مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

بررسی عملکرد اکسید مس و تین کلراید دی هیدرات در کاهش بیوماس بیوفولینگ قفس‌های صیادی

مریم شهبازی[۱]، ایمان سوری نژاد[۱*]، سعید گرگین[۲]، گیتی میرمحمد صادقی[۳]، مرتضی یوسف‌زادی[٤]

[۱] گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

[۲] گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۳] دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران

[٤] گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۷/۰۲/۲۸
اصلاح: ۹۷/۰۶/۰۹
پذیرش: ۹۷/۰۶/۲۱

کلمات کلیدی:
اکسید مس
تین‌کلرایددی‌هیدرات
قفس صیادی

چکیده

با توجه به مشکلات ایجاد شده توسط بیوفولینگ‌ها در قفس‌های صیادی، مطالعه حاضر با هدف بررسی کاهش تجمع بیوفولینگ‌ها بر روی قفس‌های صیادی با استفاده از دو ماده ضدفولینگ اکسید مس (Cu_2O) و تین کلرید دی هیدرات ($SnCl_2. 2H_2O$) با چهار دوز (۵، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور) انجام شد. نمونه‌برداری از فروردین تا شهریور ۱۳۹۴ در یک دوره شش ماهه در بندرلنگه انجام شد. در فصل بهار ماکروفولینگ‌های *Saccostrea cucullata*، *Amphibalanus* sp.، *Enteromorpha clathrata* و *Paracyathus stokesii* در فصل تابستان نیز چهار ماکروفولینگ *P. stokesii*، *S. cucullata*، *Thais mutabilis* و *Amphibalanus* sp. شناسایی شدند. نتایج آماری نشان دادند که در هر دو فصل تیمارهای رزین آکریلیک ۳۵٪ + اکسید مس ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور و تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + تین کلراید دی هیدرات ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور موجب کاهش معنی‌دار بیوماس اکثر گونه‌ها شدند ($p<۰/۰۵$). همچنین با توجه به نتایج آنالیز nMDS و ANOSIM در هر دو فصل مشخص شد که تیمارهای ذکر شده موجب تغییر معنی‌دار در ترکیب گونه‌ای پانل‌های توری در فصل بهار (ANOSIM: $R= ۰/۳۵$، $p= ۰/۲$٪) و در فصل تابستان (ANOSIM: $R= ۰/۵۹$، $p= ۰/۱$٪) شدند.

مقدمــه

موجودات بیوفولینگ یا مزاحم زیستی به عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات حال حاضرِ پیش روی صنعت دریانوردی جهان مطرح می‌باشند (Shan *et al.*, 2011). چسبیدن، رشد و تولیدمثل این موجودات بر روی سازه‌های دریایی از قبیل کابل‌ها، لوله‌ها، تورهای ماهیگیری، کشتی‌ها و پایه اسکله‌ها مشکلات زیادی را ایجاد کرده است (Piazza *et al.*, 2011). از این رو، کنترل موجودات مزاحم چسبنده بر روی ساختارهای مصنوعی جهت کارآمد کردن عملیات نگهداری و کاهش هزینه‌های ناشی از آن‌ها امری ضروری محسوب می‌شود (Marechal and Hellio, 2011). استفاده از پوشش‌های ضدفولینگی یکی از روش‌های مقابله با

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Sourinejad@hormozgan.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.4.0]

این جانداران در سراسر جهان می‌باشد (Costello *et al.*, 2001). Cu_2o، Zno، ترکیبات ارگانیک و مخصوصاً تری بوتیلتین[1] به عنوان پیگمانت‌های فعال در پوشش‌های ضدفولینگی کاربرد دارند (Depountis *et al.*, 2006). بیوسیدها به دلیل جلوگیری از چسبندگی و رشد دامنه وسیعی از جانداران بر روی سطوح (Sapozhnikova *et al.*, 2007) و کاربرد آسان آن‌ها برای بدنه کشتی و قفس‌های توری به‌طور وسیعی استفاده می‌شوند (La Carbona *et al.*, 2010). این پوشش‌ها یک لایه سمی روی سطوح ایجاد کرده و با رهاسازی پیگمانت‌ها مانع از اتصال جانداران بر روی سطوح می‌شوند. این روش معمولاً برای تورهایی که از الیاف سینتتیک مانند پلی آمید (نایلون) ساخته شده‌اند مورد استفاده قرار می‌گیرند و از آنجایی‌که تورهای نایلونی به‌طور گسترده‌ای در ساخت قفس‌های توری استفاده می‌شوند، بنابراین ضدفولینگ حاوی مس را می‌توان به‌طور گسترده‌ای در ساخت قفس‌های توری استفاده کرد. سال‌هاست که مس به عنوان یکی از پایدارترین بیوسیدها مورد توجه قرار گرفته است که در صنعت کشتیرانی و پرورش ماهی برای جلوگیری از تشکیل بیوفولینگ بر روی بدنه کشتی و قفس‌های توری از آن استفاده شده است. پوشش‌های ضدفولینگی اشباع از مس به منظور رهاسازی آرام مس و همچنین جلوگیری از تجمع و نشست بیوفولینگ بر روی سطوح مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Madhu Josh *et al.*, 2013). مس و ترکیبات مس به‌طور گسترده‌ای به عنوان عوامل ضدباکتریایی در زمینه‌های مختلف استفاده می‌شوند، زیرا در مقابل طیف گسترده‌ای از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی خاصیت ضد میکروبی (Weaver *et al.*, 2010)، ضد قارچ (Ogita *et al.*, 2006) و ضد ویروس Nieto-Juarez *et al.*, (2010) دارند.

