

تأثیر جنس و عمق بستر بر پراکنش دو گونه‌ای *Saccostrea cucullata* در مناطق بین جزرومدی

خلیج فارس

چکیده

جنس و عمق قرارگیری بسترهای سخت در پراکنش مکانی گونه‌های بیوفولینگ نقش کلیدی بازی می‌کنند. اویستر *Saccostrea cucullata* از جمله گونه‌های بیوفولینگ سواحل خلیج فارس می‌باشد. به منظور تعیین تأثیر جنس بستر بر پراکنش این گونه، تراکم اویسترها روی سه نوع بستر سخت شامل صخره‌های طبیعی، بلوک‌های سیمانی و سطوح فلزی در دو فصل تابستان و زمستان ۱۳۹۵ در مناطق بین جزرومدی بوشهر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به منظور تعیین تأثیر عمق بستر، انواع بسترها در نواحی بالا و پایین منطقه بین جزرومدی بررسی شدند. طبق نتایج آنالیز واریانس دوطرفه، تراکم اویسترها روی بسترهای صخره‌ای طبیعی و سطوح فلزی بیش از بلوک‌های سیمانی است. هرچند اختلاف بین تراکم اویسترها روی صخره‌های طبیعی (۳۹/۳۹ فرد در مترمربع) و سطوح فلزی (۴۰/۲۵ فرد در مترمربع) معنی‌دار نبود ولی اویسترها روی سطوح فلزی نسبت‌های بالاتری از جوامع بیوفولینگ را به خود اختصاص داده بودند (حدود ۷۳ درصد روی سطوح فلزی در مقابل حدود ۶۰ درصد روی صخره‌های طبیعی). بر اساس نتایج همچنین اختلاف معنی‌داری در تراکم اویسترها در نواحی بالا و پایین منطقه بین جزرومدی مشاهده نشد، درحالی‌که برهم‌کنش تأثیر جنس و عمق بستر معنی‌دار بود. در مجموع این مطالعه نشان می‌دهد تراکم اویستر *Saccostrea cucullata* بر روی بسترهای فلزی و صخره‌های طبیعی نسبت به بلوک‌های سیمانی بالاتر است و عمق قرارگیری بسترها در منطقه بین جزرومدی بر تراکم این گونه تأثیر زیادی ندارد. به نظر می‌رسد استفاده از صخره‌های طبیعی به‌عنوان موج‌شکن و محافظ ساختارهای ساحلی می‌تواند باعث افزایش جمعیت این گونه در مناطق ساحلی شود.

واژگان کلیدی: بیوفولینگ، منطقه بین جزرومدی، پراکنش، *Saccostrea cucullata*، خلیج فارس.

احمدرضا کهن^۱

علی نصر الهی^{۲*}

بهرام حسن‌زاده کیابی^۳

۱، ۲، ۳. گروه زیست‌شناسی و زیست‌فناوری دریا و آبریان، دانشکده‌ی علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

* مسئول مکاتبات:

a_nasrolahi@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۳

کد مقاله: ۱۳۹۷۰۳۵۹۳

این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.

مقدمه

گروه بزرگی از موجودات دریایی (میکروسکوپی و ماکروسکوپی) به‌ویژه بی‌مهرگان با روش‌های مختلف به بسترهای سخت متصل شده و روی آن‌ها زیست می‌کنند که این گروه از موجودات را بیوفولینگ (چسبنده) می‌گویند (Flemming et al., 2009). وجود بسترهای سخت طبیعی و انسان-ساخت می‌تواند بر تنوع گونه‌ای این گروه از موجودات بیفزاید. حضور موجودات چسبنده به بر روی بسترهای سخت می‌تواند به کیفیت محیط‌زیست کمک کند (Nelson et al., 2004). این گونه‌ها معمولاً در انتهای مراحل لاروی خود بستر مناسب برای نشست را جست‌وجو می‌کنند و جانور جوان بر اساس ویژگی‌های مختلف بستر، محل مناسب برای نشست و اتصال را انتخاب می‌کند. با توجه به این‌که گونه‌های بیوفولینگ پس از نشست قادر به جا به‌جایی نمی‌باشند، انتخاب بستر در بقا و رشد آن‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای خواهد داشت (Bushek, 1988).

