بررسی تغییرات شوری، آمونیوم و سیتوکینین بر توده زنده و میزان آگار جلبک قرمز *Gracilaria corticata*

فرناز رفیعی[1*]، پریسا نجات خواه معنوی[2]، نسرین سلمان‌زاده[3]

۱- استادیار، گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، پست الکترونیکی: f_rafiei@yahoo.com

۲- دانشیار،گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، پست الکترونیکی: p_nejatkhah@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد،گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، پست الکترونیکی: salmanzadeh_nasrin@yahoo.com

** نویسنده مسوول*

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۰ *تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۹*

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

اثر شوری، آمونیوم و سیتوکینین برتوده زنده و میزان آگار جلبک *Gracilaria corticata* در یک دوره ۶ هفته، تحت شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. جلبک گراسیلاریا ازساحل بندربستانه واقع در استان هرمزگان در تیرماه ۱۳۸۸ نمونه‌برداری و در آکواریوم‌های ۴۰×۳۰×۶۰ سانتی‌متر (۲۰ لیتر) با روش معلق در سه تکرار پرورش داده شد. نور مورد نیاز برای پرورش ۳۳۰۰ لوکس و دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. تیمارهای مورد بررسی شوری (۲۵، ۳۵ و ۴۵ PSU)، آمونیوم (۰، ۰/۰۰۱و ۰/۰۰۲ مولار) و سیتوکینین (۰/۱، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱ گرم بر لیتر) بودند. جلبک‌ها در روزهای ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵ و ۴۲ برداشت شده و وزن کلی (توده زنده) آن‌ها اندازه‌گیری شد. در پایان جلبک‌ها جمع‌آوری، خشک و وزن گردیدند و پس از استخراج آگار، درصد آگار برحسب وزن خشک محاسبه شد. طبق نتایج بیشترین توده زنده جلبک گراسیلاریا در تیمار ۲۵ PSU شوری با ۲۹/۱۰ گرم، سیتوکینین ۰/۰۱ با ۱۴/۸۸ گرم و آمونیوم ۰/۰۰۲ مولار با ۲۶/۳۴ گرم محاسبه شد. بیشترین میزان آگار در تیمار ۰/۰۰۲ مولار آمونیوم، ۳۲/۵۶ درصد بود. نتایج نشان دادند که کشت دریایی این گونه نیازمند مناطقی با شوری کمتر از آب دریا مانند نزدیک مصب و آمونیوم نسبتا بالا است. با توجه به میزان آگار به‌دست آمده (۳۲/۵۶ درصد)، جلبک *G. corticata* در ردیف یکی از جلبک‌های تجاری دنیا قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: *گراسیلاریا کورتیکاتا، سیتوکینین، شوری، آمونیوم، آگار.*

۱. مقدمه

جلبک‌ها به‌عنوان اولین تولیدکنندگان زیست‌بوم‌های آب‌های آزاد و دریایی محسوب می‌شوند (ربانی‌ها و همکاران، ۱۳۹۱). بیش از ۴۴ درصد از فتوسنتز موجود بیوسفر به‌وسیله موجودات اتوتروف آبزی انجام می‌شود. دیواره سلولی جلبک‌ها دارای ترکیبات ثانویه و پلی ساکاریدهای با ارزشی نظیر کاراگینان، آگار و اسید آلژنیک با مصارف مختلف دارویی، غذایی و صنعتی هستند (Dawes, 1997). آگار پلی‌ساکارید به‌دست آمده از برخی اعضای خانواده جلبک‌های قرمز Gracilariaceae و Gelidiaceae است (Marinho-Soriano et al., 2001). آگار شامل دو پلی‌ساکارید به‌نام آگارز و آگاروپکتین است. خاصیت ژلاتینی آن به سبب ترکیب آگارز بوده در حالی‌که ترکیب آگاروپکتین خاصیت چسبندگی ایجاد می‌کند (رضایی و جایمند، ۱۳۷۶). این ماده به‌عنوان محیط کشت باکتری‌ها، مواد دندانپزشکی، داروهای ملین، تهیه قرص و کپسول، تهیه چسب، مواد آرایشی و ژل‌های الکتروفورتیک به‌کار می‌رود (Dawes, 1997). عوامل محیطی مانند شوری (Choi et al., 2006)، مواد مغذی مانند نیتروژن (Smith, 2002)، نور و عوامل داخلی مثل هورمون‌ها (Martins et al., 2007)، بر روی رشد و میزان آگار جلبک‌ها تاثیر می‌گذارند (Chirapart and Lewmanomont, 2004). از میان جنس‌های آگاروفیت، Gracilaria به‌دلیل نرخ رشد سریع، تحمل وسیع بسیاری از گونه‌های این جنس در برابر شرایط محیطی و تنوع گونه‌ای مورد توجه بیشتری است (Dawes et al., 1999). تاکنون وجود چندین گونه از جلبک گراسیلاریا در سواحل ایران گزارش شده است (شوقی، ۱۳۷۲؛ علوی، ۱۳۷۶؛ علویان، ۱۳۷۷). جلبک *Gracilaria corticata* در استخرهای کشندی سواحل بندر بستانه در حدود ۲۰ کیلومتری بندر لنگه رویش دارد. این جلبک‌های ضخیم و غضروفی، به‌صورت دوتایی منشعب شده‌اند، تا ۱۱ سانتی‌متر طول دارند و دارای پایه چندلبی هستند. بخش پایه‌ای و بخش‌های بالایی پهن و تا ۵ میلی‌متر پهنا نزدیک انشعاب دوتایی ضخامت دارند. راس انشعابات تیز و چنگالی است (Nizamuddin et al., 1970). حاشیه ریسه، صاف و پهنای ریسه در تمام طول آن تقریبا یکسان است. در استخرهای کشندی، لاگون‌ها و مناطق غرقابی رشد می‌کند (Buriyo et al., 2004).

