



الگوی توزیع و پراکنش کشتی چسب مهاجم دریای خزر (Darwin, 1854)

Amphibalanus improvisus در سواحل سنگی حوضه جنوبی

حر ترابی جفودی^۱، حسن تقوی^{۱*}، محمدرضا رحیمی بشر^۲

^۱گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر،

صندوق پستی: ۴۷۷۱-۹۵۴۴۷

^۲گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، صندوق پستی: ۱۶۱۶

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	
تاریخچه مقاله:	
دریافت: ۹۳/۰۳/۲۴	
اصلاح: ۹۴/۰۶/۲۰	
پذیرش: ۹۴/۰۶/۲۵	
کلمات کلیدی:	
دریای خزر	
گونه‌های مهاجم	
بارناکل	
<i>Amphibalanus improvisus</i>	

مهمترین جوامع ماکروبن‌توزی سواحل صخره‌ای کشتی چسب‌ها هستند که در حوضه جنوبی دریای خزر *Amphibalanus improvisus* یک گونه مهاجم و غالب این گروه می‌باشد. هدف این تحقیق تعیین تعداد، زی توده، درصد پوشش و بررسی عوامل مؤثر بر توزیع و پراکنش این گونه در مناطق مختلف سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر بود. تعداد ۱۰ ایستگاه در سواحل سنگی طبیعی و مصنوعی از آستارا تا بابلسر انتخاب و در طول یک سال (شهریور ۱۳۹۲ تا تیر ماه ۱۳۹۳) و هر ۲ ماه یکبار توسط کوادرات ۱۵×۱۵ cm به صورت تصادفی مورد نمونه برداری قرار گرفتند. میانگین تعداد افراد این گونه در سواحل $271/165 \pm 404/75$ ، درصد پوشش $36/83 \pm 19/657$ ، وزن $17/81 \pm 11/825$ gr در واحد سطح تعیین شده است. اگرچه نتایج پراکنش نسبتاً یکنواختی را در ایستگاه‌های ده‌گانه نشان داد، اما در گروه‌بندی آزمون One-way ANOSIM مشخص شد که بیشترین تشابه زیستگاهی مربوط به ایستگاه‌های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۹ بوده و نتایج آزمون One-way ANOVA در ماه‌های مختلف نشان داد که تغییرات زمانی در فراوانی *A. improvisus* تأثیرگذار نیست. همچنین مشخص شد شوری سواحل حوضه جنوبی در رشد کشتی چسب بی تأثیر و فاکتور دما عاملی مهم و مثبت در فراوانی آن بوده است.

مقدمه

دریای خزر بزرگترین پهنه آبی بسته جهان است که به دلیل وسعت و قرار گرفتن در چندین نصف النهار، اکوسیستم‌های متنوعی در نواحی مختلف آن ایجاد شده است (Aladin and plotnikov, 2004). این دریا با دارا بودن ۷۳۳ گونه و زیرگونه گیاهی، ۱۸۱۴ گونه و زیرگونه جانوری، ۱۰۶۹ بی‌مهره آزادی، ۳۲۵ گونه انگل و ۴۱۵ مهره دار از تنوع زیستی مطلوبی برخوردار است (Kasymov, 1982). از نکات منحصر به فرد تنوع زیستی دریای خزر، درجه بالای بومی‌گرایی آن می‌باشد (Dumont, 2000). در قرن بیستم ورود گونه‌های مهاجم، غالب‌ترین مکانیسم تغییرات زیستی دریای خزر محسوب می‌شود (Ivanov et al., 2000). بیشتر مهاجمین دریایی چسبنده طی اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ از طریق بدنه کشتی‌ها به دریای خزر رسیدند (Grigorovich et al., 2003). تهاجم زیستی یکی از عوامل تغییرات اکوسیستم‌های ساحلی محسوب شده (Groszholz, 2002; Teck et al., 2010) و برای مطالعه تغییرات زیستی آب‌های دریایی سواحل سنگی مدل بسیار خوبی به شمار می‌رود (Harley et al., 2006; Helmuth et al., 2006)؛ زیرا این سواحل به علت تأثیر مستقیم جریان‌ات ساحلی و امواج،

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: taghavi25@yahoo.com

منبع غنی از مواد غذایی، اکسیژن و رسوبات هستند (Hunt and Scheibling, 1996; Robles *et al.*, 2001). همچنین، سواحل سنگی زیستگاه بسیاری از جمعیت‌های مختلف نرم تنان، دوکفه ایها، بارناکل‌ها، علف‌های دریایی، جلبک‌ها و سایر گروه‌های زیستی با توانایی چسبندگی می‌باشد (Denny and Gains, 2007) و گونه‌های چسبنده می‌توانند در بسترهای سخت طبیعی و مصنوعی حاصل از دخالت انسانی به راحتی استقرار یابند (Cohen and Carlton., 1998). احتمالاً دو گونه از بارناکل‌های بلوطی *Amphibalanus improvisus* و *Amphibalanus eburneus* جزو اولین مهاجمینی بوده‌اند که به کانال ولگا - دون نفوذ کردند. حضور آنها در خزر در سال‌های ۱۹۵۵ و ۱۹۵۶ گزارش شد که به واسطه داشتن صدف، به خوبی قادر به تحمل شرایط نامطلوب بودند (Karpinsky *et al.*, 2005).

بارناکل‌ها توزیع و پراکنش جهانی دارند. گونه‌هایی بر روی آبشش ده پایان و گروه‌هایی دارای زندگی آزاد هستند. آنهایی که دارای زندگی آزاد هستند به چسبیدن بر روی موجودات دیگر و بسترهای سخت و سازه‌های مصنوعی سازش یافته‌اند (Adamson and Brown, 2002). چرخه حیات آنها پیچیده همراه با دگردیسی از مرحله لاروی تا بلوغ است. چرخه زندگی بارناکل‌ها ۶ مرحله پلانکتونی دارد. در مراحل ناپلی لاروها انرژی را دریافت و ذخیره می‌کنند و در انتها لارو سیپرید دیگر تغذیه نمی‌کند. مرحله سیپریدی مرحله تخصصی شده برای جوامع کفزی جهت انتخاب بستر مناسب است و موجود نابالغ بعد از چسبیدن، مراحل بلوغ را تا رشد کامل سپری کند (Thiyagarajan and Qian, 2008). اغلب بارناکل‌ها هم‌افروdit هستند و لقاح داخلی دارند و قادر به تولید اسپرم و تخم به طور همزمان می‌باشند که گاهی اسپرم به افراد مجاور انتقال یافته و منجر به لقاح خارجی می‌گردد (Weidema, 2000). به خاطر مکانیزم تولید مثلی، بارناکل‌ها به سرعت رشد می‌کنند؛ لارو بعضی از آنها در نواحی گرمسیری پس از طی ۸ تا ۱۶ شبانه روز در جایی ثابت شده و در مدت ۳ ماه بالغ می‌شوند (Thiyagarajan and Qian, 2008). این موجودات همچنین توانایی چسبیدن به بسترهای سخت طبیعی و مصنوعی را دارند (Adamson and Brown, 2002).

سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر به دو صورت طبیعی و مصنوعی بوده که سواحل مصنوعی با اهدافی همچون جلوگیری از بالا آمدن سطح آب دریا، ساخت بندرگاه و سایر سازه‌های مختلف دریایی به وجود آمده‌اند (Jafari, 2010; Pourjomeh, 2014). از مسائل مهم هر موجود چگونگی فرآیند انتخاب زیستگاه بوده که در رشد، احیاء و پراکنش آن بسیار مؤثر است (Bertness *et al.*, 1999). البته عامل توزیع و پراکنش و تنوع حاصل از آن توسط متغیرهای پیچیده زیستی و غیرزیستی تعیین می‌شود (Thrush *et al.*, 2005). از دو گونه بارناکل *A. improvisus* و *A. eburneus* معرفی شده به دریای خزر فقط گونه *A. improvisus* در سواحل جنوبی دریای خزر وجود دارد (Rahmani and Sari, 2009). بر اساس مطالعات گذشته Nasrolahi (۲۰۱۲) مهمترین عوامل مؤثر بر رشد بارناکل در مراحل لاروی، شوری و دما است و بر اساس تحقیقات Pourjomeh و همکاران (۲۰۱۴) مهمترین جوامع سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر *A. improvisus* دوکفه‌ای مهاجم *Mytilaster lineatus* و ماکرو جلبک‌ها هستند. اگرچه مطالعات زیادی در خصوص بارناکل‌ها و نحوه توزیع پراکنش آنها در جهان انجام شده، اما مطالعات در مورد آنها در دریای خزر بسیار کم و معطوف به مطالعات آزمایشگاهی می‌شود. هدف از انجام این تحقیق تعیین الگوی توزیع و پراکنش و بررسی عوامل محیطی مؤثر بر الگوی پراکنش و تراکم *A. improvisus* در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر است.

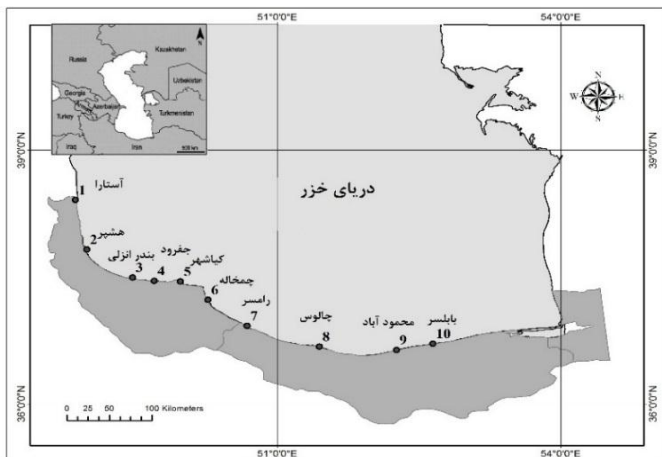
مواد و روش‌ها

این مطالعه در طول یک سال و به فاصله زمانی هر دو ماه یکبار از شهریور ۱۳۹۲ تا تیر ماه ۱۳۹۳ انجام شد و در این راستا در طول ساحل حوضه جنوبی دریای خزر از غرب به شرق، ۱۰ ایستگاه (جدول ۱) بر اساس وجود سواحل سنگی انتخاب شد. شکل یک موقعیت جغرافیایی هر یک از ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. ایستگاه‌ها با توجه به تفاوت‌های مکانی انتخاب شدند که دارای شرایط اکولوژیک هستند، به طور مثال ایستگاه ۳ هم‌جوار با تالاب بین‌المللی انزلی متأثر از ورودی تالاب بین‌المللی انزلی بوده و ایستگاه ۴ در منطقه حسن رود در فاصله ای دورتر که اثرگذاری وردی‌های تالاب کمتر می‌باشد و در ساحلی کاملاً متأثر از شوری دریا انتخاب شد. ایستگاه ۵ در شهرستان کیشهر قرار داشت که نزدیک این ایستگاه منطقه حفاظت شده

بوجاق قرار گرفته و محل نمونه برداری تحت تأثیر ورودی آب شیرین این پارک به دریا می باشد. همچنین ایستگاه ۶ نیز در همجواری با رودخانه و در منطقه چمخاله گیلان بود. در بین زیستگاه های شرقی، ایستگاه ۹ متأثر از شوری دریا و اثرات تولیدات اولیه رودخانه ای در سواحل شهرستان محمود آباد قرار داشت و سایر زیستگاه ها نیز دارای شرایط متفاوت با یکدیگر بودند (شکل ۱).

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ۱۰ ایستگاه نمونه برداری در طول سواحل حوضه جنوبی دریای خزر

مناطق نمونه برداری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱- آستارا	۵۵°، ۴۸'، ۹۰۹"	۲۴°، ۳۸'، ۹۸۶"
۲- هشیمر (حویق)	۵۷°، ۴۸'، ۶۳۹"	۱۰°، ۳۸'، ۶۳۳"
۳- بندر انزلی	۲۹°، ۴۹'، ۵۱"	۲۹°، ۳۷'، ۲۲۳"
۴- جفرو	۲۹°، ۴۹'، ۱۰۳"	۲۹°، ۳۷'، ۲۴۳"
۵- کیشهر	۵۵°، ۴۹'، ۵۲۳"	۲۹°، ۳۷'، ۲۷۳"
۶- چمخاله	۱۳°، ۵۰'، ۶۱۹"	۲۳°، ۲۷'، ۶۹۷"
۷- رامسر	۲۹°، ۵۰'، ۹۷۰"	۲۳°، ۳۷'، ۱۶۹"
۸- چالوس	۲۹°، ۵۱'، ۸۰۸"	۴۰°، ۳۶'، ۴۹۶"
۹- محمود آباد	۵۵°، ۵۱'، ۷۶۰"	۳۴°، ۳۶'، ۸۵۰"
۱۰- بابلسر	۳۸°، ۵۲'، ۹۷۳"	۴۳°، ۳۶'، ۹۹۳"



شکل ۱. ایستگاه های مورد مطالعه قرار گرفته در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر

نمونه برداری ها با تکرار منظم به طور ماهانه از شهریور ۹۲ تا تیر ماه ۹۳ روی صخره ها و سنگ های سواحل طبیعی و مصنوعی حوضه جنوبی دریای خزر به کمک کوادرت ۱۵×۱۵ سانتی متر مربع به صورت کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار در واحد سطح کوادرات ها جمع آوری شدند. در این راستا سعی شد که در هر ایستگاه تکرارها با فواصل مناسب از یکدیگر در امتداد زیستگاه ها (سواحل سنگی) انتخاب شده و یکی از ۳ تکرار از سطح زیرین تخته سنگ ها انجام گردد. نمونه ها پس از شمارش به کمک کاردک جدا شده و سپس با فرمالین ۴ درصد فیکس و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. درصد پوشش بارناکل ها در محل نمونه برداری با کوادرات ۱۵×۱۵ cm به صورت بصری تخمین دقیق زده شد. همچنین برای دقت بیشتر، عکس برداری از کوادرات ها نیز انجام گرفت، ضمن اینکه از این عکس ها برای شمارش مجدد نیز استفاده گردید (Sousa *et al.*, 2013). همچنین در مواقعی که تعداد بارناکل ها در کوادرات زیاد و غیرقابل شمارش بود بر اساس دستور العمل، یک سانتی متر مربع از کوادرات انتخاب و نمونه های آن شمارش و سپس به جامعه درونی هر کوادرات تعمیم داده می شد (Sousa *et al.*, 2000). در این مطالعه برای اندازه گیری فاکتورهای محیطی نظیر دما، شوری، اکسیژن محلول، قابلیت رسانایی، pH و چگالی آب دریا از دستگاه Multi 340/SETi و شوری سنچ چشمی MT-110 استفاده شد. در آزمایشگاه نمونه ها پس از شستشو و جداسازی سایر موجودات همزیست، خشک و سپس جهت دقت بیشتر مجدداً شمارش می شدند و عدد نهایی نمونه هایی که در فیلد، آنالیز عکس ها و آزمایشگاه شمارش شدند، به صورت میانگین گزارش شدند. همچنین برای تعیین زی توده هر ایستگاه، هر جامعه به صورت مجزا با ترازوی دیجیتالی دقیق (۰/۰۰۱) توزین گردید. اطلاعات مربوط به نمونه ها پس از طی مراحل آزمایشگاهی در هر دوره نمونه برداری به صورت منظم ابتدا وارد نرم افزار Excel شده و سپس به کمک نرم افزار SPSS و نرم افزار PAST مورد تحلیل های مختلف آماری قرار گرفت. ابتدا تفاوت های زمانی- مکانی به صورت میانگین و انحراف معیار در جداول مختلف که شامل فاکتورهای محیطی، شاخص های جمعیتی در ایستگاه ها و ماه های مختلف بود تنظیم و سپس با استفاده از آزمون One-way ANOVA و Tukey تفاوت میانگین ها مورد بررسی و آزمون قرار گرفت. برای تشخیص شباهت های زیستگاهی پس از رتبه بندی و گروه بندی ایستگاه های ده گانه جهت مقایسه بهتر واریانس ها با استفاده

از نرم افزار PAST داده ها مورد آزمون One-way ANOSIM قرار گرفتند (Clarke, 1993). برای درک بهتر جهت اثرگذاری همزمان عوامل محیطی و مؤلفه های جمعیتی از آزمون Principal Components Analysis (PCA) استفاده شد و در ادامه تحلیل مؤلفه های اصلی، دیاگرام پراکنش (PCA convex Hulls) که فاصله زیستگاه ها را به لحاظ پراکنش گروه ها نشان می دهد ترسیم و تفسیر شد و با استفاده از آزمون مدل گرادیان (شیب) تراکم گونه ها، مدل مناسبی از فراوانی افراد به صورت نمودار نشان داده شد.

بر اساس نتایج حاصل از فاکتورهای محیطی اندازه گیری شده در ایستگاه های ده گانه مشخص شد که میانگین و انحراف معیار سالیانه: دمای آب (C°) ۱۶/۴۸±۴/۹۱۱، شوری آب (%e) ۹/۸۷±۳/۳۵۷، pH ۸/۲۷±۰/۱۹۷، قابلیت رسانایی آب (ms/cm) ۱۶/۵۱±۱/۳۸۸ و اکسیژن محلول (mg/l) ۹/۸۶±۱۰/۱۴۹ بوده است. در بین ایستگاه های مختلف، بیشترین شوری سالیانه مربوط به ایستگاه ۴ (جفرد) و ۷ (رامسر) با ۱۲/۸۳±۰/۴۰۸ قسمت در هزار و کمترین شوری مربوط به ایستگاه ۶ با ۴/۶۷±۱/۰۳۳ قسمت در هزار (چمخاله) بوده است. بر اساس آزمون One-way AONVA در بین فاکتورهای محیطی تنها شوری در ایستگاه های مختلف از اختلاف معناداری برخوردار بود (P < ۰/۰۵) و زوج های معنی دار در آزمون Tukey به صورت a و b در جدول ۲ مشخص شده اند.

جدول ۲. میانگین (± انحراف معیار) سالیانه فاکتورهای محیطی اندازه گیری شده در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر

ایستگاه	دمای آب (C°)	اکسیژن محلول (mg/l)	شوری (%e)	pH	قابلیت رسانایی آب (ms/cm)
۱	۱۶/۳۳±۶/۱۸۶	۸/۵۰±۰/۶۱۲	۱۰/۶۷±۱/۵۰۶	۸/۱۹±۰/۱۸۲	۱۶/۵۵±۲/۳۰۱
۲	۱۶/۳۳±۶/۲۵۰	۸/۵۰±۰/۶۵۴	۱۰/۸۳±۱/۹۴۱	۸/۴۱±۰/۱۴۳	۱۶/۱۳±۰/۶۰۲
۳	۱۶/۵۰±۵/۰۵۰	۸/۳۵±۰/۷۰۷	۱۱/۸۳±۱/۶۰۲	۸/۲۱±۰/۰۵۴	۱۷/۴۷±۰/۵۶۶
۴	۱۷/۵۰±۵/۲۴۴	۸/۲۲±۰/۰۸۰	۱۲/۸۳±۰/۴۰۸	۸/۲۳±۰/۰۹۲	۱۶/۹۶±۰/۵۷۰
۵	۱۵/۵۰±۴/۳۲۴	۸/۵۸±۰/۵۷۸	۷/۵۰±۲/۰۷۲	۸/۳۸±۰/۲۸۱	۱۶/۷۷±۰/۵۶۳
۶	۱۵/۵۰±۴/۷۶۴	۸/۴۵±۰/۶۷۰	۴/۶۷±۱/۰۳۳	۸/۱۹±۰/۲۰۶	۱۶/۹۴±۰/۵۸۱
۷	۱۶/۳۳±۵/۴۲۸	۸/۵۸±۰/۸۲۷	۱۲/۸۳±۰/۴۰۸	۸/۲۵±۰/۱۹۶	۱۶/۵۸±۰/۶۷۴
۸	۱۶/۸۳±۵/۱۱۵	۸/۷۱±۰/۷۹۴	۱۲/۶۷±۰/۵۱۶	۸/۳۶±۰/۱۲۰	۱۶/۹۹±۰/۵۴۷
۹	۱۶/۵۰±۵/۰۸۹	۸/۷۳±۰/۸۲۶	۸/۵۰±۲/۹۵۰	۸/۱۳±۰/۱۸۵	۱۶/۷۳±۰/۵۵۱
۱۰	۱۷/۵۰±۵/۱۲۸	۹/۴۹±۰/۹۸۹	۶/۰۰±۲/۰۰۰	۸/۳۱±۰/۳۱۳	۱۷/۰۶±۰/۴۲۳
کل منطقه	۱۶/۴۸±۴/۹۱۱	۹/۸۹±۱۰/۱۸۴	۹/۸۳±۳/۳۲۷	۸/۲۷±۰/۱۹۷	۱۶/۵۲±۰/۳۳۹