ترکیبات حاوی قلع نیز به عنوان یک نوع بیوسید در ضدفولینگ‌ها عملکرد خوبی را از خود نشان دادند و مانع تشکیل بیوفولینگ بر روی سطوح کشتی و همچنین قفس‌های توری (Davies and Mackie, 1987) شدند. عملکرد عالی و سمیت کمتر این ترکیبات نسبت به مواد ضدفولینگی حاوی DDT و آرسنیک در ممانعت از تشکیل بیوفولینگ سبب شد که این ترکیبات مورد توجه و استقبال زیادی قرار بگیرند (Madhu Josh *et al.*, 2013). مطالعات اندکی در زمینه‌ی بیوفولینگ تورها انجام شده است. وجود اطلاعات بیشتر در مورد جوامع فولینگ چسبیده به قفس‌های توری و همچنین سیستم‌های ضدفولینگی جدید ضروری است (Cronin *et al.*, 1999) و بنابراین مطالعه حاضر با هدف کاهش تجمع بیوفولینگ‌ها بر روی قفس‌های صیادی منطقه بندرلنگه با استفاده از دو ماده ضدفولینگ اکسید مس (Cu_2O) و تین کلرید دی هیدرات ($SnCl_2.2H_2O$) انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سواحل بندرلنگه از فروردین تا شهریور ۱۳۹۴ طی دو دوره زمانی (بهار و تابستان) انجام شد. پودر اکسید مس (Merck، آلمان)، پودر تین کلرید دی هیدرات (Merck، آلمان)، رزین آکریلیک ۳۵٪ و سایر مواد آزمایشگاهی مورد استفاده از فروشگاه‌های مواد شیمیایی و آزمایشگاهی معتبر تهیه شدند. در این تحقیق پانل‌های توری به ابعاد ۲۵ در ۲۵ سانتی‌متر (مساحت ۰/۰۶ متر مربع) با جنس مولتی فیلامنت پلی آمید با شماره نخ D/۴۰ ۲۱۰ و اندازه چشمه یک سانتی‌متر تهیه و سپس به منظور سهولت در شناسایی پلاک‌گذاری شدند. به منظور تهیه پانل‌های توری حاوی ضدفولینگ شیمیایی، پانل‌های توری به مدت ۵ ساعت در ظروفی حاوی غلظت‌های ۵، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور از مواد ضدفولینگ شیمیایی شامل اکسید مس و تین کلراید دی هیدرات غوطه‌ور و سپس تورها در محیط آزمایشگاهی خشک شدند و به صورت پوشش خارجی بر روی تور قرار گرفتند (Mardani *et al.*, 2011). در نهایت، با توجه به مطالعات انجام گرفته در گذشته و به دلیل قابلیت انعطاف‌پذیری رزین جهت تثبیت و پوشش دادن ضدفولینگ، از غلظت ۳۵٪ رزین استایرن آکریلیک استفاده و مجدداً به منظور خشک شدن در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند (Mardani *et al.*, 2011). تیمارها و شاهد در این آزمایش به صورت زیر می‌باشند و به‌منظور صحت اعداد به دست آمده، برای هر تیمار ۳ تکرار انجام شد.

۱- تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + اکسید مس ۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور

۲- تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + اکسید مس ۲۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور

[1] Tributyltin (TBT)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.4.0]

۳- تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + اکسید مس ۵۰ گرم به ازای هر کیلوگرم تور
۴- تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + اکسید مس ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور
۵- تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + تین کلراید دی هیدرات ۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور
۶- تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + تین کلراید دی هیدرات ۲۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور
۷- تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + تین کلراید دی هیدرات ۵۰ گرم به ازای هر کیلوگرم تور
۸- تیمار رزین آکریلیک ۳۵٪ + تین کلراید دی هیدرات ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور
۹- تور شاهد