ویژگی‌های مختلف بستر از جمله جنس و ترکیب شیمیایی (Pawlik 1992; Hills *et al.*, 1998; Bartol *et al.*, 1999; Frascchetti *et al.*, 2002; Faimali *et al.*, 2004; Barnes *et al.*, 2010; Herbert and Hawkins 2006; Su *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2012; Carroll *et al.*, 2015) و عمق قرارگیری در مناطق بین جزرومدی (Lee *et al.*, 2012) از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در انتخاب بستر نشست توسط این جانوران می‌باشند. بسترهای طبیعی و مصنوعی موجود در مناطق مختلف، با گونه‌های مختلف و نسبت‌های گونه‌ای متفاوت پوشیده شده‌اند که این موضوع نشان‌دهنده تفاوت در میزان موفقیت گونه‌های بیوفولینگ روی بسترهای مختلف می‌باشد (Anderson and Underwood, 1994). پس از نشست و رشد موفق یک گروه از این آبزیان بر روی یک بستر مشخص، احتمال انتخاب آن بستر به‌عنوان زیستگاه توسط نسل‌های بعد نیز افزایش می‌یابد (Osman and Whitlatch, 1995; Tamburri *et al.*, 2008). علت جذب شدن لاروها به سمت بسترهای سختی که بالغین بر روی آن‌ها حضور دارند، ترشح مواد شیمیایی خاص توسط بالغین و یا بیوفیلم موجود روی آن بسترها، ترکیب شیمیایی بستر و عوامل دیگر می‌باشد که در مجموع تحت عنوان علائم نشست شناخته می‌شوند (Zimme-Faust and Tamburri, 1994; Hills *et al.*, 1998). عمق یا محل قرارگیری بسترهای سخت در منطقه بین جزرومدی با تأثیر بر میزان رقابت بر سر فضا و نیز میزان شکار شدن افراد مختلف گونه‌های بیوفولینگ، می‌تواند در تعیین نرخ بازگشت شیلاتی و میزان مرگ‌ومیر پس‌از آن نقش کلیدی بازی کند (Connell, 1961; Osman *et al.*, 1989; Michener and Kenny, 1991).

دوکفه‌ای *Saccostrea cucullata* (Born, 1778) به‌عنوان یک اویستر خوراکی از جمله گونه‌های حاضر در جوامع بیوفولینگ مناطق بین جزرومدی خلیج فارس به شمار می‌رود. اویسترها با نشست به‌صورت گروهی و انبوه و ایجاد آبنگ‌ها، علاوه بر افزایش کیفیت آب (Nelson *et al.*, 2004)، محل زیست برای بسیاری دیگر از گونه‌ها را فراهم می‌کنند (Rodney and Paynter, 2006). همچنین وجود لابه محکم کربنات کلسیمی این موجودات باعث استحکام سازه‌ها شده و از فرسایش آن‌ها جلوگیری می‌کند (Scyphers *et al.*, 2011). در مناطق بین جزرومدی خلیج فارس بسترهای مصنوعی مختلفی با اندازه‌ها و جنس‌های متفاوت توسط انسان ایجاد شده است. این بسترها می‌توانند گروه‌هایی از جوامع بیوفولینگ بر روی خود جای دهند که متفاوت از بسترهای طبیعی موجود در منطقه است (Herbert and Hawkins, 2006; Perkol-Finkel and Benayahu, 2007; Chase *et al.*, 2016). اطلاعات کافی از پراکنش *S. cucullata* بر روی بسترهای مختلف طبیعی و مصنوعی ایجاد شده در مناطق بین جزرومدی در سواحل خلیج فارس وجود ندارد. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر جنس و عمق بستر و برهم‌کنش این دو عامل بر پراکنش و تراکم اویستر *S. cucullata* در مناطق بین جزرومدی خلیج فارس در بوشهر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مناطق بین جزرومدی بندر بوشهر و طی تابستان و زمستان ۱۳۹۵ انجام شد. بدین منظور ۳ ایستگاه در طول خط ساحلی انتخاب گردید. ساحل جنوبی روستای بندرگاه (ایستگاه ۱)، ساحل شمالی روستای بندرگاه (ایستگاه ۲) و ساحل روستای هلیله (ایستگاه ۳) به‌عنوان ایستگاه‌های نمونه‌برداری در نظر گرفته شدند (شکل ۱). مناطق بین جزرومدی در هر سه ایستگاه از نوع بسترهای سخت می‌باشد که در بخش‌هایی بستر به شکل ماسه‌ای است. مناطق موردبررسی در ساحل روستای هلیله و ساحل شمالی بندرگاه کمتر از ساحل جنوبی بندرگاه در معرض امواج قرار دارند.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی در سواحل خلیج فارس در منطقه بوشهر.