a و b نشان دهنده زوج های معنی دار در آزمون Tukey هستند.

نتایج حاصل برای فاکتورهای محیطی در ماه های مختلف نشان می دهد که بالاترین تغییرات دما مربوط به ماه شهریور (C°) ۲۳/۶۰±۱/۷۷۶ بوده است. براساس آزمون One way-ANOVA در ماه های مختلف سال دما تنها فاکتوری بود که در بین ماه های مختلف سال از اختلاف معنی داری برخوردار بود (P < ۰/۰۵). همچنین زوج های معنی دار در آزمون Tukey به صورت a و b در جدول ۳ نمایش داده شده است.

میانگین و انحراف معیار سالیانه بارناکل ۲۷۱/۱۶۵±۴۰۴/۷۵ عدد، درصد پوشش ۳۶/۸۳±۱۹/۶۵۷ عدد، وزن ۱۷/۸۱±۱۱/۸۲۵ گرم در واحد سطح بود که زیستگاه ۵ با تعداد ۵۲۳/۷۰۶±۷۲۸/۸۳ عدد، درصد پوشش ۸/۹۴۴±۰/۶۵۰ و وزن ۳۵/۷۴±۲۵/۶۹۸ گرم پرتراکم ترین حضور جمعیتی این گونه را به نسبت سایر ایستگاه ها در واحد سطح به خود اختصاص داده است (جدول ۴). بر اساس آزمون One-way ANOVA در بین ایستگاه های مختلف اختلاف معناداری به لحاظ شاخص های جمعیتی این گونه وجود دارد (P < ۰/۰۵) و در آزمون توکی بیشترین جفت مؤلفه های معنی دار ۱۰ ایستگاه مربوط به تفاوت میانگین های ایستگاه ۴، ۵ و ۶ می شود (P < ۰/۰۵).

جدول ۳. میانگین (± انحراف معیار) ماهیانه فاکتورهای محیطی اندازه گیری شده در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر

ماه های نمونه برداری	دمای آب (C°)	اکسیژن محلول (mg/l)	شوری (‰)	pH	قابلیت رسانایی آب (ms/cm)
شهریور	a ۲۳/۶۰±۱/۷۷۶	۹/۱۳±۰/۵۹۳	۹/۴۰±۳/۰۶۲	۸/۱۸±۰/۲۱۹	۱۶/۵۹±۱/۵۳۷
آبان	b ۱۳/۷۰±۱/۴۱۸	۸/۵۹±۰/۴۰۱	۱۰/۶۰±۳/۲۷۳	۸/۳۵±۰/۱۳۳	۱۶/۳۶±۲/۱۱۴
دی	b ۱۱/۲۰±۰/۹۱۹	۸/۸۰±۰/۳۶۱	۹/۵۰±۴/۳۲۷	۸/۳۰±۰/۱۹۸	۱۷/۱۰±۰/۵۹۵
اسفند	b ۱۱/۷۰±۱/۱۶۰	۹/۳۶±۰/۲۶۴	۹/۶۰±۴/۱۴۲	۸/۳۰±۰/۲۵۵	۱۶/۱۶±۱/۷۴۳
اردیبهشت	b ۱۷/۴۰±۰/۹۶۶	۸/۳۲±۰/۲۸۴	۹/۹۰±۲/۴۲۴	۸/۲۷±۰/۲۱۷	۱۶/۱۵±۰/۶۵۹
تیر	a ۲۱/۳۰±۲/۱۳۰	۸/۹۹±۰/۴۴۸	۱۰/۰۰±۲/۴۰۴	۸/۲۴±۰/۱۳۶	۱۶/۷۵±۰/۵۷۶
کل سال	۱۶/۴۸±۴/۹۱۱	۹/۸۹±۱۰/۱۸۴	۹/۸۳±۳/۲۳۷	۸/۲۷±۰/۱۹۷	۱۶/۵۲±۰/۳۳۹

a و b نشان دهنده زوج های معنی دار در آزمون Tukey هستند.

جدول ۴. میانگین (± انحراف معیار) تعداد، درصد پوشش، وزن *A. improvisus* در ایستگاه های نمونه برداری

ایستگاه	تعداد بارناکل	درصد پوشش بارناکل	وزن بارناکل (گرم)
۱	۳۳۲/۳۳±۹۷/۵۶۰	۴۲/۵۰±۸/۲۱۷	۱۳/۳۳±۳/۷۹۹
۲	۲۸۴/۱۷±۱۲۳/۴۰۷	۳۸/۳۳±۱۰/۸۰۱	۱۷/۹۲±۲/۵۴۷
۳	۱۱۸/۵۰±۴۶/۲۸۹	۷/۵۰±۴/۱۸۳	۸/۷۷±۴/۱۸۲
۴	۹۳/۱۷±۴۹/۵۱۵	۸/۳۳±۴/۰۸۲	۸/۶۵±۵/۱۲۱
۵	۷۲۸/۸۳±۵۲۳/۷۰۶	۶۵/۰۰±۸/۹۴۴	۳۵/۷۴±۲۵/۶۹۸
۶	۶۷۵/۰۰±۸۶/۲۷۶	۴۳/۳۳±۹/۳۰۸	۲۵/۹۳±۳/۸۰۹
۷	۴۱۴/۶۷±۲۱۵/۲۷۱	۳۰/۰۰±۱۳/۷۸۴	۱۵/۱۹±۱۰/۷۶۵
۸	۴۳۲/۳۳±۹۱/۶۶۲	۳۵/۸۳±۱۳/۱۹۷	۱۷/۷۸±۶/۲۳۲
۹	۴۶۸/۳۳±۱۳۷/۳۱۸	۴۷/۵۰±۸/۲۱۶	۱۵/۱۱±۴/۲۶۲
۱۰	۵۰۰/۱۷±۱۱۸/۱۱۸	۵۰/۰۰±۱۷/۰۲۹	۱۹/۷۰±۵/۳۴۶
Mean± SD	۴۰۴/۷۵±۲۷۱/۱۶۵	۳۶/۸۳±۱۹/۶۵۷	۱۷/۸۱±۱۱/۸۲۵

a و b نشان دهنده زوج های معنی دار در آزمون Tukey هستند.