در ابتدای فروردین ماه، ۲۷ عدد پانل توری تیمار و شاهد به کمک طناب نایلونی به بدنه سه قفس توری محکم و سپس قفس‌های توری به‌صورت متوالی به یکدیگر متصل شدند. سپس به اولین و آخرین قفس دو عدد لنگر متصل گردید و در عمق ۲۰-۱۵ متری در بستر دریا قرار گرفتند. در اواخر خرداد ماه تورها از روی قفس‌ها باز شدند و ۲۷ عدد پانل توری جدید بر روی قفس‌ها نصب شد و پس از یک دوره سه ماهه (اواخر شهریور ماه) مجدداً از بدنه قفس‌ها جدا شدند. وزن تر بیوفولینگ‌ها همراه با پانل‌های توری توسط ترازو دیجیتال AND مدل GR 202 با حساسیت ۰/۰۱ میلی گرم وزن شد. سپس این پانل‌های توری بر اساس نوع تیمار درون سطل‌های ۰/۵ لیتری حاوی آب دریا و فرمالین چهار درصد قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شدند (Kassah, 2010). سپس در آزمایشگاه به منظور حذف فرمالین‌ها و گل و لای، تورها با آب شستشو داده شد و بیوماس (وزن تر) و ترکیب گونه‌ای فولینگ پانل‌های توری بررسی شدند. فولینگ از روی تورها جداسازی و وزن ماکروفولینگ‌ها توسط ترازوی دیجیتال AS220.R2 با حساسیت ۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری شدند. در مرحله بعد جانداران توسط استریو میکروسکوپ[۲] لوپ بینوکولار مدل NTB-2B و کلیدهای شناسایی (Basson, 1978; Trono, 2003; Jha *et al.*, 2009; Braune and Guiry, 2011; Abbott and Hollenberg, 1976; De Clerck and Coppejans, 1996)، اطلس و چک لیست‌های موجود از ماکروجلبک‌ها و کفزیان دیگر منطقه و جستجو در پایگاه‌های علمی معتبر تا حد امکان شناسایی شدند (Kassah, 2010).

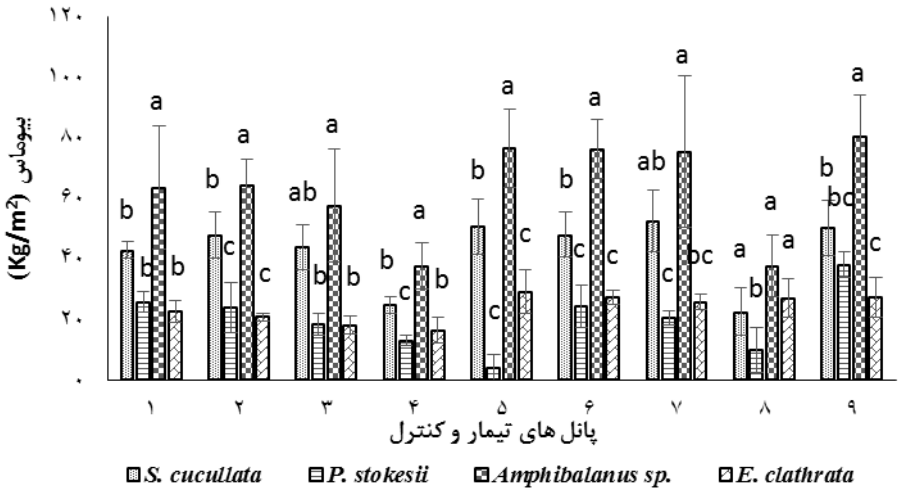
در این تحقیق از آزمون کولموگروف- اسمیرنف به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. همچنین برای مقایسه‌ی تفاوت آماری تیمارهای مختلف با یکدیگر از One Way ANOVA استفاده شد. به منظور بررسی چگونگی اثر تیمارهای مختلف بر متغیر مورد نظر از آزمون دانکن استفاده گردید. تمامی اطلاعات به‌صورت میانگین ± انحراف معیار آماده‌سازی شدند و error bars با فاصله اطمینان ۹۵٪ بر روی نمودارها نشان داده شد. در این تحقیق از نرم افزار Excel 2007 برای رسم نمودارها استفاده شد. به منظور تعیین تفاوت معنی‌دار در ترکیب گونه‌ای جوامع پانل‌های توری تیمار شده از روش ناپارامتریک مقیاس‌بندی چند بعدی و ANOSIM در نرم افزار PRIMER V.5 استفاده گردید.

