بررسی اثر دما، دوره نوری و شدت نور بر میزان توده زنده و آگار جلبک *Gracilaria salicornia* (Gracilariales, Rhodophyta)

فرناز رفیعی[1*]
پریسا نجات خواه معنوی[2]
حوریه کرمانشاهی[3]
محمد پرورش[4]

۱. استادیار گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
۲. دانشیارگروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران
۳. دانشجوی کارشناس ارشد بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران
۴. کارشناس ارشد، اداره شیلات جزیره قشم، ایران

***مسئول مکاتبات:**
f_rafiei@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۴۰۴۰۳۰۵
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۰۵

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر عوامل دما، دوره نوری و شدت نور بر توده زنده و آگار جلبک *Gracilaria salicornia* در ۶ هفته به‌صورت تک عاملی، در آزمایشگاه انجام گرفت. جلبک موردبررسی از جزیره قشم در شهریور ۱۳۸۹ نمونه‌برداری و در آکواریوم‌های ۴۰×۳۰×۶۰ سانتی‌متر (۲۰ لیتر) با تراکم اولیه حدود یک گرم در لیتر به‌صورت معلق روی طناب‌های نصب و در ۳ تکرار پرورش داده شد. شرایط استاندارد شامل نور پرورش ۴۷۰۰ لوکس و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۲ ساعت تاریکی ۱۲ ساعت روشنایی بود. تیمارهای موردبررسی دمای ۲۰،۲۵،۳۰ درجه سانتی‌گراد، دوره نوری ۱۲:۱۲،۱۴:۱۲،۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) و شدت نور ۱۲۰۰،۳۳۰۰،۴۷۰۰ لوکس بودند. تیمارها تک عاملی بوده در هرکدام از تیمارها شرایط دیگر محیطی طبق استاندارد در نظر گرفته شدند. وزن کلی جلبک‌ها (توده زنده) در روزهای ۷،۱۴،۲۱،۲۸،۳۵،۴۲،۰ اندازه‌گیری شد. پس از روز ۴۲ جلبک‌ها برداشته، در دمای ۶۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و آگار آن‌ها با روش Carmona استخراج گردید. نتایج نشان داد که عوامل دما، دوره نوری و شدت نور اثر معنی‌داری بر روی توده زنده جلبک داشتند ($p<0/05$). حداکثر توده زنده در تیمار ۲۰ درجه سانتی‌گراد، دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) و شدت نور ۴۷۰۰ لوکس مشاهده شد. بیشترین میزان آگار در تیمار ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۴۵ درصد به دست آمد که نسبت به محیط طبیعی (۲۰ درصد) افزایش داشته و این جلبک را در ردیف یکی از جلبک‌های تجاری قرار داده است.

واژگان کلیدی: توده زنده، دما، نور، آگار، *Gracilaria salicornia*.

مقدمه

جلبک‌ها به‌عنوان اولین تولیدکنندگان اکوسیستم‌های آب‌های آزاد و دریایی محسوب می‌شوند. بیش از ۴۴ درصد از فتوسنتز بیوسفر به‌وسیله موجودات اتوتروف آبزی انجام می‌شود. دیواره سلولی جلبک‌ها دارای ترکیبات ثانویه و پلی ساکاریدهای باارزشی نظیر کاراگینان، آگار و اسید آلژنیک با مصارف مختلف دارویی، غذایی و صنعتی می‌باشند (Dawes, 1997).

آگار پلی‌ساکارید به‌دست‌آمده از برخی اعضاء خانواده‌های جلبک‌های قرمز Gracilariaceae و Gelidiaceae (Marinho-Soriano *et al*., 2001) می‌باشد. آگار شامل دو پلی‌ساکارید بنام آگارز و آگاروپکتین می‌باشد. خاصیت ژلاتینی آن به سبب ترکیب آگارز بوده درحالی‌که ترکیب آگاروپکتین خاصیت چسبندگی ایجاد می‌کند (رضایی و جایمند، ۱۳۷۶). این ماده به عنوان محیط کشت باکتری‌ها، مواد دندانپزشکی، داروهای ملین، تهیه قرص و کپسول، تهیه چسب، مواد آرایشی و ژل‌های الکتروفورتیک بکار می‌رود (Dawes, 1997). عوامل محیطی مانند شوری (Cho*i et al*., 2006)، مواد مغذی مانند نیتروژن (Smith, 2002)، نور و عوامل داخلی مثل هورمون‌ها (Martins *et al*., 2007)، بر روی توده زنده و میزان آگار جلبک‌ها تأثر می‌گذارند