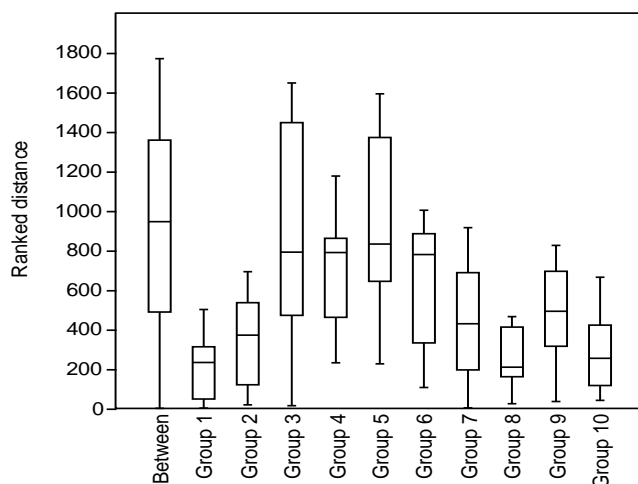
جدول ۵. میانگین (± انحراف معیار) تعداد، درصد پوشش و وزن *A. improvisus* در ماه های نمونه برداری در حوضه جنوبی دریای خزر

ماه های نمونه برداری	تعداد بارناکل	وزن بارناکل (گرم)	درصد پوشش بارناکل
شهریور	۴۶۵/۵۰±۲۲۰/۳۸۸	۲۰/۱۹±۹/۰۹۳	۳۵/۰۰±۱۸/۷۰۸
آبان	۳۵۰/۶۰±۲۰۶/۶۶۶	۱۳/۸۱±۷/۲۱۷	۳۷/۵۰±۲۲/۱۴۲
دی	۳۵۸/۲۰±۲۳۸/۵۲۰	۱۵/۶۱±۸/۸۶۳	۳۶/۵۰±۱۹/۷۲۷
اسفند	۳۶۸/۸۰±۲۱۵/۹۳۰	۱۶/۰۲±۸/۳۱۶	۳۷/۵۰±۲۰/۰۳۵
اردیبهشت	۳۶۱/۰۰±۲۰۹/۸۴۶	۱۷/۷۹±۹/۵۵۷	۳۶/۰۰±۲۰/۶۵۶
تیر	۵۲۴/۴۰±۴۶۲/۵۶۱	۲۳/۴۵±۲۱/۷۸۳	۳۸/۵۰±۲۱/۶۰۹
Mean± SD	۴۰۴/۷۵±۲۷۱/۱۶۵	۱۷/۸۱±۱۱/۸۲۵	۳۶/۸۳±۱۹/۶۵۷

طبق آنالیز حاصل از داده ها برای ماه های مختلف نمونه برداری، تیر ماه بیشترین حضور جمعیتی بارناکل را با میانگین و انحراف معیار ۵۲۴/۴۰±۴۶۲/۵۶۱ عدد، وزن ۲۳/۴۵±۲۱/۷۸ گرم، درصد پوشش ۳۸/۵۰±۲۱/۶۰۹ را به خود اختصاص داده

است (جدول ۵). در آزمون One-way ANOVA اختلاف معناداری در بین میانگین‌های جمعیتی این گونه در ماه‌های مختلف سال مشاهده نشد ($P < 0.05$).

نتایج گروه بندی آزمون تشابه زیستگاهی One-way ANOSIM مشخص کرد که همگنی بین شرایط زیستگاهی ۱۰ ایستگاه انتخابی وجود دارد ($R: 0.457$, $P: 0.0001$) اما در عین حال ایستگاه‌های ۵، ۳، ۴، ۶ و ۹ دارای بیشترین تشابه به لحاظ شرایط زیستگاهی هستند (شکل ۱).

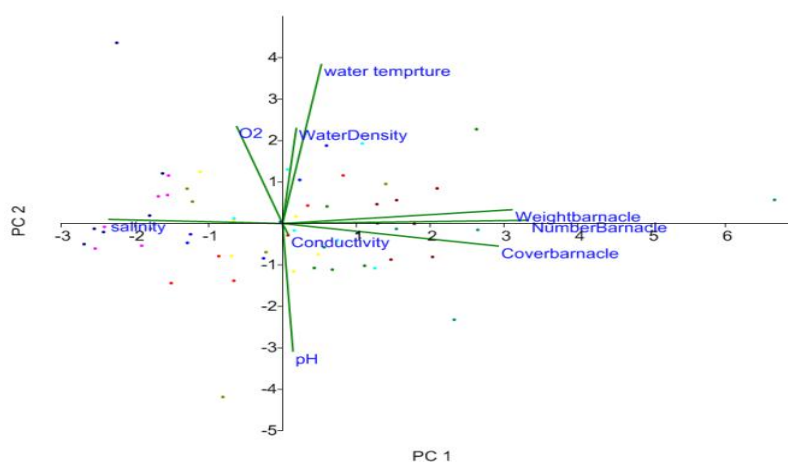


شکل ۲. باکس پلات ANOSIM نشان می‌دهد که ایستگاه‌های انتخابی دارای همگنی بوده و بیشترین تشابه در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر مربوط به زیستگاه‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۹ می‌شود.

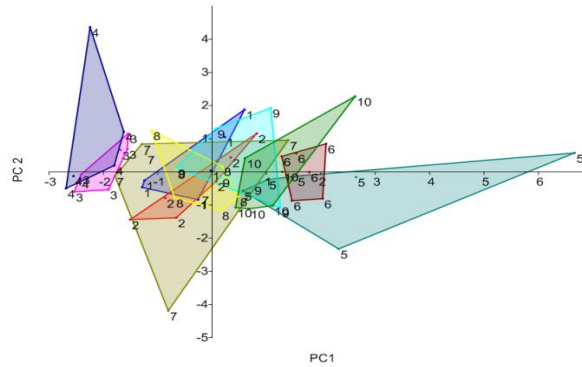
طبق نتایج حاصل از آزمون مؤلفه‌های اصلی (PCA) دما، چگالی آب، قابلیت رسانایی و اکسیژن محلول هم محور با تعداد، بیوماس و درصد پوشش بارناکل هستند، اگرچه pH آب در محور Y ها همراستا با سنجه‌های بارناکل هستند اما فاکتور شوری در جهت عکس این سنجه‌ها قرار گرفته است (شکل ۲).