نتایـج

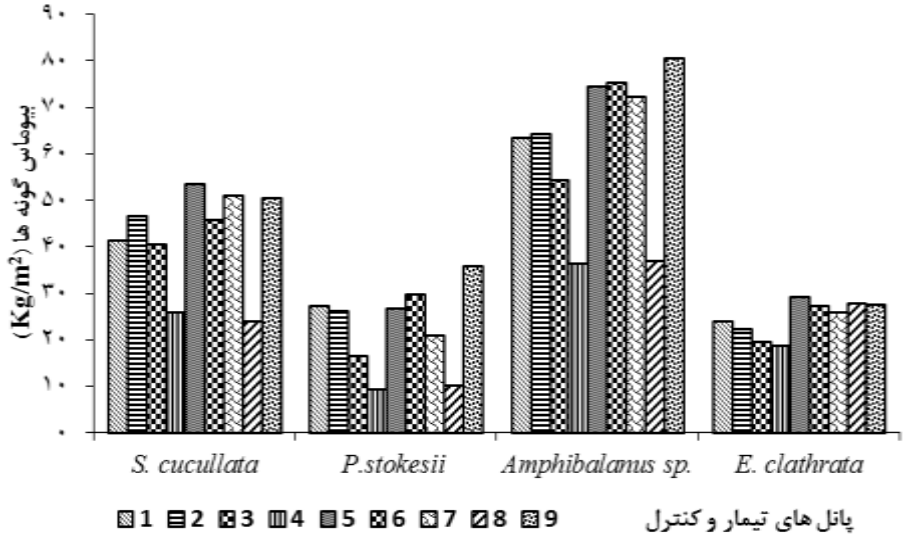
در فصل بهار ماکروفولینگ‌های *S. cucullata*، *Amphibalanus sp.*، *E. clathrata* و *P. stokesii* شناسایی شدند. این چهار ماکروفولینگ در کل تیمارها مشاهده شدند. میانگین بیوماس کل در فصل بهار ۳۷/۸۸±۷/۶۳ gr/cm^2 بود که بیشترین و کمترین میزان بیوماس اندازه‌گیری شده به ترتیب متعلق به تیمار ۵ (۴۶/۰۵±۸/۴۵ gr/cm^2) و ۴ (۲۲/۶۳±۳/۸۲ gr/cm^2) بود. همچنین بیشترین و کمترین میزان بیوماس به ترتیب متعلق به بارناکل *Amphibalanus* sp. (۶۲/۰۲±۲۰/۴۶ gr/cm^2) و *P. stokesii* (۲۲/۵۷±۹/۸۵ gr/cm^2) بود. اختلاف معنی‌داری در میزان بیوماس گونه‌ی *P. stokesii* در تیمارهای ۳، ۴، ۷ و ۸ مشاهده شد. بیوماس بارناکل *Amphibalanus* sp. در تیمارهای ۴ و ۸ تفاوت معنی‌داری داشتند ($p<0/05$) و جلبک سبز *E. clathrata* در هیچ‌کدام از تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری نبودند. اختلاف معنی‌داری در بیوماس اویستر صخره‌ای *S. cucullata* در تیمارهای ۴ و ۸ مشاهده شد ($p<0/05$) (اشکال ۱ و ۲).

[2] Stereomicroscope

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.4.0]



شکل ۱. بیوماس گونه‌های شناسایی شده در پانل‌های توری تیمار شده و کنترل در فصل بهار



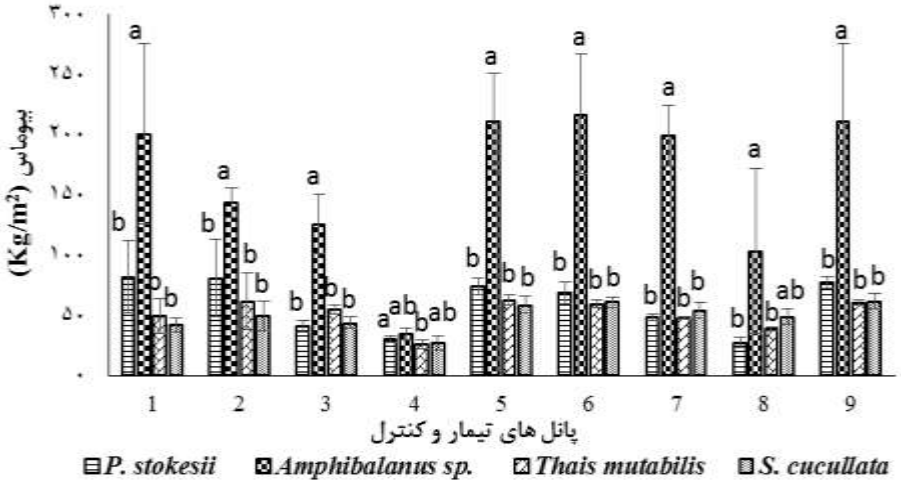
شکل ۲. تأثیر تیمارها بر کاهش بیوماس چهار گونه ماکروفولینگ در فصل بهار

بیوماس کل فصل تابستان ۳۵/۲۹±۷۶/۱۶ گرم بر سانتی‌متر مربع بود و بیشترین و کمترین میزان بیوماس به ترتیب متعلق به تیمارهای ۶ (۶۷/۰۷ ±۲۲۵/۰۳ gr/cm^2) و ۴ (۴/۷۲ ±۲۸/۵۲ gr/cm^2) بود. درصورتی‌که بیشترین میزان بیوماس در فصل تابستان به بارناکل *Amphibalanus* sp. (۷۸/۲۸±۱۶۰/۲۴gr/cm^2) تعلق گرفت. بیوماس بارناکل *Amphibalanus* sp. در تیمارهای ۴و ۸ دارای تفاوت معنی‌داری بود (p<۰/۰۵). بیوماس گونه‌ی *Thais mutabilis* و *P. stokesii* نیز در تیمارهای ۳، ۴ و ۸ دارای تفاوت معنی‌داری بودند (p<۰/۰۵). بیوماس اویستر صخره‌ای *S. cucullata* در تیمار ۴ کاهش معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵) (اشکال ۳ و ۴).