به منظور بررسی تأثیر عمق (محل قرارگیری) بستر در منطقه بین جزرومدی بر روی پراکنش *S. cucullata* ابتدا حد میانی جزر و مد در مناطق بین جزرومدی در هر یک از ایستگاه‌ها مشخص گردید. بسترهای مختلف مورد بررسی در بخش‌های بالاتر و پایین‌تر از حد میانی منطقه بین جزرومدی مورد بررسی قرار گرفتند. جهت بررسی تأثیر جنس بستر بر پراکنش و رشد *S. cucullata* در هر ایستگاه سه نوع بستر مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بسترهای مورد بررسی شامل صخره‌های طبیعی، بلوک‌های سیمانی و سطوح فلزی (آهنی) می‌باشند که هر سه نوع در منطقه وجود دارند. تعداد افراد گونه مورد نظر بر روی بسترهای مختلف طی هر نمونه برداری ثبت گردید. به منظور شمارش تعداد افراد از یک کوادرات 25×25 سانتی‌متر استفاده گردید. به منظور تعیین نسبت فراوانی *S. cucullata* به کل گونه‌های جانوری بیوفولینگ، تعداد افراد سایر گونه‌های حاضر روی بسترهای مختلف نیز شمارش شد و نسبت تعداد افراد گونه مورد نظر به تعداد کل افراد جامعه بیوفولینگ به عنوان فراوانی نسبی این گونه محاسبه شد. در هر ایستگاه سه نقطه انتخاب گردید و در هر نقطه سه بار در هر یک از انواع بسترها کوادرات انداخته شد. نمونه برداری‌ها در فصل تابستان و زمستان ۱۳۹۵ انجام گرفتند.

تابعیت داده‌ها از توزیع نرمال توسط آزمون Shapiro-Wilk W-test مورد بررسی قرار گرفت. داده‌هایی که از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کردند نرمال‌سازی شدند. اختلاف بین تراکم و فراوانی نسبی اویسترها بر روی بسترهای متفاوت و در اعماق مختلف در هر یک از فصول نمونه برداری توسط آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) دوطرفه مورد بررسی قرار گرفت. پس از این آزمون، جهت مقایسه دوه‌دو بسترها، آزمون تعقیبی Tukey به کار گرفته شد. تمامی آزمون‌های آماری توسط نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۱ انجام گردید.