(Chirapart and Lewmanomont, 2004). از میان جنس‌های آگاروفیت، *Gracilaria* به دلیل نرخ رشد سریع، تحمل وسیع بسیاری از گونه‌های این جنس در برابر شرایط محیطی و تنوع گونه‌ای موردتوجه بیشتری می‌باشد (Dawes *et al*., 1999).

تاکنون وجود چندین گونه از جلبک گراسیلاریا در سواحل ایران گزارش‌شده است (شوقی ۱۳۷۲؛ علوی، ۱۳۷۶؛ علویان، ۱۳۷۷). جلبک *Gracilaria salicornia* دارای رویش قابل‌توجهی در تمام طول سال در سواحل بین جزر و مدی شمال شرقی جزیره قشم داشته و کمربندی به رنگ قهوه‌ای مایل به ارغوانی ایجاد می‌کند (ربیعی،۱۳۸۰)، بنابراین پتانسیل بالقوه‌ای برای پرورش و استخراج آگار دارد.

طبق تحقیق انجام‌شده بر روی اثر دما و دوره نوری بر *Gracilaria chorda* (Kakita and Kamishima, 2006) و *Gracilaria vermiculophylla* (Nejrup *et al*., 2013)، حداکثر رشد به ترتیب در ۱۸ تا ۲۴ و ۲۱ درجه مشاهده‌شده و اثر شدت نور بر *Gracilaria tenuistipitata* (Youngjan *et al*., 2009) بهترین شدت نور ۲۰۰ میکرو مول فوتون در مترمربع در ثانیه به‌دست‌آمده است.

باوجود داشتن ۱۸۰۰ کیلومتر مرز آبی در جنوب کشور و افزایش روزافزون تقاضا برای استفاده از ذخایر آبی مانند جلبک‌ها، به‌عنوان منابع ارزشمند در جهت تأمین نیازهای صنعتی، دارویی و غذایی و 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.

به همین منظور این مطالعه برای رسیدن به بهترین شرایط تولید توده زنده و آگار تحت تیمارهای شدت نور، دوره نوری و دما در آزمایشگاه صورت گرفت. این اطلاعات می‌توانند در انتخاب تکنیک‌های پرورش که به میزان بیشتری از توده زنده و آگار می‌انجامد مفید باشد.

مواد و روش‌ها

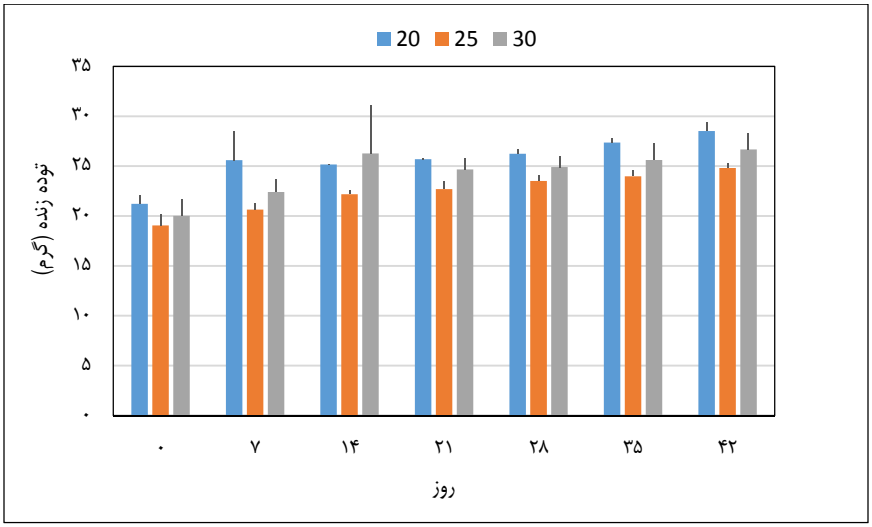
به‌منظور انجام پروژه، بر اساس مشاهدات قبلی سواحل جزیره قشم برای مطالعه بر روی جلبک Gracilaria *salicornia* انتخاب گردید. محل نمونه‌برداری در غرب روستای کووه‌ای با مختصات "۸۷ '۵۹ °۵۵ طول شرقی و "۲۴ '۵۷ °۲۶ عرض شمالی تعیین و انتخاب گردید. نمونه‌برداری در شهریورماه ۱۳۸۹ در هنگام حداکثر جزر انجام شد. جلبک‌ها از ناحیه اتصال به رسوبات با دست از بستر جدا شدند. انتقال نمونه‌ها در داخل کیسه‌های نایلونی حاوی آب دریا انجام شد. در ابتدا نمونه‌ها (جلبک‌های برداشته‌شده) توسط آب‌شور شستشو و مواد زائد از روی آن‌ها برداشته شد و توسط کیسه‌های نایلونی حاوی آب دریا به تهران منتقل شدند (Westermeier *et al*., 1993).