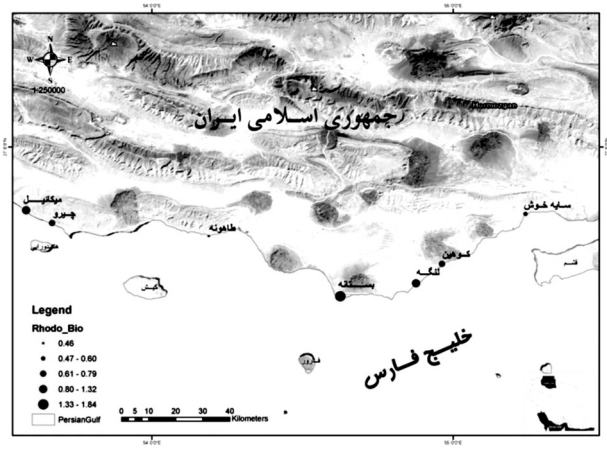
با وجود داشتن ۱۸۰۰ کیلومتر مرز آبی در جنوب کشور و افزایش روزافزون تقاضا برای استفاده از ذخایر آبی مانند جلبک‌ها، به‌عنوان منبع ارزشمندی در جهت تأمین نیازهای صنعتی، دارویی و غذایی هستند. ضمن این‌که سالیانه مبالغ هنگفتی صرف واردات مواد و ترکیبات خام موجود در پیکره جلبک‌های پرسلولی می‌گردد، لزوم انجام تحقیقات اولیه و پی بردن به پتانسیل کشت و پرورش جلبک‌ها و استخراج این مواد احساس می‌شود. بررسی اثر شوری، آمونیوم و هورمون رشد سیتوکینین بر رشد و آگار این جلبک، مشخص کننده محل پرورش دریایی آن در مناطق مصبی و یا آب باز و میزان مواد مغذی و تنظیم کننده رشد مورد استفاده خواهد بود.

در این تحقیق میزان توده زنده و آگار این جلبک در یک دوره ۶ هفته‌ای در تیمارهای مورد بررسی اندازه‌گیری شد.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام پروژه و بر اساس اطلاعات قبلی، سواحل منطقه مورد بررسی قرار گرفتند و ساحل بندر بستانه برای مطالعه بر روی جلبک گراسیلاریا انتخاب گردید. این بندر از توابع شهرستان بندر لنگه در استان هرمزگان و در فاصله ۳۰ کیلومتری غرب این شهرستان واقع شده است (شکل ۱). این بندر از جنوب و مغرب به خلیج فارس و از شمال به ارتفاعات تنگ‌کوه منتهی می‌شود و بین مختصات جغرافیایی ۵۴/۳۶ طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۲۶/۲۱ عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا بین ۵ تا ۱۲ متر است و دارای آب و هوای بسیار گرم و مرطوب است. تغییرات درجه حرارت از ۴۱ الی ۴۴ درجه بالای صفر در تابستان و طبق منابع ۴ الی ۵ درجه بالای صفر در زمستان متغیر است. این منطقه میزان رطوبت بالایی دارد به‌طوری که در تابستان ۱۰۰٪ و در زمستان بین ۵۰ تا ۶۰ درصد متغیر است (بختیاری، ۱۳۶۹). نمونه‌برداری در تیرماه ۱۳۸۸ انجام شد، بدین صورت که طبق جدول جزر تهیه شده از اداره بنادر و کشتیرانی بندرعباس، هنگام جزر در مکان مورد بررسی نمونه‌برداری انجام شد. جلبک‌ها از ناحیه اتصال به رسوبات با دست از بستر جدا شدند. سپس در داخل کیسه‌های نایلونی حاوی آب دریا به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌منظور انجام آزمایش، اثر غلظت‌های ۰، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲ مولار آمونیوم (Rafiei et al., 2006) و ۳ تیمار شوری ۲۵، ۳۵ و ۴۵ جز در هزار و تیمارهای سیتوکینین (بنزیل آمینو پورین) ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱ گرم در لیتر آکواریوم‌های ۲۰ لیتری مطالعه شد. برای هر تیمار ۳ تکرار در

نظر گرفته شد. ابتدا جلبک‌های برداشته شده (نمونه‌ها) توسط آب شور شسته شدند و مواد زاید از روی آن‌ها برداشته شد. هوای مورد نیاز برای پرورش جلبک‌ها توسط یک پمپ مرکزی و انشعابات آن در آکواریوم‌ها، تامین می‌شد. آب آکواریوم‌ها به‌وسیله نمک سنتزی در شوری‌های مورد نیاز تهیه شد. هر نمونه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده، در ۲۷ آکوریوم با ابعاد ۶۰×۴۰×۳۰ (۲۰ لیتر) که در نظرگرفته شده بود به‌صورت معلق در آب آکواریوم بر روی دو طناب با فاصله ۵ سانتی‌متری از یکدیگر نصب شدند. به‌طوری که فاصله طناب‌ها تا سطح آب درون آکواریوم ۵ سانتی‌متر بود. نمونه‌ها توسط نخ به طناب‌های نایلونی در فواصل مساوی و به تعداد ۶ عدد در هر اکوریوم وصل شدند.