نتایج

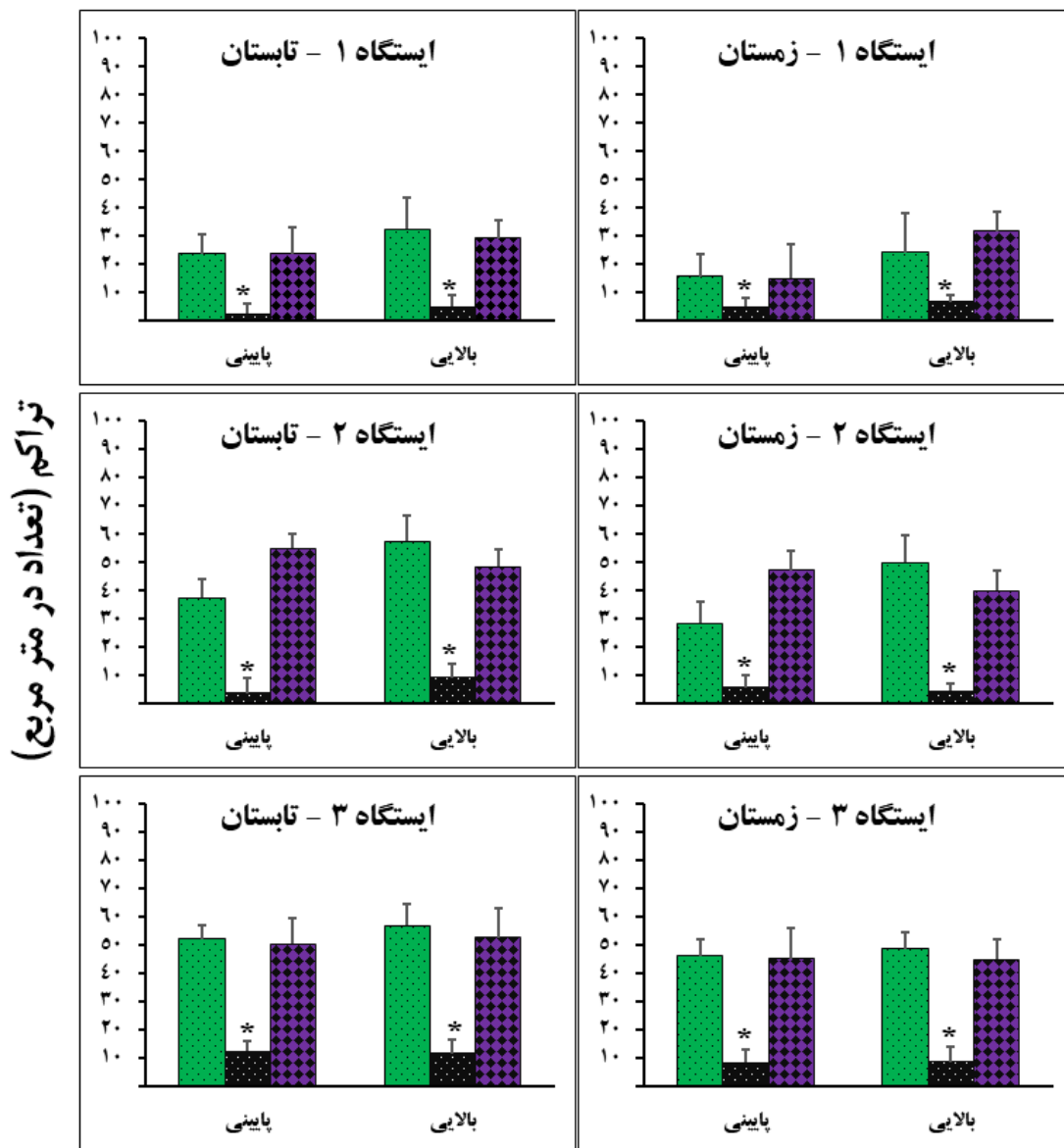
تراکم و فراوانی نسبی اویستر *S. cucullata* بر روی سطوح مختلف در مناطق بالا و پایین ناحیه‌ی بین جزرومدی در جدول ۱ ارائه شده است. دیگرگونه‌های حاضر روی بسترهای موردبررسی شامل بارناکل‌های *Amphibalanus amphitrite* و *Microeuraphia permitini* دوکفه‌ای *Mytilus edulis*، کرم پرتار *Hydroides* sp و گونه‌های مختلف شکم‌پایان شامل *Trochus Erythraeus* *Patella* sp. *Turbo radiates* و *Nerita melanotragus* بودند.

جدول ۱: تراکم و فراوانی نسبی به همراه انحراف معیار اویستر *S. cucullata* بر روی سطوح مختلف در مناطق بالا و پایین ناحیه‌ی بین جزرومدی.

نوع بستر	منطقه	تراکم (تعداد در مترمربع)	انحراف معیار	فراوانی نسبی (درصد)	انحراف معیار
صخره طبیعی	بالای جزرومدی	۳۳/۸۸	۱۳/۸۰	۵۲/۳۳	۱۹/۵۶
	پایین جزرومدی	۴۴/۸۹	۱۳/۵۱	۶۸/۳۸	۱۶/۵۷
بلوک سیمانی	بالای جزرومدی	۶/۳۳	۳/۵۷	۱۱/۵۰	۹/۷۵
	پایین جزرومدی	۶/۷۰	۲/۷۰	۱۲/۳۷	۷/۱۸
سطوح فلزی	بالای جزرومدی	۳۹/۳۷	۱۶/۱۳	۶۴/۶۲	۱۶/۱۴
	پایین جزرومدی	۴۱/۱۳	۹/۲۴	۸۱/۹۲	۹/۸۴

تراکم اویسترها به‌طورکلی در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود ($P < 0.05$) (شکل ۲). بالاترین تراکم اویستر *S. cucullata* (۵۷/۳) اویستر در مترمربع) در مطالعه حاضر در ایستگاه ۲ و در فصل تابستان و در ناحیه بالایی منطقه بین جزرومدی و بر روی صخره‌های طبیعی به ثبت رسید. میانگین تراکم و فراوانی نسبی اویستر بر روی صخره‌های طبیعی به ترتیب $14/2 \pm 39/4$ فرد در مترمربع و $19/2 \pm 60/4$ درصد بود، درحالی‌که این اعداد برای بسترهای مصنوعی شامل بلوک‌های سیمانی و سطوح فلزی به ترتیب $3/1 \pm 6/9$ فرد در مترمربع و $8/1 \pm 11/9$ درصد و $12/6 \pm 40/2$ فرد در مترمربع و $15/6 \pm 73/3$ درصد به ثبت رسید.