به‌منظور پرورش جلبک‌ها ۲۷ آبزی‌دان به ابعاد ۳۰×۴۰×۶۰ (۲۰ لیتر) در اختیار بود. با استفاده از یک پمپ مرکزی و انشعابات آن در آکواریوم‌ها، هوای موردنیاز پرورش جلبک‌ها تأمین شد. آب آکواریوم‌ها به‌وسیله نمک سنتتیک در شوری موردنیاز تهیه شد به‌منظور ایجاد نور کافی لامپ‌های مهتابی بالای هرکدام از آکواریوم‌ها نصب گردید با استفاده از دستگاه لوکس متر نور موردنیاز اندازه‌گیری شد. سپس آکواریوم‌ها توسط ورقه‌های ضخیم آلومنیوم فویل پوشیده شدند. شرایط استاندارد پرورش نور ۴۷۰۰ لوکس، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شوری ۳۵ و دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) بود (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۴). نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. نمونه‌ها به‌صورت معلق به

طناب‌های نایلونی تعبیه‌شده در آکواریوم با فواصل مساوی و به تعداد ۸ نمونه در هر آکواریوم وصل گردیدند. آب آکواریوم‌ها هر هفته تعویض شد (Mercado *et al*., 2000). تیمارهای دمایی ۳۰،۲۵،۲۰ درجه سانتی‌گراد، دوره نوری ۱۶:۸،۱۴:۱۰،۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) و شدت نور ۴۷۰۰،۳۳۰۰،۱۲۰۰ لوکس و سه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. تیمارها تک عاملی بوده و در هر تیمار آزمایشی بقیه شرایط محیطی طبق استاندارد در نظر گرفته شد. این آزمایش به مدت ۶ هفته انجام شد. در روزهای ۳۵،۲۸،۲۱،۱۴،۷ ریسه‌ها از آب خارج و وزن شدند. در روز ۴۲ برای آخرین بار توزین شده با آب شیرین شسته شدند و سپس در دمای ۶۰ درجه در آون به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. استخراج آگار با روش (Carmona *et al*., 1998) انجام شد. به این صورت که یک گرم از جلبک خشک‌شده در ۴۰ سی‌سی آب مقطر معلق شده و یک ساعت در دمای ۲۲ درجه در اون قرار داده سپس در دور ۱۰۰۰ سانتریفوژ شدند. سپس صاف‌شده و جلبک‌ها در ۴۰ سی‌سی آب مقطر در دمای ۱۰۰ درجه به مدت یک ساعت جوشانده شد و در دور ۱۰۰۰ سانتریفوژ شدند. جلبک‌های فیلتر شده در دمای ۱۲۰ درجه به مدت نیم ساعت در ۲۰ سی‌سی آب مقطر قرار داده و در دور ۱۰۰۰ سانتریفوژ شدند. تمام مایعات حاصله در هم ادغام‌شده و در آون آب خود را ازدست‌داده آگار آن وزن شده و درصد آگار برحسب وزن خشک جلبک به دست آمد. نتایج حاصل از اثر عوامل محیطی بر میزان توده زنده و آگار جلبک توسط آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و با استفاده از تست چند مقایسه‌ای Tukey اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد.