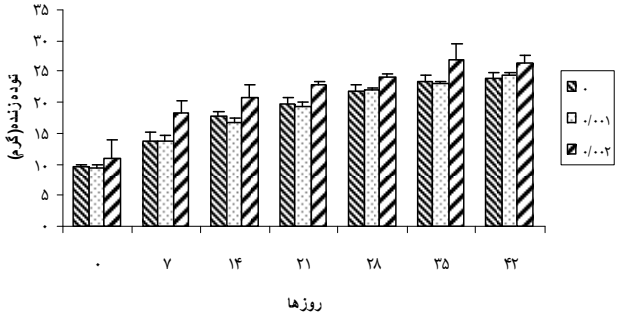


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی بندر بستانه (محل نمونه‌برداری) در خلیج فارس

به‌منظور ایجاد نور کافی (۳۳۰۰ لوکس) لامپ‌های مهتابی بالای هرکدام از آکوریوم‌ها نصب گردیدند. با استفاده از لوکس‌متر (مدل TES-۱۳۳۹) نور مورد نیاز اندازه‌گیری شد. سپس آکوریوم‌ها توسط ورقه‌های ضخیم آلومینیوم فویل پوشیده شدند تا نور فقط از طریق لامپ‌ها تامین گردد. دوره تاریکی: روشنایی، ۱۴:۱۰ ساعت بود. آب آکوریوم‌ها هر هفته تعویض شد (Pickering et al., 1992). آزمایش به‌مدت ۶ هفته انجام شد. در روزهای ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ ریسه‌ها از آب خارج شدند. پس از اندازه‌گیری وزن آنها توسط ترازو، نمونه‌ها مجددا وارد آکوریوم‌ها شدند. در روز ۴۲ جلبک‌ها برای آخرین بار وزن گردیدند. سپس طبق دستور کار تحقیقات پیشین، در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. به‌منظور استخراج آگار، یک گرم از مواد خشک شده به ۲۰۰ سی‌سی آب مقطر اضافه کرده و برای ۲/۳۰ ساعت جوشانده شد. مخلوط داغ در دور ۲۰۰۰ در دقیقه، به‌مدت ۲۰دقیقه سانتریفوژ گردید. سپس در فریزر به‌مدت یک شب باقی مانده، در دمای اتاق ذوب گردیده، آب اضافی آن گرفته شد. ژل ایجادشده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد درآون قرارگرفته تا خشک و وزن شده و درصد آن در وزن خشک جلبک محاسبه شد (Wilson and Critchley, 1997). نتایج حاصل از اثر شوری، آمونیوم و سیتوکینین بر توده زنده و آگار جلبک مورد مطالعه توسط آنالیزهای آماری ANOVA یک‌طرفه و تست توکی تجزیه و تحلیل شدند. این آنالیزها با دامنه اطمینان ۹۵ درصد انجام شد (Marinho Soriano et al., 2001; Orduna –Rojas et al., 2002).

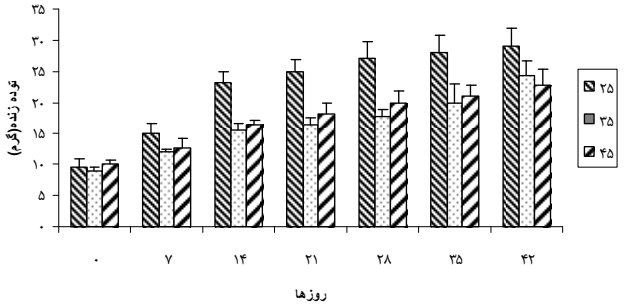
۳. نتایج

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف آمونیوم ۰، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲ مولار بر تغییرات توده زنده جلبک گراسیلاریا در مدت ۴۲ روز بررسی گردید. میانگین توده زنده در غلظت ۰ از ۹/۵۴ به ۲۳/۷۸ گرم، در تیمار ۰/۰۰۱ مولار از ۹/۳۲ به ۲۴/۳۸ گرم و غلظت ۰/۰۰۲ مولار از ۱۰/۹۶ به ۲۶/۳۴ گرم در روز ۴۲ رسید. نتایج حاصل از این آنالیزها نشان داد که بین تغییرات توده زنده در تیمارهای ۰، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲ مولار و روزهای آزمایش اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵) (شکل ۲).



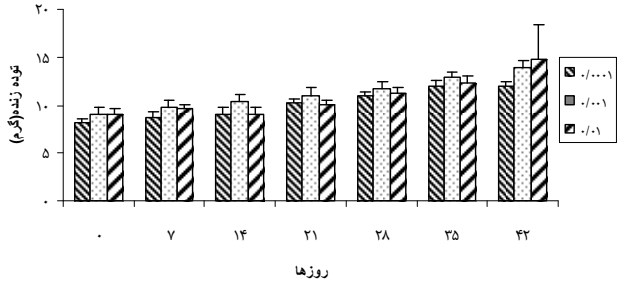
شکل ۲: تغییرات توده زنده جلبک گراسیلاریا در تیمارهای مختلف آمونیوم، آنتنک ها انحراف معیار را نشان می‌دهند.

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف شوری ۲۵، ۳۵ و ۴۵ جزء در هزار بر تغییرات توده زنده ریسه‌ها در مدت ۴۲ روز بررسی گردید. میانگین توده زنده در تیمار ۲۵ جزء در هزار از ۹/۷۲ به ۲۹/۱۰ گرم، در شوری ۳۵ جزء در هزار از ۸/۹۸ به ۲۴/۱۸ گرم و در تیمار ۴۵ جزء در هزار از ۱۰/۱۰ به ۲۲/۷۲ گرم در روز ۴۲ افزایش داشت.