تراکم اویسترها روی بلوک‌های سیمانی با صخره‌های طبیعی و سطوح فلزی اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$)، اما تفاوت معنی‌داری بین تراکم اویسترها بین صخره‌های طبیعی و سطوح فلزی دیده نشد ($P > 0.05$). هرچند از لحاظ تراکم اختلاف معنی‌داری بین صخره‌های طبیعی و سطوح فلزی دیده نشد، ولی از لحاظ فراوانی نسبی، بسترهای فلزی نسبت‌های بالاتری از اویسترها را روی خود جای داده بودند ($P < 0.05$).



ناحیه بین جزر و مدی

فلزی بلوک سیمانی صخره طبیعی

شکل ۲: تراکم اویستر *Saccostrea cucullata* (تعداد در مترمربع) روی بسترهای مختلف (صخره طبیعی، بلوک سیمانی، سطوح فلزی) در ایستگاه‌های مورد مطالعه و در فصول تابستان و زمستان ۱۳۹۵ در دو ناحیه بالا و پایینی منطقه بین جزرومدی در سواحل بوشهر.

علامت * نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

بین دو ناحیه بالا و پایین حد میانی جزر و مد اختلاف معنی‌داری در تراکم و فراوانی نسبی اویسترها مشاهده نگردید ($P > 0.05$) (شکل ۲). هر چند تراکم اویسترها در مناطق بالایی تا حدودی بالاتر بود. میانگین تراکم و فراوانی نسبی اویستر *S. cucullata* با در نظر گرفتن تمامی بسترهای مورد بررسی در ناحیه پایین منطقه بین جزر و مدی به ترتیب $18/9 \pm 26/5$ فرد در مترمربع و $27/6 \pm 42/8$ درصد و در ناحیه بالایی منطقه بین جزر و مدی به ترتیب $19/5 \pm 31/2$ فرد در مترمربع و $32/9 \pm 54/2$ درصد می‌باشد.

تأثیر برهم‌کنش جنس بستر و عمق، برخلاف عمق به صورت مجزا، در تراکم و فراوانی نسبی اویستر *S. cucullata* معنی‌دار بود ($P < 0.05$). میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) و فراوانی نسبی (درصد) اویسترها در نواحی بالا و پایین منطقه بین جزر و مدی و بر روی سطوح مختلف مورد مطالعه، در جدول ۱ ارائه شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر تأثیرات جنس و عمق بستر بر پراکنش اویستر *S. cucullata* در مناطق بین جزر و مدی خلیج فارس را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آنالیزهای انجام شده، از میان سه نوع بستر مختلف مورد بررسی، صخره‌های طبیعی و سطوح فلزی دارای ارجحیت بیشتری نسبت به بلوک‌های سیمانی برای این گونه هستند (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که تراکم این گونه در نواحی بالا و پایین منطقه بین جزر و مدی اختلاف معنی‌داری ندارد.

گونه‌های مختلف اویستر برای نشست پوسته بالغین هم گونه و یا دیگرگونه‌ها را به بسترهای سخت دیگر ترجیح می‌دهند (Nalesso *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2012; Walles *et al.*, 2016). اما از میان بسترهای سخت موجود در هر منطقه، گونه‌های مختلف اویستر ترجیحات متفاوتی دارند و هرگونه از اویسترها نوع خاصی از سطوح سخت را برای نشست ترجیح می‌دهد (Anderson and Underwood, 1994). بر اساس نتایج، اویستر *S. cucullata* در منطقه مورد مطالعه صخره‌های طبیعی را به صخره‌های مصنوعی (بلوک‌های سیمانی) ترجیح می‌دهد. در حالی که تراکم این گونه روی سطوح فلزی به عنوان یک بستر مصنوعی با صخره‌های طبیعی تقریباً برابر بود. ترجیح بسترهای طبیعی به بسترهای مصنوعی توسط گونه‌های مختلف اویستر در مناطق مختلف جهان مشاهده شده است (Tamburri *et al.*, 2008; Walles *et al.*, 2016). جنس بستر در نرخ نشست اولیه اویسترها مؤثر است، هر چند میزان مرگ‌ومیر روی بسترهای مختلف پس از نشست تعیین‌کننده تراکم آن‌ها می‌باشد (Anderson and Underwood, 1994).