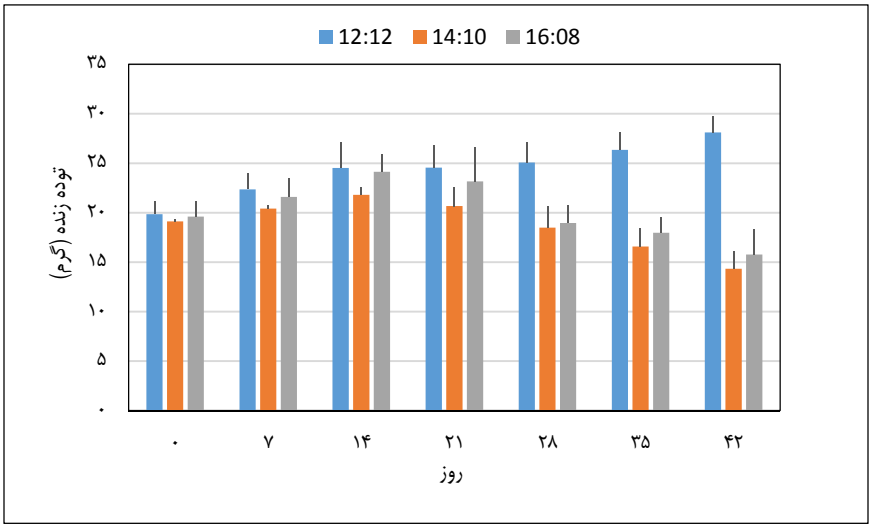
نتایج

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف دمای ۳۰، ۲۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر تغییرات توده زنده در مدت ۴۲ روز بررسی گردید. بیشترین میانگین توده زنده در دمای ۲۰ درجه بود که از ۲۱/۲۲ در روز صفر به ۲۸/۵۵ گرم در روز ۴۲ رسید (شکل ۱). نتایج حاصل از این آنالیزها نشان داد که بین تغییرات توده زنده در تیمارهای آزمایشی روزها به‌غیراز روز ۳۵ با ۱۴، ۲۱ و ۲۸ اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵).



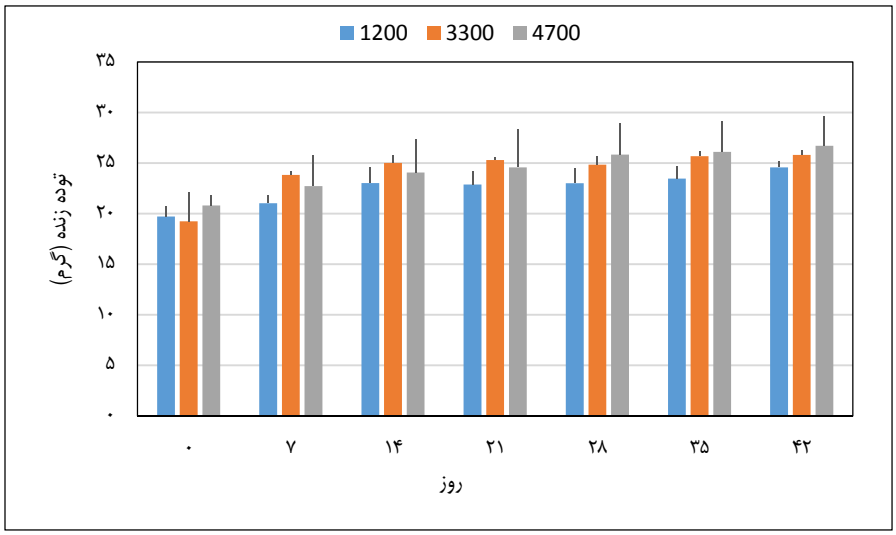
شکل ۱: تغییرات توده زنده ریسه‌های جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria salicornia*) در تیمارهای مختلف دما (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد). آنتنک‌ها انحراف معیار را نشان می‌دهند.