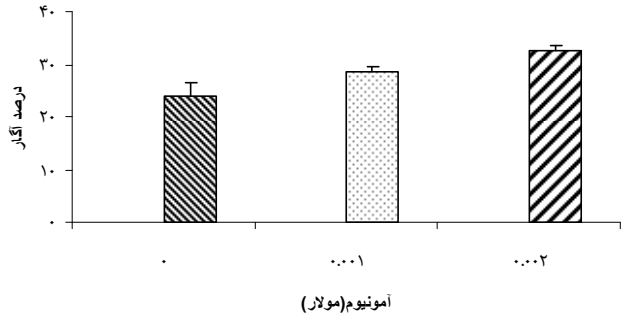
شکل ۳: تغییرات توده زنده ریسه‌های جلبک گراسیلاریا در تیمارهای مختلف شوری

آنالیزهای آماری نشان دادند که بین تغییرات توده زنده در تیمارهای ۲۵ با ۳۵ و ۴۵ جزء در هزار شوری و روزهای آزمایش اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵) (شکل ۳). نتایج حاصل از تیمارهای مختلف ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱ گرم در لیتر هورمون سیتوکینین بر تغییرات توده زنده ریسه‌ها در مدت ۴۲ روز بررسی گردید. میانگین توده زنده در تیمار ۰/۰۱ گرم از ۸/۲۲ به ۱۳/۳۰ گرم، در غلظت ۰/۰۰۱ گرم از ۹ به ۱۳/۹۴ گرم و در تیمار ۰/۰۰۰۱ گرم از ۸/۰۲ میانگین به ۱۰/۶۴ گرم در روز ۴۲ افزایش داشت. آنالیزهای آماری نشان دادند که در میزان توده زنده فقط بین تیمارهای ۰/۰۰۰۱ و ۰/۰۰۱ گرم در لیتر سیتوکینین و روزهای آزمایش اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵) (شکل ۴).



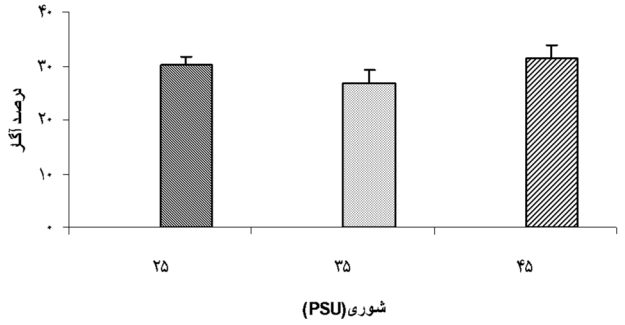
شکل ۴: تغییرات توده زنده ریسه‌های جلبک گراسیلاریا در تیمارهای مختلف سیتوکینین

نتایج حاصل از تیمارهای آمونیوم ۰، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲ مولار بر میزان آگار پس از ۴۲ روز بررسی گردید. این نتایج نشان دادند که میانگین درصد آگار در تیمار ۰ مولار ۲۴/۰۳ درصد و در غلظت ۰/۰۰۱ مولار ۲۸/۵۳ درصد و در تیمار ۰/۰۰۲ مولار ۳۲/۵۶ درصد بود (شکل ۵). آنالیزهای آماری نشان داد که میان درصد آگار در تیمارهای مختلف آمونیوم اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵).



شکل ۵: تغییرات میزان آگار جلبک گراسیلاریا در تیمارهای مختلف آمونیوم

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف شوری ۵، ۳۵ و ۴۵ جزء در هزار بر میزان آگار در مدت ۴۲ روز بررسی گردید. این نتایج نشان داد که میانگین درصد آگار در شوری ۲۵ جزء در هزار ۳۰/۱۰ درصد و در تیمار ۳۵ جزء در هزار ۲۶/۷۷ درصد و در ۴۵ جزء در هزار ۳۱/۲۷ درصد بود (شکل ۶).

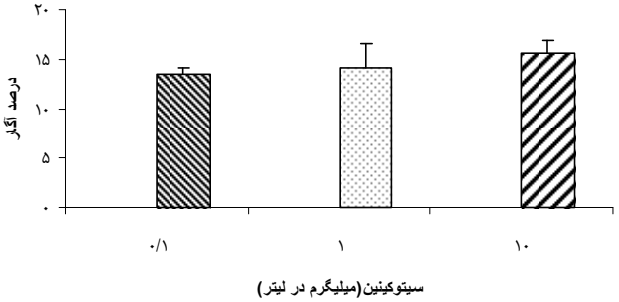


شکل ۶: تغییرات میزان آگار جلبک گراسیلاریا در تیمارهای مختلف شوری

آنالیزهای آماری نشان داد که میان درصد آگار در تیمارهای شوری ۲۵ و ۳۵ ، ۳۵ و ۴۵ اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). بین شوری‌های ۲۵ و ۴۵ جزء در هزار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف سیتوکینین ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی گرم در لیتر بر میزان آگار در مدت ۴۲ روز بررسی گردید. این نتایج نشان دادند که میانگین درصد آگار در تیمار ۱۰ میلی گرم ۱۵/۵۶ درصد و در غلظت ۱ میلی گرم ۱۴/۲ درصد و در تیمار ۰/۱ میلی گرم ۱۳/۴۶ درصد بود (شکل ۷).

آنالیزهای آماری نشان داد که میان درصد آگار در تیمارهای مختلف سیتوکینین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵).



شکل ۷: تغییرات میزان آگار جلبک گرلسیلاریا در تیمارهای مختلف سیتوکینین

۴. بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از جلبک‌های دریایی در چند دهه گذشته، دارای رشد بسیار قابل توجهی بوده است. بنا به دلایلی چند، از قبیل استخراج مواد موثره، تغذیه انسانی و دام، ساخت مواد افزونی، استفاده در علم پزشکی و غیره، پرورش جلبک‌های دریایی در حال توسعه و گسترش روز افزون است. در این زمینه در کشور اقدامات زیادی انجام شده است. بررسی جلبک گراسیلاریا و استخراج آگار از آن در این تحقیق نیز از آن جمله است. برنامه موفق کاشت و پرورش جلبک در آب‌های ساحلی منوط به بررسی اثرات مختلف محیطی روی رشد و توسعه جلبک‌ها قبل از شروع هر عملیات در سطح وسیع، لازم و ضروری است (فیلی‌زاده، ۱۳۸۰).