مطالعات فراوانی بر تأثیر جنس بستر بر میزان نشست لاروی گونه‌های مختلف اویستر در مناطق مختلف جهان انجام گرفته است که نتایج متفاوتی به دست آمده است. به دلیل تفاوت در تنوع گونه‌ای و در نتیجه رقابت بر سر فضا و شکار در مناطق مختلف جهان، میزان بقای یک گونه روی یک نوع بستر یکسان می‌تواند متفاوت باشد (Tamburri *et al.*, 2008). حضور برخی گونه‌ها می‌تواند باعث افزایش نشست لاروی اویسترها باشد (Osman *et al.*, 1989; Barnes *et al.*, 2010). در مقابل گونه‌هایی نیز وجود دارند که بر سر فضا با اویسترها رقابت می‌کنند و یا با شکار کردن آن‌ها از تراکم اویسترها می‌کاهند (Barnes *et al.*, 2010; Dunn *et al.*, 2014).

طبق نتایج این مطالعه هر چند از لحاظ تراکم اختلاف معنی‌داری بین صخره‌های طبیعی و سطوح فلزی دیده نشد، ولی از لحاظ فراوانی نسبی، بسترهای فلزی نسبت‌های بالاتری از اویسترها را روی خود جای داده بودند. از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر بقا و تراکم اویسترها روی بسترهای مختلف رقابت بر سر فضا با سایر گونه‌ها و شکار شدن توسط گونه‌های شکارچی است (Barnes *et al.*, 2010; Carroll *et al.*, 2015). از آنجا که جوامع بیوفولینگ ساکن بر روی بسترهای طبیعی با جوامع ساکن روی بسترهای انسان‌ساخت می‌توانند متفاوت باشند (Doroudi, 1996)، اویسترهای ساکن روی این سطوح فلزی احتمالاً نسبت به اویسترهای ساکن روی صخره‌های طبیعی با رقابت کمتری بر سر فضا مواجه

هستند و یا این که اویستر *S. cucullata* مرگ‌ومیر پایین‌تری بر اثر شکار یا کنده شدن از روی بستر نسبت به سایر گونه‌های بیوفولینگ روی سطوح فلزی دارد (Anderson and Underwood, 1994; Doroudi, 1996).

در این مطالعه بلوک‌های سیمانی هرچند تراکم نسبتاً بالایی از اویسترها را روی خود جای دادند ولی از ارجحیت کمتری نسبت به دو نوع بستر دیگر برای گونه‌ی *S. cucullata* برخوردار بودند. در مطالعه انجام‌شده توسط Anderson و Underwood (۱۹۹۴)، از میان بسترهای مختلف شامل چوب، بلوک‌های سیمانی، فایبرگلاس و آلومینیوم، اویستر *Crassostrea virginica* بلوک‌های سیمانی و چوب را به دو بستر دیگر ترجیح داد. به‌علاوه، Dunn و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که در بلندمدت میزان نشست اویستر *C. virginica* روی پوسته اویسترهای هم‌گونه و بلوک‌های سیمانی تقریباً برابر است.

عمق قرارگیری بستر نشست اویستر می‌تواند بر پراکنش و تراکم این دوکفه‌ای‌ها در مناطق بین جزرومدی تأثیرگذار باشد (Bartol et al., 1999; Lee et al., 2012). در مطالعات مختلف نتایج متفاوتی در مورد تأثیر عمق بر تراکم اویسترها به‌دست‌آمده است. برخی مطالعات نشان‌دهنده تراکم بالاتر اویسترها در نواحی بالایی منطقه بین جزرومدی می‌باشند (Ruwa and Polk, 1994) درحالی‌که نتایج مطالعات دیگر نشان‌دهنده ترجیح نواحی پایین منطقه بین جزرومدی توسط اویسترها می‌باشد (Lee et al., 2012). Lee و همکاران (۲۰۱۲) جنس بستر را تعیین‌کننده میزان نشست لاری و عمق قرارگیری بستر را تعیین‌کننده میزان بقا پس از نشست معرفی کردند.