همپوشانی و قرار گرفتن همه گروه‌ها در محور X دیاگرام پراکنش PCA نشان می‌دهد پراکنش گونه مهاجم *A. improvisus* در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر تقریباً یکنواخت بوده، اما بار عاملی بعضی از گروه‌ها مانند ایستگاه ۵ آن را نسبت به سایر گروه‌ها کمی مجزا کرده است (شکل ۴).

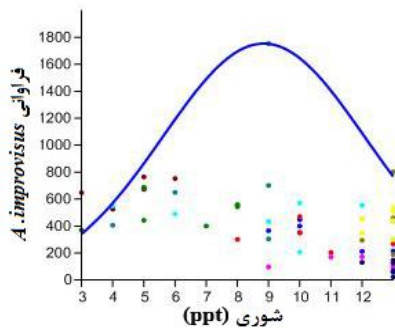
آزمون‌های فراوانی برای فاکتورهای محیطی مهم نشان دادند که بیشترین فراوانی بارناکل در بازه دمایی ۲۰-۱۴ درجه سانتیگراد است (شکل ۵). همچنین این آزمون برای شوری بازه ۱۰-۷ قسمت در هزار را نشان داد (شکل ۶).



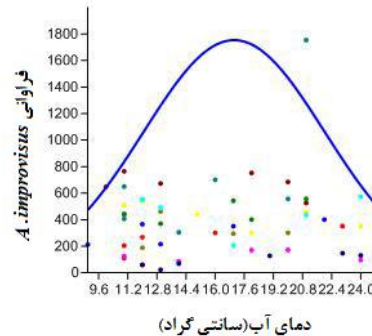
شکل ۳. آزمون مؤلفه‌های اصلی که جهت اثرگذاری هر کدام از مؤلفه‌ها را مشخص کرده است، دما، دانسیته آب، کنداکتیوته و اکسیژن محلول هم محور با تعداد، بیوماس و درصد پوشش بارناکل هستند، همچنین pH آب در محور Y ها همراستا با سنجه‌های بارناکل هستند اما فاکتور شوری در جهت عکس این سنجه‌ها قرار گرفته است.



شکل ۴. دیاگرام جدایی زیستگاه با استفاده از آرایه های مؤلفه های اصلی که در گروه بندی با رنگ بندی و شماره ایستگاه مشخص شده، نشان می دهد *A. improvisus* به حالت کلی در ایستگاه های مختلف از پراکنش تقریباً یکنواختی برخوردار است



شکل ۶. فراوانی *A. improvisus* در شوری های مختلف



شکل ۵. فراوانی *A. improvisus* در دماهای مختلف سال

در ایستگاه های نمونه برداری شده کفزیان دیگری شامل: *Chironomus albidus* ، *Mytilaster lineatus*(Gemlin: 1789) *Rhithropanopeus harrisi tridentatus* ، *Cerastoderma Lamarci*، *Pontogammarus maeoticus* *Nereis diversicolor* همچنین خانواده های *Simuliidae*، *Scyomyzidae* *Naididae* *Pyrgulidae* شدند. همچنین در این مطالعه سه جنس از ماکروجلبک های اپی بنتیک مشاهده شد که دو جنس *Cladophora* و *Entromorpha* از گروه جلبک های سبز و یک جنس به نام *Laurencia* از جلبک های قرمز می باشد.

بحث

نتایج نشان می دهند که اگرچه تفاوتها در توزیع و پراکنش گونه مهاجم *A. improvisus* در ایستگاه های مختلف وجود دارد، اما به طور کلی این گونه دارای پراکنندگی نسبتاً یکنواختی در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر است و تفاوت های زمانی در آنها به طور کاملاً مشهود دیده نمی شود. بررسی جمعیت ایستگاه های مختلف نشان می دهد پوشش بارناکل در سواحل مختلف یکنواخت نیست و در بعضی از ایستگاه ها مانند ایستگاه ۵ بالا و در برخی دیگر مانند ایستگاه ۳ بسیار پایین بوده است. البته حضور گونه های دیگر مانند دوکفه ای مهاجم و ماکروجلبک ها و اندازه بارناکل ها در نقاط مختلف می تواند جزو عوامل تفاوت در ایستگاه ها باشد. این موضوع با مطالعات Pourjomeh و همکاران (۲۰۱۴) که بیان کرد، در بین ماکروبنتوزهای سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر غالبیت با دو گونه *A. improvisus* *M. lineatus* و ماکروجلبک ها است همخوانی دارد.