عوامل محیطی و داخلی روی رشد و متابولیت‌های ثانویه جلبک‌ها ثاثیر می‌گذارند. افزایش مواد مغذی باعث افزایش در تراکم سوبسترا در فرایندهای فیزیولوژیک در ماکروجلبک‌ها می‌گردد که منجر به رشد آنها می‌شود. برای هر گونه، تراکم بحرانی برای هر کدام از مواد مغذی وجود دارد. به‌عنوان مثال، میزان نیتروژن بالا و پایین این مقدار در حد سمی و یا کم است (Yu and Yang, 2008). گونه‌های مصبی مانند *Gracilaria tikvahiae*, *Gracilaria verrucosa* دامنه تحمل بالایی نسبت به تغییرات محیطی دارند، در حالی‌که گونه‌های اقیانوسی مانند *Gracilaria cornea* نسبت به تغییرات عوامل محیطی بسیار حساس هستند. در کشت *Gracilaria tenuistipitata* در تانک، افزایش آمونیوم تا ۰/۵ میلی‌مول باعث افزایش رشد و مقدار آگار شده است، در حالی‌که در آمونیوم بالاتر (۲ میلی مول) میزان رشد و آگار کمتر است (Friedlander, 1990).

افزودن نیتروژن به تانک حاوی *Gracilaria tikvahiae* و *Porphyra linearis* در شرایط طبیعی، افزایش معنی‌داری روی رشد این جلبک‌ها نداشته است (Ugarte et al., 1992; Katz et al., 2000). در تحقیق دیگر نرخ رشد *G. asiatica* و *G. tikvahiae* با به‌کارگیری نیتروژن از ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرومول در لیتر افزایش پیدا کرده است. در گونه *G. lemaneiformis* افزایش نیتروژن تا ۴۰۰ میکرومول در لیتر موجب افزایش نرخ رشد شده، اما از این غلظت بیشتر نرخ رشد در حد معنی‌داری کاهش یافته است (Yu and Yang, 2008). همچنین تحقیقات روی *G. parvispora* در هاوایی نشان داد که توده زنده با میزان یون آمونیوم دارای همبستگی معنی‌دار و قوی بوده و با عوامل دیگر همبستگی ندارد (Glenn et al., 1999). رشد جلبک *G. foliifera* در آب غنی شده با غلظت ۵ میلی‌مول در مترمکعب آمونیوم، مثبت بوده است. تحقیقات انجام شده بر روی جلبک گراسیلاریا در هاوایی نشان داد که هرچه میزان آمونیوم در محیط بیشتر شود، رشد بهتری صورت می‌گیرد (Glenn et al., 1999).

هم‌چنین در *Gracilaria gracilis* توده زنده با افزایش آمونیوم، افزایش یافته و این دو دارای همبستگی معنی‌دار بود اما تفاوت در روند جذب در این جلبک نسبت به دیگر جلبک‌ها دیده شده است (Smith, 2002).

رشد ریسه‌های جلبک گراسیلاریا در بیشتر موارد به یون آمونیوم بیش از مواد مغذی دیگر بستگی دارد. جلبک گراسیلاریا قادر به بهره‌برداری سریع از یون آمونیوم محیط است که توسط انتشار و جذب فعال صورت می‌گیرد. جذب برای ذخیره نیتروژن، به‌منظور تسهیل رشد در شرایط کمبود مواد غذایی صورت می‌گیرد. از این خاصیت گونه‌های *Gracilaria* برای حذف آمونیوم از آب‌ها به‌منظور افزایش کیفیت آب استفاده می‌شود (Jagadeesan et al., 2010).

ریسه‌های جلبک گراسیلاریا که در میزان زیاد آمونیوم (۱۰ میلی‌مول در مترمکعب) قرار گیرند، افزایش سریع در فتوسنتز نشان می‌دهند. یون آمونیوم به سرعت جذب شده و به نیترات یا نیتریت اکسیده می‌شود (Glenn et al., 1999). در این تحقیق در بیشترین غلظت آزمایش شده، یعنی آمونیوم ۰/۰۰۲ مولار بالاترین رشد به‌دست آمد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که شوری تاثیر معنی‌داری بر میزان رشد جلبک *G. corticata* داشت و بیشترین میزان توده زنده در شوری ۲۵ به‌دست آمد، اما شوری ۳۵ و ۴۵ psu را به خوبی تحمل کرده و در مدت ۴۵ روز آزمایش زنده ماند. این گونه در منطقه بین جزر و مدی در استخرهای کشندی رویش دارد که در هنگام جزر از آب خارج

نشده، اما تحت تاثیر تغییرات عوامل محیطی در این استخرها قرار می‌گیرد. اگرچه *Gracilaria chorda* نیز که در پایین بین جزر و مدی زندگی می‌کند بیشترین رشد را در PSU ۲۵ داشته است، اما *Gracilaria verrucosa* که در تمام منطقه بین جزر و مدی و مصبی رویش دارد، در ۱۵ تا ۲۵ جزء در هزار بهینه رشد را دارد (Cui et al., 2014, Choi et al., 2006). در *Gracilaria vermiculophylla* بیشترین رشد در شوری ۲۰ و ۲۵ در هزار به‌دست آمده است. تحمل دامنه وسیعی از شوری نشان دهنده‌ی توزیع بین جزر و مدی است که این گونه‌ها تحت تنش اسمزی در دوره‌های غوطه‌وری و خشکی قرار می‌گیرند (Yokoya et al., 1999). اگرچه اثر هورمون‌های رشد در گیاهان آوندی بسیار گسترده مطالعه شده است، اما گزارش‌های کمی درباره اثرات فیزیولوژیک آنها در جلبک‌ها وجود دارد (Martins et al., 2007). میزان رشد جلبک‌ها توسط هورمون‌های آن‌ها کنترل می‌شود و تغییرات بر میزان این هورمون‌ها تاثیر مستقیمی بر رشد گیاه خواهد گذاشت. تحقیقات انجام شده روی اثر هورمون‌های گیاهی سیتوکینین واکسین بر روی گونه‌هایی از گراسیلاریا انجام شده است و دیده شده که سیتوکنین واکسین نقش تنظیمی در فرآیندهای رشد داشته است و پاسخ به آنها مربوط به سامانه‌های خاصی در گیاه است. تحقیقات انجام شده در چین نشان می‌دهد که هورمون سیتوکینین روی گونه‌های مختلف گراسیلاریا، ریخت‌شناسی (مورفولوژی) جلبک‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Huang and Fujita, 1996). این هورمون روی تقسیم سلولی، فعالیت‌های متابولیکی (Evans, 1984) مانند بیوسنتز فیکو اریترین و پروتئین اثر می‌گذارد، به‌طوری‌که دانشمندان اثر سیتوکینین بر تقسیم سلولی را نتیجه اثر آن روی پروتئین می‌دانند (Martins et al., 2007).