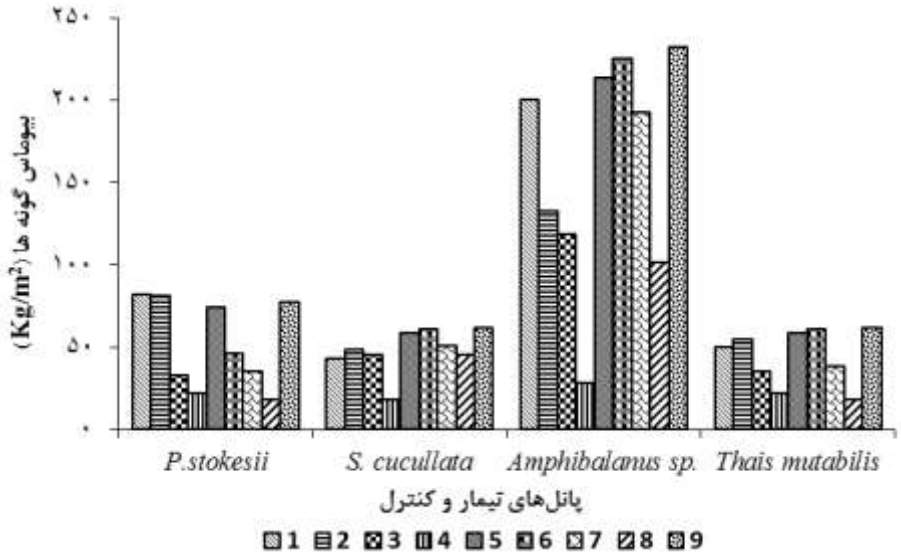
به منظور تعیین تفاوت معنی‌دار در ترکیب گونه‌ای جوامع پانل‌های توری تیمار شده از روش ناپارامتریک مقیاس‌بندی چند بعدی استفاده شد که با توجه به شکل ۵ و نتایج آنالیزهای آماری آشکار شد که استفاده از تیمار ۴ و ۸ برای پانل‌های توری در فصل بهار موجب تغییر معنی‌دار در ترکیب گونه‌ای شده است. به‌طوری‌که ترکیب گونه‌ای این دو تیمار با ترکیب گونه‌ای سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار دارد (ANOSIM: R= ۰/۳۵، p= ۰/۲٪). به‌طور مشابهی، نتایج حاصل در فصل تابستان بیانگر این مسئله بود که استفاده از تیمارهای ۴ و ۸ موجب تغییر معنی‌دار در ترکیب گونه‌ای جوامع فولینگ پانل‌های تیمار شده است (ANOSIM: R= ۰/۵۹، p= ۰/۱٪) (شکل ۶).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

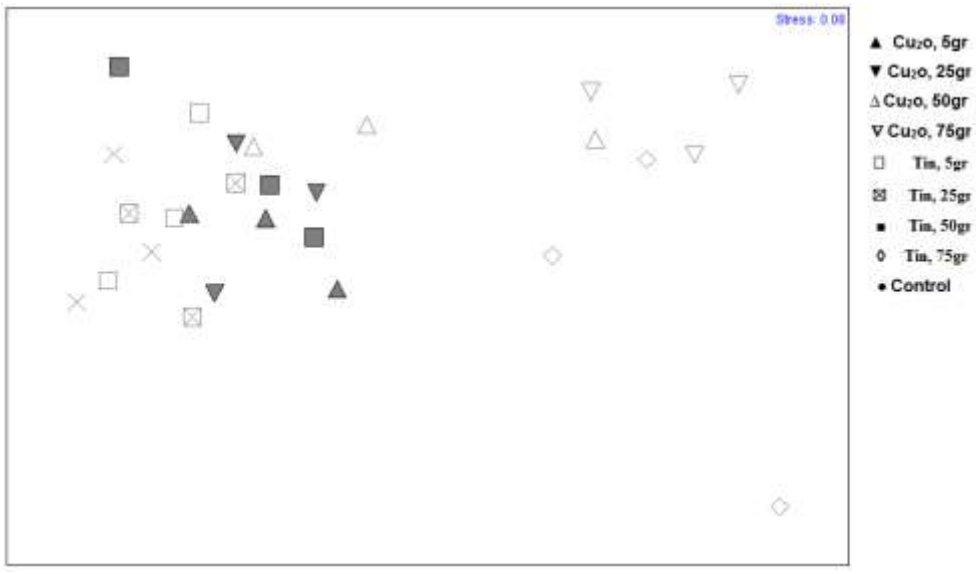
[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.4.0]



شکل ۳. بیوماس گونه‌های شناسایی شده در پانل‌های توری تیمار شده و کنترل در فصل تابستان