از نتایج دیگر این بررسی مشخص شد، که فاکتور محیطی شوری بر پویایی جمعیت گونه مهاجم *A. improvisus* در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر اثر گذار نبوده و این موضوع نشان می‌دهد که بارناکل‌ها تنظیم‌گر اسمزی قوی هستند که نوسانات شوری در مناطق مختلف نمی‌تواند بر تعداد، درصد پوشش و وزن این گونه در حوضه جنوبی اثر گذار باشد. بر اساس مطالعات گذشته Nasrolahi و همکاران (2006) بر روی مراحل مختلف زندگی گونه مورد نظر در شرایط آزمایشگاهی، عنوان گردیده *A. improvisus* تنظیم‌گر اسمزی قوی است و می‌تواند با درجات متفاوت شوری مقابله و سازش پیدا کند. همچنین در تحقیق ما مشخص شد که به طور کلی بیشترین فراوانی بارناکل در شوری ۱۲-۸ بوده است. Lawson و همکاران (2004) در تحقیقات خود مشخص کرد دو گونه دیگر از بارناکل‌ها *Elminius modestus* و *Semibalanus balanoides* به خوبی و فراوانی زیاد می‌توانند در شوری بسیار پایین (۰-۲ قسمت در هزار) رشد و توسعه جمعیتی داشته باشند و در مطالعه دیگر مشخص شد *A. improvisus* می‌تواند در مناطق مصبی با شوری پایین به خوبی توزیع و پراکنش داشته باشد. به طوریکه جمعیت بالغین این گونه به خوبی در شوری ۰-۱۳ قسمت در هزار از پراکنش وسیعی برخوردار هستند (Dineen and Hines, 1992). این نتیجه با تحقیقات ما که بیان می‌کند بارناکل در سواحل سنگی دریای خزر در شوری‌های مختلف از پراکنش یکنواختی برخوردار است، مطابقت و همخوانی دارد. همچنین تحقیقات Furman و Yule (1990) مشخص کرد *A. improvisus* در دریا‌های معتدل و در مناطقی با درجه شوری پایین (مانند دریای بالتیک و یا خزر) یا درجات شوری بسیار متغیر به صورت گسترده یافت می‌شود، این موضوع با نتایج حاصل از این تحقیق که مشخص نمود در شوری‌های مختلف بارناکل از پراکنش وسیعی در سواحل حوضه جنوبی برخوردار است مطابقت و همخوانی دارد. همچنین نتایج این ارزیابی نشان داد، فاکتور دما در آزمون مؤلفه‌های اصلی همراستا با فراوانی بارناکل است که نشانگر اهمیت این فاکتور غیرزیستی برای رشد و فراوانی بارناکل در دریای خزر می‌باشد. در بررسی حاضر بیشترین فراوانی بارناکل در دمای ۲۰-۱۶ درجه سانتیگراد مشاهده شد که در واقع این فراوانی مربوط به ماه‌های گرم سال است. بر اساس تحقیقات Lamb و همکاران (2014) دما از عوامل کلیدی ساختار جمعیت موجودات دریایی بوده و می‌تواند نقش اساسی در محدود کردن موجودات غیرمتحرک مانند بارناکل‌ها داشته باشد و افزایش دما موجب افزایش متابولیسم، تولید مثل بیشتر، کوتاه کردن مراحل زایش و در نتیجه بالاتر رفتن فراوانی افراد در جمعیتی شود. همچنین تحقیقات O'Riordan و همکاران (2004) در بررسی اثر تغییرات مکانی *Chthamalus montagui* و *Chthamalus stellatus* بر نشست و مراحل رشد در بخشی از سواحل اروپا نشان داد که دما اثر مستقیم بر روی مراحل تمامورفوز و سیپریدها دارد. علاوه بر این مشخص گردید فصول بهار و تابستان افزایش لانه‌گزینی و افزایش جمعیت بالغین را به همراه دارد. در تحقیق حاضر نیز مشخص شد که دما و ماه‌های گرم تأثیر مثبت و بسزایی بر فراوانی بارناکل دارد. در تحقیق حاضر بیشترین فراوانی بارناکل در ماه‌های گرم سال (تیر ماه) بوده و ماه‌های سرد از فراوانی نسبتاً کمتری برخوردار بوده‌اند، که بر اساس مطالعات گذشته کاهش فراوانی در ماه‌های سرد علل مختلفی می‌تواند داشته باشد: از جمله محدودیت غذا در فصول سردتر (Barnes and Barnes, 1958; Thiyagarajan *et al.*, 2002)، کاهش دما و اثرگذاری منفی بر فعالیتهای متابولیسمی (Anil *et al.*, 1995)، گرسنگی و استرس‌های حاصل از آن (Crisp, 1984)، کیفیت لاروهای رها شده و اثر کمبود انرژی در لاروها (Nasrolahi, 2012)، استقرار و نشست و مراحل رشد بارناکل‌ها بسیار متنوع بوده و تحت عوامل زیستی و غیرزیستی مانند دما، نور، عرض جغرافیایی، چرخش باد در سواحل، تغذیه، سن، تجمع، پوشش گیاهی و آلودگی می‌تواند باشد (Southward, 1987) همچنین استقرار موفق بارناکل بستگی به شرایط جوی و آب و هوایی دارد (Barnes, 1989) اگرچه تحقیق حاضر به توزیع و پراکنش در مرحله بلوغ در سواحل پرداخته اما باید اشاره کرد که سیکل زندگی *A. improvisus* تا مرحله بلوغ در حدود ۳ ماه است، پس می‌توان استنباط کرد شرایط محیاء در ابتدای ماه‌های گرم سال، از جمله دما، تغذیه و شرایط جوی مناسب در سواحل با توجه به اینکه بیشترین فراوانی مربوط به ماه‌های تیر و شهریور است، از عوامل مهم در لانه‌گزینی و به دنبال آن رشد جمعیتی و پراکنش این گونه در سواحل سنگی حوضه جنوبی دریای خزر است. این موضوع با تحقیقات Lawson و همکاران (2004) که عنوان کرد در اواخر فصل بهار به علت شرایط جوی مساعد دریا، بهتر شدن شرایط تغذیه و کم شدن سایر عوامل کاهش جمعیت تراکم بیشتری از لارو بارناکل در سواحل وجود دارد همخوانی و مطابقت دارد. طبق تحقیقات Nasrolahi و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثرات گرمایش زمین، تغییرات شوری و دما دو عامل مهم در مراحل لاروی *A. improvisus* هستند که این دو فاکتور می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر مقدار انرژی ذخیره شده در لاروها داشته

باشند و از این طریق بر الگوی تغذیه بارناکل ها در مراحل مختلف اثر بگذارند و یا فعالیت متابولیکی لاروها را افزایش دهند، در نتیجه بر میزان بقاء سیپریس ها و جمعیت آنها تأثیر گذار شوند، بالطبع با افزایش سیپریس ها لانه گزینی بیشتر شده و جمعیت بالغین افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین ذکر شده که برخلاف طول مدت دوره لاروی، میزان بقاء تا مرحله سیپرید، در دماهای بالا در شوری پایین در بالاترین سطح است، اگرچه قیاس، میان مراحل مختلف زندگی بارناکل و جامعه بالغین کمی سوال برانگیز است اما در نتایج ما مشخص شده که در شوری های پایین و دماهای نسبتاً بالا فراوانی بارناکل بیشتر می باشد. این موضوع با بخشی از تحقیقات Findlay و همکاران (2010) که درباره اثرات اسیدی شدن اقیانوس شمالی و تأثیر افزایش دما بر افزایش متابولیسم لاروها و به دنبال آن افزایش جمعیت بارناکل ها است مطابقت دارد.

تشکر و قدردانی

سپاس فراوان از مسئولین محترم آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان جناب مهندس علی نیا و آقای حیدری به جهت همکاری در انجام این تحقیق داریم.

منابع

- Adamson, L., Brown, N. 2002. Anti-fouling systems. Focus on. IMO : 1-32.
- Aladin, N., Plotnikov, I. 2004. The Caspian Sea. Lake Basin Management Initiative Thematic Paper .
- Anil, A.C., Chiba, K., Okamoto, K., Kurokura, H. 1995. Influence of temperature and salinity on larval development of *Balanus amphitrite*: implications in fouling ecology. Marine Ecology Progress Series. 118(1): 159-166.
- Barnes, M. 1989. Egg production in Cirripedia. Oceanography and Marine biology: an Annual Review. (27): 91-166.
- Barnes, H., Barnes, M. 1958. The rate of development of *Balanus balanoides* (L.) larvae. Limnology and Oceanography. 3(1): 29-32.
- Bertness, M. D., Leonard, G.H., Levine, J.M., Schmidt, P.R., Ingraham, A.O. 1999. Testing the relative contribution of positive and negative interactions in rocky intertidal communities. Ecology. 80(8): 2711-2726.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Australian Journal of Ecology. 18: 117-143.
- Cohen, A.N., Carlton, J.T. 1998. Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. Science. 279: 555-558.
- Crisp, D.J. 1984. Comparison between the reproduction of high- and low-latitude barnacles, Including *Balanus balanoides* and *Tetraclita* (Tesseropora) *pacifica*. In: Thompson, M.F., Sarojini, R., Nagabhushanam, R. (eds.). Biology of benthic marine organisms. Oxford and IBH, New Delhi. pp. 69-84.
- Denny, M.W., Gaines, S.D. 2007. Encyclopedia of tide pools and rocky shores. University of California Press. 739 p.
- Dineen, J.F., Hines, A.H. 1992. Interactive effect 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.
- Dumont, H.J. 2000. Endemism in the Ponto-Caspian Fauna, with special emphasis on the Onychopoda (Crustacea). Advances in Ecological Research. 31: 181-196.
- Findlay, H.S., Burrows, M.T., Kendall, M.A., Spicer, J.I., Widdicombe, S. 2010. Can ocean acidification affect population dynamics of the barnacle *Semibalanus balanoides* at its southern range edge? Ecology. 91(10): 2931-2940.
- Furman, E.R., Yule, A.B. 1990. Self-fertilisation in (*Balanus improvisus*) Darwin. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 144(2): 235-239.