Dawes (1971) اثر معنی‌دار اکسین و سیتوکینین را در رشد جلبک سبز *Caulerpa* مشاهده کرد، درحالی‌که برخی گزارش‌ها حاکی از آن هستند که سیتوکینین رشد معنی‌داری را در جلبک‌های دریایی (Buggeln, 1976) مانند *Gracilaria textorii* (Huang and Fujita, 1997) موجب نمی‌شود. در گونه *Kappaphycus alvarezii* (Munoz et al., 2006) و *Grateloupia dichotoma* (Yokoya and Handro, 1996) سیتوکینین باعث ایجاد کالوس متراکم و رشته‌ای شده است. غلظت ۰/۵ میکرومول کینتین باعث افزایش نرخ رشد و انشعابات جانبی در *Hypnea musciformis* شده است (Martins et al., 2007). همچنین در گونه *Gracilaria vermiculophylla*، سیتوکینین نقش تنظیم کنندگی بر رشد آن داشته به‌طوری‌که غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر باعث بیشترین رشد و میزان ۱۰ میلی گرم در لیتر آن کشنده بوده و باعث نکروزه شدن ریسه در قسمت‌های انتهایی و بینابینی شده است (Yokoya et al., 1999). در این تحقیق نیز تا غلظت ۰/۰۰۱ گرم در لیتر (۱ میلی‌گرم) رشد افزایش نشان داده و بیشتر از آن تاثیری بر رشد نداشته است. نتایج بررسی میزان آگار در طول ۶ هفته از جلبک *G. corticata* بندر بستانه نشان داد که بیشترین میزان آگار غلظت آمونیوم ۰/۰۰۲ مولار با ۳۲/۵۶ درصد است. در این آزمایش میزان آگار با افزایش توده زنده جلبک گراسیلاریا افزایش نشان داد.

به‌نظر می‌رسد افزایش مواد مغذی در بعضی گونه‌ها موجب سمیت می‌گردد و حد این مقدار برای گونه‌های مختلف متفاوت است (Boulus et al., 2007). افزایش مواد مغذی در محیط رشد Kappaphycus در فیلیپین باعث کاهش تولید کاراگینان شده است (Trono and Luisma, 1922). افزایش ازت در محیط رشد جلبک *Gracilaria foliifera* تولید آگار را از ۴۵ درصد به ۲۵ درصد کاهش داده است (رضایی، ۱۳۷۶). در *Gracilaria bursa pastoris* ارتباط معکوس بین میزان آگار و نیتروژن به‌دست آمده است (Marinho-Soriano and Bourret, 2003). همچنین در اثر کمبود نیتروژن در *Gelidium coulteri* میزان آگار بیشتری به‌دست آمده در حالی‌که در گونه‌های *Gelidium sesquipedale*، *Gracilaria gracilis* (Boulus et al., 2007) و *Gracilaria* sp. (Lewis and Hanisak, 1996) افزایش نیتروژن باعث درصد آگار بیشتر شده است. در گونه *Gelidium crinale* تا میزان آمونیوم ۰/۵ میلی‌مول مقدار آگار افزایش (۲۵٪) و سپس تا آمونیوم ۲ میلی‌مول کاهش یافته است (Boulus et al., 2007). این تحقیق نشان داد که غلظت ۲ میلی‌مول آمونیوم برای *Gracilaria corticata* سمی نیست. بیشترین میزان آگار *G. bursa pastoris* با بیشترین شوری همزمان بوده است و این نشان‌دهنده اثر شوری بر بیوسنتز آگار است (Marinho –Soriano and Bouret, 2003). در این تحقیق بیشترین میزان آگار در شوری ۴۵ در هزار با ۳۱/۲۷ درصد بود. درصد آگار به‌دست آمده از گونه‌های مختلف در مطالعات دیگر در جدول ۱ آمده است که در مقایسه، میزان آگار به‌دست آمده از *G. corticata* با ۳۲/۵۶ درصد مقدار مناسبی بوده که آن را در ردیف یکی از آگاروفیت‌های اقتصادی قرار می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که در

تیمارهای شوری، آمونیوم و سیتوکینین توده زنده و آگار جلبک گراسیلاریا کورتیکاتا در یک دوره ۶ هفته آزمایش، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). در این تحقیق با افزایش رشد میزان آگار *G. corticata* افزایش نشان داد، همان‌طور که در *Gracilaria conferta* نیز دیده شده است (Friedlander, 1990). میزان آگار بیشتر همراه با افزایش رشد *G. corticata* کشت انبوه در سامانه‌های پرورش را می‌طلبد. نتایج حاکی از آن است که کشت دریایی این گونه نیازمند مناطقی با شوری کمتر از آب دریا مانند نزدیک مصب‌ها و آمونیوم نسبتا بالا است.