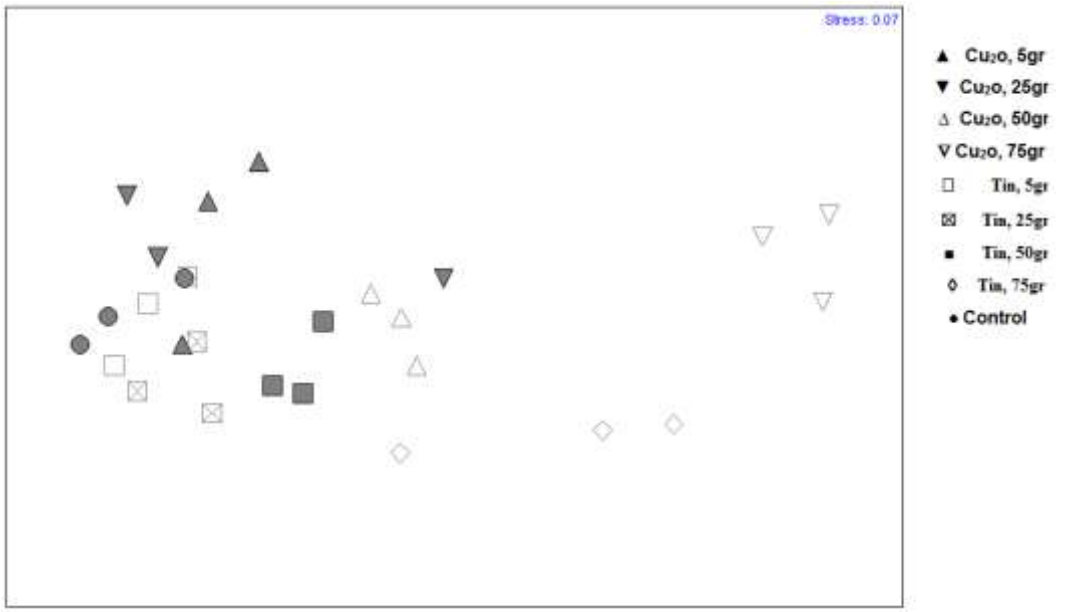
شکل ۴. تأثیر تیمارها بر کاهش بیوماس چهار گونه‌ی ماکروفولینگ در فصل تابستان



شکل ۵. نقشه nMDS با استفاده از اطلاعات ترکیب گونه‌ای در پانل‌های تیمار و کنترل در فصل بهار (Stress: 0.08)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.4.0]



شکل ۶. نقشه nMDS ترکیب گونه‌ای در پانل‌های تیمار و کنترل در فصل تابستان (Stress: 0.07)

بحث

در این تحقیق بیشترین میانگین بیوماس کل در فصل تابستان (۷۶/۱۶±۳۵/۲۹ gr/cm^2) مشاهده شد که با توجه به تأثیر فصل بر ترکیب و ساختار گونه‌ها (Jenkins and Martins, 2010) می‌توان به این نتیجه رسید که بالا بودن میانگین بیوماس در فصل تابستان به دلیل تأثیر فصل و مهیا بودن شرایط محیطی برای رشد ماکروفولینگ‌ها است. Greene and Grizzle (۲۰۰۷) از سپتامبر ۲۰۰۲ تا سپتامبر ۲۰۰۳ پانل‌های توری بدون تیمار را در عمق ۱۵ متری قرار دادند. میزان بیوماس و ترکیب گونه‌ای در فصول مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند، به‌طوری‌که بیشترین میزان بیوماس و ترکیب گونه‌ای متعلق به فصل تابستان بود. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

در مطالعه‌ی حاضر، تیمارهای ۴ و ۸ به‌طور معنی‌داری سبب کاهش میانگین بیوماس بارناکل *Amphibalanus* sp. در هر دو دوره (فصول بهار و تابستان) شدند ($p<۰/۰۵$). بیوماس اویستر صخره‌ای *S. cucullata* نیز در فصل بهار توسط تیمارهای ۴ و ۸ و در فصل تابستان توسط تیمار ۴ کاهش معنی‌داری را از خود نشان داد ($p<۰/۰۵$). بیوماس گونه‌ی *P. stokesii* در فصل بهار توسط تیمارهای ۳، ۴، ۷، و ۸ و در فصل تابستان توسط تیمارهای ۳، ۴ و ۸ کاهش معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). کاهش معنی‌داری نیز در میزان بیوماس گونه‌ی *Thais mutabilis* در فصل تابستان در تیمارهای ۳، ۴ و ۸ مشاهده شد. جلبک سبز *E. clathrata* تنها گونه‌ای بود که در تیمارهای مختلف بیوماس نسبتاً یکنواختی داشت و تحت تأثیر هیچ‌کدام از تیمارها قرار نگرفته بود. ازآنجایی‌که بیوسیدهای قلع و مس به دلیل سمیت بالا مانع از چسبندگی و رشد دامنه وسیعی از جانداران بر روی سطوح می‌شوند (Sapozhnikova *et al*., 2007)، به‌طور گسترده‌ای در پوشش‌های ضدفولینگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این وجود، تعداد زیادی از جلبک‌ها از جمله جلبک‌های سبز (Callow, 1986)، بارناکل‌ها (Mayer-Pinto and Junqueira, 2003) در برابر مس بسیار مقاوم هستند و معمولاً در محیط‌های با غلظت بالای مواد سمی به وفور یافت می‌شوند. ماسل‌ها نیز به وجود مواد سمی حساس هستند، اما این درجه حساسیت متوسط می‌باشد. در این تحقیق نیز با وجود کاهش معنی‌دار در میزان بیوماس ماکروفولینگ‌های *Thais mutabilis*، *S. cucullata* و *Amphibalanus* sp. در دوزهای بالای مواد ضدفولینگی، شاهد حضور این ماکروفولینگ‌ها در تورهای تیمار بودیم که نشان دهنده مقاومت نسبی این ماکروفولینگ‌ها در برابر مواد سمی می‌باشد.