از آنجاکه بلوک‌های سیمانی به‌عنوان موج‌شکن و محافظت‌کننده ساحل به کار می‌روند، به نظر می‌رسد با استفاده از سطوح صخره‌ای طبیعی یا فلزی به‌عنوان موج‌شکن می‌توان بسترهای مناسب‌تری برای اویستر *S. cucullata* فراهم کرد. حضور و تراکم بالاتر این اویستر می‌تواند با ایجاد آبنگ‌ها و خرد زیستگاه‌ها بستر مناسب برای حضور سایر گونه‌ها ایجاد کرده و باعث بالا رفتن تنوع زیستی شود (Rodney and Paynter, 2006; Barnes et al., 2010). از آنجاکه این گونه‌ها از توانایی حذف و کاهش آلاینده‌ها و مواد مغذی از ستون آب برخوردارند، حضور اویسترها همچنین می‌تواند باعث افزایش کیفیت آب در منطقه شود (Nelson et al., 2004). همچنین وجود لایه محکم کربنات کلسیمی این موجودات باعث استحکام سازه‌ها شده و از فرسایش آن‌ها جلوگیری می‌کند (Scyphers et al., 2011). در مجموع مطالعه حاضر نشان‌دهنده تأثیر مثبت وجود بسترهای سخت فلزی یا صخره‌های طبیعی در پراکنش مکانی اویستر *S. cucullata* در سواحل شمالی خلیج فارس می‌باشد. به نظر می‌رسد می‌توان با استفاده از این نوع بسترها در ساخت موج‌شکن‌ها به افزایش جمعیت این گونه مهم اکولوژیکی کمک کرد.

منابع

- Anderson M. J. and Underwood A. J., 1994. Effects of substratum on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 184(2):217-236.
- Barnes B. B., Luckenbach M. W. and Kingsley-Smith P. R., 2010. Oyster reef community interactions: The effect of resident fauna on oyster (*Crassostrea* spp.) larval recruitment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 391(1-2):169-177.
- Bartol I. K., Mann R. and Luckenbach M., 1999. Growth and mortality of oysters (*Crassostrea virginica*) on constructed intertidal reefs: effects of tidal height and substrate level. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 237(2):157-184.
- Bushek, D., 1988. Settlement as a major determinant of intertidal oyster and barnacle distributions along a horizontal gradient. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 122(1):1-18.
- Carroll J. M., Riddle K., Woods K. E. and Finelli C. M., 2015. Recruitment of the eastern oyster, *Crassostrea virginica*, in response to settlement cues and predation in North Carolina. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 463:1-7.