جدول ۱: مقایسه میزان آگار به‌دست آمده از تحقیقات دیگر و مطالعه حاضر

گونه	درصد	منبع
Gracilaria bursa pastoris	۳۶	Skriptsova, et al., 2001
Gracilaria gracilis	۳۰	Skriptsova, et al., 2001
Gracilaria verrucosa	۳۵	Skriptsova, et al., 2001
Gelidium sesquipedalp	۲۵-۳۵	Freile Pelegrin, et al., 1995
Gelidium cannariensis	۲۳	Freile Pelegrin, et al., 1995
Gracilaria bursa pastoris	۲۳/۸	Marinho-Soriano, et al., 2001
Gracilaria dura	۳۳/۵	Marinho-Soriano, et al., 2001
G. gracilis	۳۰	Marinho-Soriano, et al., 2001
Gracilaria cornea	۲۹-۴۱	Marinho-Soriano, et al., 2001
Gracilaria cervicornis	۱۱-۲۰	Marinho-Soriano, et al., 2001
Gracilaria chilensis	۱۷-۲۰	Buschmann, et al., 1995
Gracilaria corticata	۲۲/۵	Oza, 1978
Gelidiella acerosa	۱۳-۲۴	Kapraun, et al., 1994
G. corticata	۳۲/۵۶	مطالعه حاضر

۵. سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله تشکر صمیمانه خود را از همکاران مرکز تحقیقات شیلات بندر لنگه به‌خصوص جناب آقایان مهندس ارگنجی، رامشی، اسماعیل زاده و کارشناس آزمایشگاه دانشکده علوم و فنون دریایی سرکار خانم مهندس وکیلی ابراز می‌دارند.

منابع

بختیاری، م.، ۱۳۶۹. راهنمای مفصل ایران. جلد ۲۲. استان هرمزگان. گیتاشناسی. صفحه ۱۱۶.

ربانی‌ها، م.؛ ایزد پناهی، غ.؛ محسنی‌زاده، ف.؛ عوفی، ف.، ۱۳۹۱. تغییرات فیتوپلانکتون‌ها در آب‌های دور از جنوب استان بوشهر. نشریه اقیانوس شناسی، سال سوم، شماره ۱۱، صفحات ۲۱-۳۱.

رضایی، م.ب.؛ جایمند، الف.، ۱۳۷۶. آگار آگار. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. صفحه ۱۶۵.

شوقی، ح.، ۱۳۷۲. گشت مقدماتی و بررسی فصلی جلبک‌های آب‌های جنوبی ایران. مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور. صفحه ۳۴.

علوی، ا.، ۱۳۷۶. استخراج اسید آلژینیک از جلبک‌های قهوه‌ای دریای جنوب و تفکیک آلژینات‌ها بر پایه وزن مولکولی، دانشگاه تهران. صفحه ۵۴.

علویان، ز.، ۱۳۷۷. بررسی اکولوژیک جلبک‌های دریایی در منطقه ساحلی جزیره کیش. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. دانشگاه تربیت مدرس. صفحه ۸۷

فیلی‌زاده، ی.، ۱۳۸۰. بررسی کاشت جلبک گراسیلاریا در سواحل جزیره قشم. مجله علمی شیلات. سال چهارم شماره ۱۰، صفحات ۲۱-۴۵.

Boulus, A.; Spaneir, E.; Friedlander, M., 2007. Effect of outdoor conditions on growth rate and chemical composition of *Gelidium crinale* in culture. Journal of Applied Phycology, 19: 471-478.

Buggeln, R.G., 1976. Auxin, an endogenous regulator of growth in algae? Journal of Phycology, 12: 355-358.

Buriyo, S.; Oliveira, E.C.; Mtolera, M.S.P.; Kivaisi, A.K., 2004. Taxonomic challenges and distribution of gracilarioid algae (Gracilariales, Rhodophyta) in Tanzania a western Indian ocean. Journal of Marine Science, 3(2): 135-141 pp.

Buschmann, A.H.; Correa, J.A., 2001. Red algal farming: a review. Aquaculture, 194: 203-220.

Chirapart, A.; Lewmanomont, K., 2004. Growth and production of Thai agarophyte cultured in natural pond using the effluent seawater from shrimp culture. Hydrobiologia, 512: 117-126.

Choi, H.G.; Kim, Y.S.; Kim, J.H.; Lee, S.J.; Park, E.J.; Ryu, J.; Nam, K.W., 2006. Effects of temperature and salinity on the growth of *Gracilaria verrucosa* and *G. chorda*, with the potential for mariculture in Korea. Journal of Applied Phycology, 18: 269-277.

Dawes, C.J., 1997. Marine botany. John wiley and sons. New York. 480 p.

Dawes, C.J.; Orduña-Rojas, J.; Robledo, D., 1999. Response of the tropical red seaweed *Gracilaria*

Katz, S.H.; Kizner, Z.; Dubinsky, Z.; Friedlander, M., 2000. Responses of *Porphyra linearis* (Rhodophyta) to environmental factors under controlled culture conditions. Journal of Applied Phycology, 12: 535-542.

Lewis, R.J.; Hanisak, M.D., 1996. Effects of phosphate and nitrate supply on productivity, agar content and physical properties of agar of *Gracilaria strain* G-16S*. Journal of Applied Phycology, 8: 41-49.

Marinho-Soriano, E.; Bourret, E., 2003. Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria* species (Gracilariaceae, Rhodophyta). Bioresource Technology, 90: 329-333.

Marinho-Soriano. E.; Silva, T.S.F.; Moreira, W.S.C., 2001. Seasonal variation in the biomass and agar yield. from *Gracilaria cervicornis* and *Hydropuntia cornea* from Brazil. Bioresource technology, 77: 115-120.