- Grigorovich, I.A., Therriault, T.W., MacIsaac, H.J. 2003. History of aquatic invertebrate invasions in the Caspian Sea. *Biological Invasions*. 5: 103-115.
- Grosholz, E. 2002. Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions. *Trends in Ecology and Evolution*. 17: 22-27.
- Harley, C.D., Randall, Hughes, A., Hultgren, K.M. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*. 9(2): 228-241.
- Helmuth, B., Mieszkowska, N., Moore, P. 2006. Living on the edge of two changing worlds: forecasting the responses of rocky intertidal ecosystems to climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. 37: 373-404.
- Hunt, H.L., Scheibling, R.E. 1996. Physical and biological factors influencing mussel (*Mytilus trossulus*, *M. edulis*) settlement on a wave exposed rocky shore. *Marine Ecology Progress Series*. 142: 135-145.
- Ivanov, V.P., Kamakin, A.M., Ushivtzev, V.B., Shiganova, T., Zhukova, O., Aladin, N., Wilson, S.I., Harbison, G.R., Dumont, H.J. 2000. Invasion of the Caspian Sea by the comb jellyfish *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora). *Biological Invasions*. 2: 255-258.
- Jafari, N. 2010. Review of pollution sources and controls in Caspian Sea region. *Journal of Ecology and the Natural Environment*. 2(2): 025-029.
- Karpinsky, G.M., Shiganova, T.A., Katunin, D.N. 2005. Introduced Species In: The Caspian Sea Environment. In: Kostianoy, A.G., Kosarey, A.N. (eds.). Springer, ISBN : 9783540282815. pp. 175-191.
- Kasymov, A.G. 1982. The role of Azov-Black Sea invaders in the productivity of the Caspian Sea benthos. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*. 67(4): 533-541.
- Lamb, E.A., Leslie, H.M., Shinen, J.L. 2014. Both like it hot? Influence of temperature on two co-occurring intertidal barnacles in central Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 453: 54-61.
- Lawson, J., Davenport, J., Whitaker, A. 2004. Barnacle distribution in Lough Hyne Marine Nature Reserve: a new baseline and an account of invasion by the introduced Australasian species (*Elminius modestus*) Darwin. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 60(4): 729-735.
- Nasrolahi, A., Farahani, F., Saifabadi, S. 2006. Effect of Salinity on Larval Development and Survival of the Caspian Sea barnacle, *Balanus improvisus* Darwin (1854). *Journal of Biological Science*. 6(6): 1103-1107.
- Nasrolahi, A. 2012. Stress ecology: interactive effect of temperature and salinity on early life stages of barnacle, *Amphibalanus improvisus* (Doctoral dissertation, Universität zu Kiel).
- Pourjomeh, F., Shokri, M.R., Kiabi, B. 2014. Do Cement Boulders Mimic Natural Boulders for Macro-Invertebrates in the Southern Caspian Sea? *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 14: 155-164.
- O'Riordan, R.M., Arenas, F., Arrontes, J., Castro, J.J., Cruz, T., Delany, J., Silva, T. 2004. Spatial variation in the recruitment of the intertidal barnacles *Chthamalus montagui* Southward and *Chthamalus stellatus* (Poli) (Crustacea: Cirripedia) over an European scale. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 304(2): 243-264.
- Rahmani, M.R., Sari, A. 2009. External embryonic development of South Caspian Sea barnacle *Amphibalanus* (= *Balanus*) *improvisus* (Crustacea: Cirripedia) under laboratory conditions. *Acta Zoologica Bulgarica*. 61(2): 197-204.
- Robles, C.D., Alvarado, M.A., Desharnais, R.A. 2001. The shifting balance of littoral predator-prey interaction in regimes of hydrodynamic stress. *Oecologia*. 128(1): 142-152.
- Sousa, A., Jacinto, D., Pentead, N., Martins, P., Fernandes, J., Silva, T., Castro, J.J., Cruz, T. 2013. Patterns of distribution and abundance of the stalked barnacle (*Pollicipes pollicipes*) in the central and southwest coast of continental Portugal. *Journal of Sea Research*. 83: 187-194.
- Sousa, E.B., Cruz, T., Castro, J.J. 2000. Distribution and abundance of co-occurring chthamalid barnacles *Chthamalus montagui* and *Chthamalus stellatus* (Crustacea, Cirripedia) on the southwest coast of Portugal. In: *Island, Ocean and Deep-Sea Biology*. Springer Netherlands. pp. 339-345.
- Southward, A.J. 1987. Barnacle Biology. *Crustacean issues* 5. Balkema. Rotterdam, 364 p.

- Teck, S.J., Halpern, B.S., Kappel, C.V., Micheli, F., Selkoe, K.A., Crain, C.M., Martone, R., Shearer, C., Arvai, J., Fischhoff, B. 2010. Using expert judgment to estimate marine ecosystem vulnerability in the California Current. *Ecological Applications*. 20: 1402-1416.
- Thiyagarajan, V., Harder, T., Qian, P.Y. 2002. Effect of the physiological condition of cyprids and laboratory-mimicked seasonal conditions on the metamorphic successes of (*Balanus amphitrite*) Darwin (Cirripedia; Thoracica). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 274(1): 65-74.
- Thiyagarajan, V., Qian, P.Y. 2008. Proteomic analysis of larvae during development, attachment, and metamorphosis in the fouling barnacle, *Balanus amphitrite*. *Proteomics*. 8(15): 3164-3172.
- Thrush, S., Hewitt, J.E., Herman, P.M., Ysebaert, T. 2005. Multi-scale analysis of species-environment relationships. *Marine Ecology Progress Series*. 302 p.
- Weidema, I.R. 2000. Introduced species in the Nordic countries. Vol 13. Nordic Council of Ministers.