- Chase A. L., Dijkstra J. A. and Harris L. G., 2016.** The influence of substrate material on ascidian larval settlement. *Marine Pollution Bulletin*, 1.6(1-2):35-42.
- Connell, J. H., 1961.** Effects of Competition, Predation by *Thais lapillus*, and Other Factors on Natural Populations of the Barnacle *Balanus balanoides*. *Ecological Monographs*, 31(1):61-104.
- Doroudi, M., 1996.** Infestation of pearl oysters by boring and fouling organisms in the northern Persian Gulf. *Indian Journal of Marine Sciences*, 25(2):168-169.
- Dunn, R. P., Eggleston, D. B. and Lindquist, N., 2014.** Effects of Substrate Type on Demographic Rates of Eastern Oyster (*Crassostrea virginica*). *Journal of Shellfish Research*, 33(1):177-185.
- Faimali, M., Garaventa, F., Terlizzi, A., Chiantore, M. and Cattaneo-Vietti, R., 2004.** The interplay of substrate nature and biofilm formation in regulating *Balanus amphitrite* Darwin, 1854 larval settlement. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 306(1):37-50.
- Flemming, H.-C., Murthy, P. S., Venkatesan, R. and Cooksey, K., 2009.** Marine and industrial biofouling, vol 4. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Fraschetti, S., Giangrande, A., Terlizzi, A. and Boero, F., 2002.** Pre- and post-settlement events in benthic community dynamics. *Oceanologica Acta*, 25(6):285-295.
- Herbert, R. J. H., Hawkins, S. J., 2006.** Effect of rock type on the recruitment and early mortality of the barnacle *Chthamalus montagui*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 334(1):96-108.
- Hills J. M., Thomason, J. C., Milligan, J. L. and Richardson, M., 1998.** Do barnacle larvae respond to multiple settlement cues over a range of spatial scales? In: Baden S., Phil L., Rosenberg R., Strömberg J.-O., Svane I., Tiselius P. (eds) Recruitment, Colonization and Physical-Chemical Forcing in Marine Biological Systems: Proceedings of the 32nd European Marine Biology Symposium, held in Lysekil, Sweden, 16–22 August 1997. Springer Netherlands, Dordrecht, p 101-111.
- Lee, K.-M., Krassoi, F. R. and Bishop, M. J., 2012.** Effects of Tidal Elevation and Substrate Type on Settlement and Postsettlement Mortality of the Sydney Rock Oyster, *Saccostrea glomerata*, in a Mangrove Forest and on a Rocky Shore. *Journal of Shellfish Research*, 31(4):1043-1050.
- Michener W. K. and Kenny P. D., 1991.** Spatial and temporal patterns of *Crassostrea virginica* (Gmelin) recruitment: relationship to scale and substratum. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 154(1):97-121.
- Nalesso, R. C., Paresque, K., Piumbini P. P., Tonini, J. F. R., Almeida, L. G. and Nickel, V. M., 2008.** Oyster spat recruitment in Espírito Santo State, Brazil, using recycled materials. *Brazilian Journal of Oceanography*, 56:281-288.
- Nelson K. A., Leonard, L. A., Posey, M. H., Alphin T. D. and Mallin, M. A., 2004.** Using transplanted oyster (*Crassostrea virginica*) beds to improve water quality in small tidal creeks: a pilot study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 298(2):347-368.
- Osman, R. W., Whitlatch, R. B., 1995.** The influence of resident adults on recruitment: a comparison to settlement. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 190(2):169-198.
- Osman, R. W., Whitlatch, R. B. and Zajac, R. N., 1989.** Effects of resident species on recruitment into a community: larval settlement versus post-settlement mortality in the oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Ecology Progress Series*, 54(1/2):61-73.
- Pawlik, J., 1992.** Chemical ecology of the settlement of benthic marine invertebrates. *Oceanography and marine biology: an annual review*, 30:273-335.
- Perkol-Finkel, S. and Benayahu, Y., 2007.** Differential recruitment of benthic communities on neighboring artificial and natural reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 340(1):25-39.

- Raimondi, P. T., 1988.** Rock type affects settlement, recruitment, and zonation of the barnacle *Chthamalus anisopoma* Pilsbury. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 123(3):253-267.
- Rodney, W. S. and Paynter, K. T., 2006.** Comparisons of macrofaunal assemblages on restored and non-restored oyster reefs in mesohaline regions of Chesapeake Bay in Maryland. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 335(1):39-51.
- Ruwa, R. and Polk, P., 1994.** Patterns of spat settlement recorded for the tropical oyster *Crassostrea cucullata* (Born 1778) and the barnacle, *Balanus amphitrite* (Darwin 1854) in a mangrove creek. *Tropical Zoology*, 7(1):121-130.
- Scyphers S. B., Powers S. P., Heck K. L. and Byron D., 2011.** Oyster reefs as natural breakwaters mitigate shoreline loss and facilitate fisheries. *PloS one*, 6(8):e22396.
- Su Z., Huang L., Yan Y. and Li H., 2007.** The effect of different substrates on pearl oyster *Pinctada martensii* (Dunker) larvae settlement. *Aquaculture*, 271(1-4):377-383.
- Tamburri M. N., Luckenbach M. W., Breitburg D. L. and Bonniwell S. M., 2008.** Settlement of *Crassostrea ariakensis* Larvae: Effects of Substrate, Biofilms, Sediment and Adult Chemical Cues. *Journal of Shellfish Research*, 27(3):601-608.
- Walles B., Troost K., van den Ende D., Nieuwhof S., Smaal A. C. and Ysebaert T., 2016.** From artificial structures to self-sustaining oyster reefs. *Journal of Sea Research*, 108:1-9.
- Zimme-Faust R. K. and Tamburri M. N., 1994.** Chemical identity and ecological implications of a waterborne, larval settlement cue. *Limnology and Oceanography*, 39(5):1075-1087.

