. Reduction of barnacle recruitment on micro-textured surfaces: analysis of effective topographic characteristics and evaluation of skin friction. Biofouling 16: 245-261.
8. Bertness, M. D., S. D. Gaines, E. G. Stephens, & P. O. Yund, 1992. Components of recruitment in populations of the acorn barnacle *Semibalanus*

- balanoides* (Linnaeus). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 156: 199–215.
9. Camus, P. A., Y. N. Andrade, & B. Broitman, 1999. Effects of substratum topography on species diversity and abundance in Chilean rocky intertidal communities. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 377–388.
  10. Crisp, D. J., 1974. Factors influencing the settlement of marine invertebrate larvae. *Chemoreception in marine organisms* 177–265.
  11. Crisp, D. J., & E. Bourget, 1985. Growth in barnacles. *Advances in marine biology* 22: 199–244.
  12. Dean, T. A., & L. E. Hurd, 1980. Development in an estuarine fouling community: the influence of early colonists on later arrivals. *Oecologia* 46: 295–301.
  13. Dineen, J. F., & A. H. Hines, 1992. Interactive effects of salinity and adult extract upon settlement of the estuarine barnacle *Balanus improvisus* (Darwin, 1854). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 156: 239–252.
  14. Geraci, J. B., C. Amrhein, & C. C. Goodson, 2008. Barnacle growth rate on artificial substrate in the Salton Sea, California. *Hydrobiologia* 604: 77–84.
  15. Glasby, T. M., & S. D. Connell, 2001. Orientation and position of substrata have large effects on epibiotic assemblages. *Marine Ecology* 214: 127–135.
  16. Gregg, J. H., 1945. Background illumination as a factor in the attachment of barnacle cyprids. *The Biological Bulletin* 88: 44–49.
  17. Jackson, J. B. C., 1977. Competition on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *American Naturalist* 743–767.
  18. James RJ, Underwood AJ, 1994. Influence of colour of substratum on recruitment of spirorbid tubeworms to different types of intertidal boulders. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 181:105–115
  19. Larman, V. N., P. A. Gabbott, & J. East, 1982. Physico-chemical properties of the settlement factor proteins from the barnacle *Balanus balanoides*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry* 72: 329–338
  20. Leer-Andersen, M., & L. Larsson, 2003. An experimental/numerical approach for evaluating skin friction on full-scale ships with surface roughness. *Journal of marine science and technology* 8: 26–36.
  21. Lin, H. J., & K. T. Shao, 2002. The development of subtidal fouling assemblages on artificial structures in Keelung Harbor, Northern Taiwan. *Zoological Studies* 41: 170–181.
  22. Lix, L. M., J. C. Keselman, & H. J. Keselman, 1996. Consequences of assumption violations revisited: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance F test. *Review of educational research* Sage Publications 66: 579–619
  23. Melzner, F., P. Stange, K. Trübenbach, J. Thomsen, I. Casties, U. Panknin, S. N. Gorb, & M. A. Gutowska, 2011. Food supply and seawater p CO<sub>2</sub> impact calcification and internal shell dissolution in the blue mussel *Mytilus edulis*. *PLoS one* 6: e24223.
  24. Minchinton, T. E., & R. E. Scheibling, 1991. The influence of larval supply and settlement on the population structure of barnacles. *Ecology* 1867–1879.
  25. Nasrolahi, A., 2007. Larval settlement of the barnacle, *Balanus improvisus* Darwin (1854) under different food concentration, substratum, light period, salinity, cyprid density and cyprid age. *Pakistan journal of biological sciences*: 10: 2231–2236.
  26. Nasrolahi, A., C. Pansch, M. Lenz, & M. Wahl, 2012. Being young in a changing world: how temperature and salinity changes interactively modify the performance of larval stages of the barnacle *Amphibalanus improvisus*. *Marine biology* 159: 331–340.
  27. Nasrolahi, A., C. Pansch, M. Lenz, & M. Wahl, 2013. Temperature and salinity interactively impact early juvenile development: a bottleneck in barnacle ontogeny. *Marine biology* 160: 1109–1117.
  28. O'Connor, N. J., & D. L. Richardson, 1994. Comparative attachment of barnacle cyprids (*Balanus amphitrite* Darwin, 1854; *B. improvisus* Darwin, 1854; & *B. ebumeus* Gould, 1841) to polystyrene and glass substrata. *Journal of experimental marine biology and ecology* 183: 213–225.