در مطالعات Jelic-Mrcelic و همکاران (۲۰۰۶) در پانل‌های پوشش داده شده با ضدفولینگ مس و TBT کاهش چشمگیر بیوماس بیوفولینگ‌ها مشاهده شد. درعین‌حال، گونه غالب در تیمارها دیاتوم بود و بیوماس قابل توجهی از ماسل‌ها و بارناکل‌ها نیز مشاهده شد. در مطالعه Braithwaite و همکاران (۲۰۰۷) در قفس‌های تیمار شده با ضدفولینگ مس با وجود کاهش

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.4.0]

میزان بیوماس، ترکیب و تنوع گونه‌ای، مقداری ماسل در تورهای تیمار شده مشاهده گردید. نتایج مطالعه حاضر با نتایج حاصل از این مطالعات همراستا می‌باشد. مطالعات انجام گرفته توسط Sabdono (۲۰۰۹) در اندونزی نشان‌دهنده‌ی حساسیت بالای مرجان‌ها به مس بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشته و در چهار دوز بالا شاهد کاهش معنی‌دار بیوماس گونه *P. stokesii* بودیم. در این مطالعه، جلبک سبز *E. clathrata* به دلیل مقاومت در برابر ضدفولینگ‌های مورد مطالعه هیچ‌گونه کاهش معنی‌داری در بیوماس نداشت که با نتایج مطالعه‌ی Callow (۱۹۸۶) در یک راستا می‌باشد. اطلاعات جمع آوری شده در این مطالعه نشان دادند که تیمار ۴ در هر دو فصل سبب کاهش معنی‌داری در میانگین بیوماس گونه‌های ماکروفولینگ می‌شود. در مطالعات Jelic-Mrcelic و همکاران (۲۰۰۶) پانل‌های حاوی تیمار مس نسبت به تیمار TBT بیوماس کمتری از ماکروفولینگ‌ها را داشتند. در تحقیق Braithwaite و همکاران (۲۰۰۷) طی ۱۰ ماه غوطه‌وری در آب، بیوماس تورهای تیمار شده کمتر از نصف بیوماس (۱/۸ کیلوگرم بر متر مربع) تورهای بدون تیمار (۴/۹ کیلوگرم بر متر مربع) بود که نشان‌دهنده‌ی اثر مثبت تیمار مس بر کاهش بیوماس ماکروفولینگ‌ها بوده است.

با توجه به مطالعات صورت گرفته و نتایج مطالعات کنونی به نظر می‌رسد استفاده از ضدفولینگ‌های حاوی مس تأثیر مثبتی بر کاهش میزان بیوماس گونه‌های فولینگ در قفس‌های توری دارد. در نتیجه می‌توان بیان نمود که ضدفولینگ اکسید مس با دوز ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم تور در کاهش میزان بیوماس ماکروفولینگ‌ها مؤثر می‌باشد. با وجود این‌که نگرانی‌هایی در رابطه با تجمع مس در بافت موجودات آبزی و رسوبات وجود دارد، استفاده از بیوسیدها هم اکنون مؤثرترین روش کنترل بیوفولینگ‌ها در سراسر جهان می‌باشد (Swain and Shinjo, 2014). بنابراین استفاده از پوشش‌های فاقد مس یا جایگزینی ضدفولینگ‌های زیستی و غیرسمی می‌تواند موضوع تحقیقات آینده باشد.

منابـع

Mardani, H., Shabani, A., Gorgin, S., Ghare Aghaji, A., Aghilinejad, M. 2011. The effects of tin chloride dehydrate and sodium dithiocarbamate as two antifoulings in captive environment of sturgeon fish culture in the Gorgan gulf. Master's Thesis, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. 66 p. (in Persian)

Abbott, I.A., Hollenberg, G.J. 1976. Marine Algae of California. Stanford University Press. Stanford, CA. 827 p.

Basson, P.W. 1978. Marine algae of the Arabian Gulf coast of Saudi Arabia. Botanica Marina. 22: 47-64.

Braithwaite, R.A., Cadavid Carrascosa, M.C., McEvoy, L.A. 2007. Biofouling of salmon cage netting and the efficacy of a typical copper-based antifoulant. Aquaculture. 262: 219-226.

Braune, W., Guiry, M.D. 2011. *Seaweeds: a color guide to common benthic green, brown and red algae of the world's oceans*. Koeltz Scientific Books, Germany, 601 p.

Callow, M.E. 1986. Fouling algae from ''in-service'' ships. Botanica Marina. 29: 351- 357.

Costello, M.J., Grant, A., Davies, I.M., Cecchini, S., Papoutsoglou, S., Quigley, D., Saroglia, M. 2001. The control of chemicals used in aquaculture in Europe. Journal of Applied Ichthyology. 17:173-180.

Cronin, E.R., Cheshire, A.C., Clarke, S.M., Melville, A.J. 1999. An investigation into the composition, biomass and oxygen budget of the fouling community on a tuna aquaculture farm. Biofouling. 13: 279-299.