Martins, A.p.; Yokoya, N.S; Carvalho, M.A.N.; Plastino, E.M., 2007. Effects of kinetin and nitrogen on growth rates, pigment and protein contents in wild and phycoerythrin-deficient strains of *Hypnea musciformis* (Rhodophyta). Journal of Applied Phycology, 20: 767-773.

Mu˜noz, J.; Cahue-L´, A.C.; Pati ˜no, R.and Robledo, D., 2006. Use of plant growth regulators in micropropagation of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) in airlift bioreactors. Journal of Applied Phycology, 18: 209-218.

Nizamuddin, M.F.; Gessner., 1970. The marine algae of the northern part of the Arabian Sea and persian Gulf. Meteor forsch – Ergebnisse, 6: 1-42.

Orduna-Rojas, J.; Robledo, D.; Dawes, C.J., 2002. Studies on the tropical agarophyte *Gracilaria cornea* from Yucatan, Mexico. I. Seasonal physiological and biochemical responces. Botannica Marina, 45: 453-458.

Oza, R.M., 1978. Studies on Indian Gracilaria. Seasonal variation in agar and gel strenght of *Gracilaria cornea* to temperature, salinity and irradiance. Journal of Applied Phycology, 10: 419-425.

Evans, M.L., 1984. Functions of hormones at the cellular level of organization. In: Scott, T.K. (ed), Encyclopaedia of plant physiology. New series, Vol. 10. Springer-Verlag, Berlin, 23–80pp

Freile – Pelegrin, Y.; Robledo, D.R.; Gaccia – Reina, G., 1995. Seasonal agar yield and quality in *Gelidium canariensis* (Gelidiales, Rhodophyta) from Gran Canaria, Spain. Journal of Applied Phycology, 7: 141-144.

Friedlander, M., 1991. Growth rate, epiphyte biomass and agar yield of *Gracilaria conferta* in an annual outdoor experiment. 1. Irradiance and nitrogen. Bioresource Technology, 38: 203-208.

Glenn, E.P.; Moore, D.; Akutagava, M.; Himler, A.; Walsh, T.; Nelson, S.G., 1999. Correlation between *Gracilaria parvispora* biomass production and water quality factors on a tropical reef in Hawaii. Aquaculture, 178: 323-331.

Huang, W.; Fujita, Y., 1996. Callus induction and thallus regeneration in some species of red algae. Phycological Research, 45: 105-11.

Huang, W.; Fujita, Y., 1997. Callus induction and thallus regeneration in some species of red algae. Phycological Research, 45: 105-111.

Jagadeesan, L.; Kannadasan, A.; Anantharaman, P.; Perumal, P.; Thangaraj, M., 2010. Assessment of ammonium uptake by marine macroalga *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyta). Current Research Journal of Biological Sciences, 2(2): 150-153.

Kapraun, F.; Ganzon-Fortes, E.; Bird, K.T.; Trono, G.; Breden, C., 1994. Karyology and agar analysis of the agaro-phyte *Gelidiella acerosa* (Forsskaal) Feldmann et Hamel from the Philippines. Journal of Applied Phycology, 6: 545-550.

Trono, Jr.G.C.; Azanza-Corrales, R., 1981. The seasonal variation in the biomass and reproductive states of *Gracilaria* in Manila Bay. Proceeding of international Seaweed Symposium, 10: 743-748.

Ugarte, R.; Santelices, B., 1992. Experimental tank cultivation of *Gracilaria chilensis* in central Chile. Aquaculture. 101: 7-16.

Wilson, A.J.; Critchley, A.T., 1997. Studies on *Gracilaria gracilis* and *Gracilaria aculeata* from Africa. I: The influence of temperature, Irradiance, salinity and nitrogen – nutrition on growth. South Africa Journal of Botany, 63/6: 465-473.

Yokoya, N.S.; Handro, W., 1996. Effects of auxins and cytokinins on tissue culture of *Grateloupia dichotoma* (Gigartinales, Rhodophyta). Hydrobiologia, 326/327: 393-400.

Yokoya, N.S.; Kakita, H.; Obika, H.; Kitamura, T., 1999. Effects of environmental factors and plant growth regulators on growth of the red alga *Gracilaria vermiculophylla* from Shikoku Island, Japan. Hydrobiologia, 398/399: 339-347.

Yu, J.; Yang, Y., 2008. Physiological and biochemical response of seaweed *Gracilaria lemaneiformis* to concentration changes of N and P. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 367: 142-148.

corticata occuring on the coast of Veraval, Botanica Marina,165-167.

Pickering, T.D.; Sladden, V.H.; Furneaux, R.H.; Hemingson, J.A.; Redfearn, P., 1992. Comparison of growth rate in culture dry matter content, agar content and agar quality of two New Zealand red seaweed, *Gracilaria seaweed*, *Gracilaria chilensis* and *Gracilaria truncata*. Journal of Applied Phycology, 5: 85-91.

Qui, Q.M.; Wang, H.W.; Liu, P.; Yuan, CH.Y., 2014. Effect of salinity on the growth and biochemical composition of *Sargassum thunbergii* and *Gracilaria verrucosa*. Applied Mechanics and Materials, 535-577.

Rafiei, F.; Fatemi, M.; Filizadeh, Y.; Vosooghi Gh.; Esmaili Sari, A., 2006. The effect of light, temperature and nutrients on growth of *Gracilaria corticata* (Gracilariales, Rhodophyta), Skretting Australian Aquaculture, August 27-30.

Skriptsova, A.V.; Titlyanova, T.V.; Titlyanova, E.A., 2001. Red algae of the genus *Gracilaria* in the south of Russian Far East. Russian journal of marine biology, 27: 238-252.

Smith, A.J., 2002. Nitrogen uptake by *Gracilaria gracilis* (Rhodophyta): Adaptations to a temporally variable nitrogen environment. Botanica Marina, 45: 196-209.