29. Ong, J. L. J., & K. S. Tan, 2012. Observations on the subtidal fouling community on jetty pilings in the Southern Islands of Singapore. *Contributions to Marine Science* 121–126.
30. Pati, S. K., M. V Rao, M. Balaji, P. Lucena-Moya, R. Brawata, J. Kath, E. Harrison, S. ElSawah, F. Dyer, & B. J. Barth, 2015. Spatial and temporal changes in biofouling community structure at Visakhapatnam harbour, east coast of India. *Tropical Ecology* 56: 139–154.
31. Pawlik, J. R., 1992. Induction of marine invertebrate larval settlement: evidence for chemical cues. *Ecological roles of marine natural products* Comstock Publishing Associates: Ithaca, NY 189–236.
32. Pechenik, J. A., 1990. Delayed metamorphosis by larvae of benthic marine invertebrates: does it occur? Is there a price to pay?. *Ophelia* 32: 63–94.
33. Poloczanska, E. S., & A. J. Butler, 2010. *Biofouling and climate change*. Biofouling Oxford, UK 333.
34. Qiu, J.-W., & P.-Y. Qian, 1999. Tolerance of the barnacle *Balanus amphitrite amphitrite* to salinity and temperature stress: effects of previous experience. *Marine Ecology* 188: 123–132.
35. Ring, K., 2000. Recruitment of *Balanus improvisus* on micro-textures with different geometries and evaluation of methods for analyzing cyprid behaviour (master thesis). Gothenburg University, Stroemstad, Sweden.
36. Roberts, D. A., E. L. Johnston, & A. G. B. Poore, 2008. Contamination of marine biogenic habitats and effects upon associated epifauna. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1057–1065.
37. Schultz, M. P., 2007. Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering. *Biofouling* 23: 331–341.
38. Skinner, L. F., & R. Coutinho, 2005. Effect of microhabitat distribution and substrate roughness on barnacle *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818) settlement. *Brazilian Archives of Biology and Technology SciELO Brasil* 48: 109–113.
39. Skinner, L. F., F. N. Siviero, & R. Coutinho, 2007. Comparative growth of the intertidal barnacle *Tetraclita stalactifera* (Thoracica: Tetraclitidae) in sites influenced by upwelling and tropical conditions at the Cabo Frio region, Brazil. *Rev. Biol. Trop* 55: 71–78.
40. Smale, D. A., T. Wernberg, L. S. Peck, & D. K. A. Barnes, 2011. Turning on the heat: ecological response to simulated warming in the sea. *PLoS one* 6: e16050.
41. Smith, F. G. W., 1948. Surface illumination and barnacle attachment. *The Biological bulletin Marine* 94: 33–39.
42. Stachowitsch, M., R. Kikinger, J. Herler, P. Zolda, & E. Geutebrück, 2002. Offshore oil platforms and fouling communities in the southern Arabian Gulf (Abu Dhabi). *Marine Pollution Bulletin* 44: 853–860.
43. Sutherland, J. P., & R. H. Karlson, 1977. Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. *Ecological Monographs* 47: 425–446.
44. Thiyagarajan, V., T. Harder, J.-W. Qiu, & P.-Y. Qian, 2003. Energy content at metamorphosis and growth rate of the early juvenile barnacle *Balanus amphitrite*. *Marine Biology* 143: 543–554.
45. Wisely, B., 1959. Factors influencing the settling of the principal marine fouling organisms in Sydney Harbour. *Marine and Freshwater Research* 10: 30–44.
46. Yamamuro, M., & N. Oka, 1998. Predation by diving ducks on the biofouling mussel *Musculista senhousia* in a eutrophic estuarine lagoon. *Marine Ecology* 174: 101–106.
47. Yebra, D. M., S. Kiil, & K. Dam-Johansen, 2004. Antifouling technology—past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress in Organic Coatings* 50: 75–104.
48. Yule, A. B., & G. Walker, 1984. The temporary adhesion of barnacle cyprids: effects of some differing surface characteristics. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 64: 429–439.
49. Zar, J. H., 1999. *Multiple regression and correlation. Biostatistical analysis*, 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 413–451.

## Effect of substratum type on *Amphibalanus improvisus* settlement in the southern coast of the Caspian Sea

Heidari e., Nasrolahi A., Golinia P. and Pazoki J.

Aquatic Biotechnology Dept., Faculty of life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, I.R. of Iran

### Abstract

Barnacles are among the most important and abundant sessile animals on hard substrates, particularly in tidal areas. In this study, effect of substratum type on settlement of the bay barnacle, *Amphibalanus improvisus*, was investigated in Amirabad Port, Southern Caspian Sea, from August 2013 to July 2014. Five substrates (10×10 cm) including PVC, wood, Plexiglas sheets treated with barnacle adult extract, smooth sheet and roughed sheet were used. Ten replicates per substratum were horizontally deployed at 1m depth. The substrates were then monthly retrieved and replaced with new panels. Subsequently, number of settled barnacles (abundance), biomass (dry weight), growth (weight per individual) and organic to inorganic material ratio of the barnacles were recorded. The results showed that the number of the settled barnacles on the PVC panels were significantly higher compared to the other substrates ( $p<0.01$ ). Furthermore, the highest density of barnacles were observed in December, while there were almost few settlers in February. The highest growth rate of barnacles occurred in July. The highest and the lowest organic to inorganic ratio were observed in December and July, respectively. Regression analysis showed that temperature is a significant factor in the growth rate of barnacles. Besides the knowledge on the temporal distribution of barnacle larvae, the results of this study have implications in selecting the material type for construction of marine infrastructures.

**Key words:** Barnacle, *Amphibalanus improvisus*, larval settlement, substratum type, Caspian Sea