Davies, I.M., Mckie, J.C. 1987. Accumulation of total tin and tributyltin in muscle tissue of farmed Atlantic salmon. Marine Pollution Bulletin. 18: 405-407.

De Clerck, O., Coppejans, E. 1996. Marine algae of the Jubail Marine Wildlife Sanctuary, Saudi Arabia. In: (F. Krupp, A.H. Abuzinada and I.A. Nader, eds) A marine wildlife sanctuary for the Arabian Gulf. Environmental research and conservation following the 1991 Gulf War Oil Spill. NCWCD, Riyadh and Senckenberg Research Institute, Frankfurt. pp. 199-289.

Depountis, D., Lamprakopoulos, S., Yfantis, N., Yfantis, D.K. 2006. Study of an Environmentally friendly antifouling coating for fish cage nets. International Conference on Energy & Environmental Systems. Chalkida Greece. pp. 254-256.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.4.0]

Greene, J.K., Grizzle, R.E. 2007. Successional development of fouling communities on open ocean aquaculture fish cages in the western Gulf of Maine, USA. Aquaculture. 262(2): 289-301.

Jelic-Mrcelic, M., Sliskovic, M., Antolic, B. 2006. Biofouling communities on test panels coated with TBT and TBT-free copper based antifouling paints, Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research. 22(5): 293-302.

Jenkins, S.R., Martins, G.M. 2010. Succession on Hard Substrata. Biofouling, Chapter 4. Blackwell Publishing Ltd. 60-72.

Jha, B., Reddy, C.R.K., Thakur, M.C., Rao, M.U. 2009. Seaweeds of India. Springer: The diversity and distribution of seaweeds of Gujarat Coast. 228 p.

Kassah, J.E. 2010. Development of biofouling on salmon cage nets and the effects of anti-fouling treatments on the survival of the hydroid (*Ectopleura larynx*). Master Thesis in Marine Coastal Development, Norwegian University of Science and Technology, Department of Biology, 59 p.

La Carbona, S., Viitasalo-Frösen, S., Masson, D., Sassi, J., Pineau, S., Lehtiniemi, M., Corroler, D. 2010. Efficacy and environmental acceptability of two ballast water treatment chemicals and an alkylamine based-biocide. Science of the Total Environment. 409: 247-255.

Madhu Josh, M., Mukherjee, A., Misra, S.C., Ramesh., U.S. 2013. Natural Biocides in antifouling paints. ICSOT: Technical Innovation in Shipbuilding. The Royal Institution of Naval Architects. Kharagpur, India.

Marechal, J.P., Hellio, C. 2011. Antifouling activity against barnacle cypris larvae: Do target species matter (*Amphibalanus amphitrite* versus *Semibalanus balanoides*)? International Biodeterioration and Biodegradation Society. 65: 92-101.

Mayer-Pinto, M., Junqueira, A.O.R. 2003. Effects of organic pollution on the initial development of fouling communities in a tropical bay, Brazil. Marine Pollution Bulletin. 46: 1495-1503.

Nieto-Juarez, J.I., Pierzchla, K., Sienkiewicz, A., Kohn, T. 2010. Inactivation of MS2 coliphage in Fenton and Fenton-like systems: role of transition metals, hydrogen peroxide and sunlight. Environmental Science & Technology. 44(9): 3351-3356.

Ogita, A., Fujita, K., Taniguchi, M., Tanaka, T. 2006. Dependence of synergistic fungicidal activity of Cu^{2+} and allicin, an allyl sulfur compound from garlic, on selective accumulation of the Ion in the plasma membrane fraction via allicin-mediated phospholipid peroxidation. Planta Medica. 72(10): 875-880.

Piazza, V., Roussis, V., Garaventa, F., Greco, G., Smyrniotopoulos, V., Vagias, C., Faimali, M. 2011. Terpenes from the Red Alga *Sphaerococcus coronopifolius* inhibit the Settlement of Barnacles. Marine Biotechnology. 13: 764-772.

Sabdono, A. 2009. Heavy metal levels and their potential toxic effect on coral *Galaxea fascicularis* from Java Sea, Indonesia. Research Journal of Environmental Sciences. 3(1): 96-102.

Sapozhnikova, Y., Wirth, E., Schiff, K. 2007. Antifouling pesticides in the coastal waters of Southern California. Marine Pollution Bulletin. 54: 1962-1989.

Shan, C., Jiadao, W., Haosheng, C., Darong, C. 2011. Progress of marine biofouling and antifouling technologies. Chinese Science Bulletin. 56: 598-612.

Swain, G., Shinjo, N. 2014. Comparing Biofouling Control Treatments for Use on Aquaculture Nets. International Journal of Molecular Sciences. 15: 22142-22154.

Trono, G.C. 2003. Field Guide and Atlas of the seaweed resources of the Philippines. Bookmark Inc Makati City Philippines. 306 p.

Weaver, L., Noyce, J.O., Michels, H.T., Keevil, C.W. 2010. Potential action of copper surfaces on meticillin-resistant *Staphylococcus aureus*. Journal of Applied Microbiology. 109(6): 2200-2205.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.8.3.4.0]