اثر تیمارهای مختلف دوره نوری ۱۲:۱۲، ۱۴:۱۰ و ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) بر تغییرات توده زنده ریسه‌ها در مدت ۴۲ روز بررسی گردید. میانگین توده زنده در تیمار ۱۲:۱۲ از ۱۹/۱۳ گرم در روز صفر به ۲۸/۱۱ گرم در روز ۴۲ افزایش یافت که بیشترین میزان توده زنده را داشت (شکل ۲). نتایج آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری بین تغییرات توده زنده در تیمارها و روزها به‌غیراز ۱۴ و ۲۱، ۷ و ۲۸، ۲۸ و ۴۲ نشان داد (P<۰/۰۵).



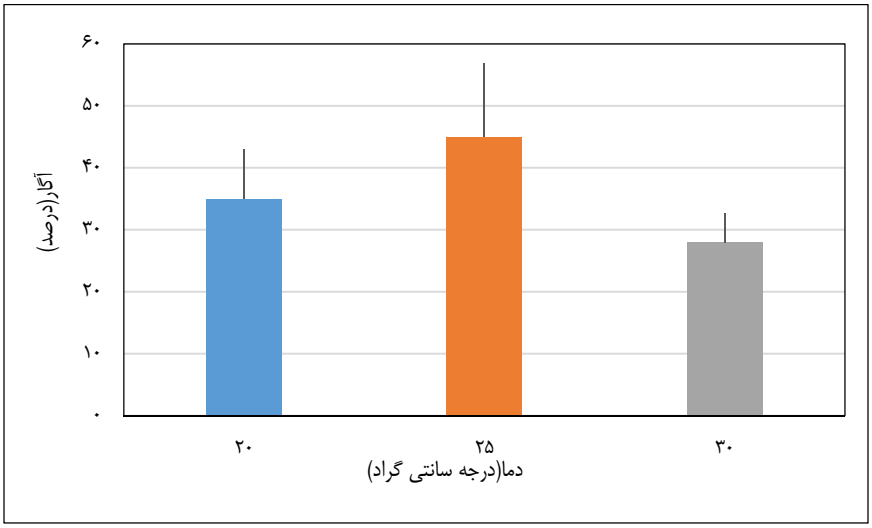
شکل ۲: تغییرات توده زنده ریسه‌های جلبک گراسیلاریا (Gracilaria salicornia) در تیمارهای مختلف دوره نوری (۱۲:۱۲، ۱۶:۸، ۱۴:۱۰ تاریکی: روشنایی، ساعت). آنتنک‌ها انحراف معیار را نشان می‌دهند.

در تیمارهای شدت نور ۱۲۰۰، ۳۳۰۰ و ۴۷۰۰ لوکس بین تمامی تیمارها به‌غیراز ۳۳۰۰ و ۴۷۰۰ لوکس اختلاف معنی‌دار بود. بیشترین میزان توده زنده در تیمار ۴۷۰۰ لوکس مشاهده شد که میانگین توده زنده از ۲۰/۸ به ۲۶/۷ گرم رسید (شکل ۳). فقط بین روزهای ۰ و ۴۲،۷ و ۴۲ اختلاف معنی‌دار دیده شد (P<۰/۰۵). بین تیمارهای ۱۲۰۰ با ۳۳۰۰ و ۴۷۰۰ لوکس اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵).



شکل ۳: تغییرات توده زنده ریسه‌های جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria salicornia*) در تیمارهای مختلف شدت نور (۱۲۰۰، ۳۳۰۰ و ٤٧٠٠ لوکس). آنتنک‌ها انحراف معیار را نشان می‌دهند.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری آگار جلبک *Gracilaria salicornia* در تیمارهای دما نشان داد که بیشترین درصد آن در تیمار ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۴۵ درصد به دست آمد (شکل ۴). بین میزان آگار در دماهای مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$).



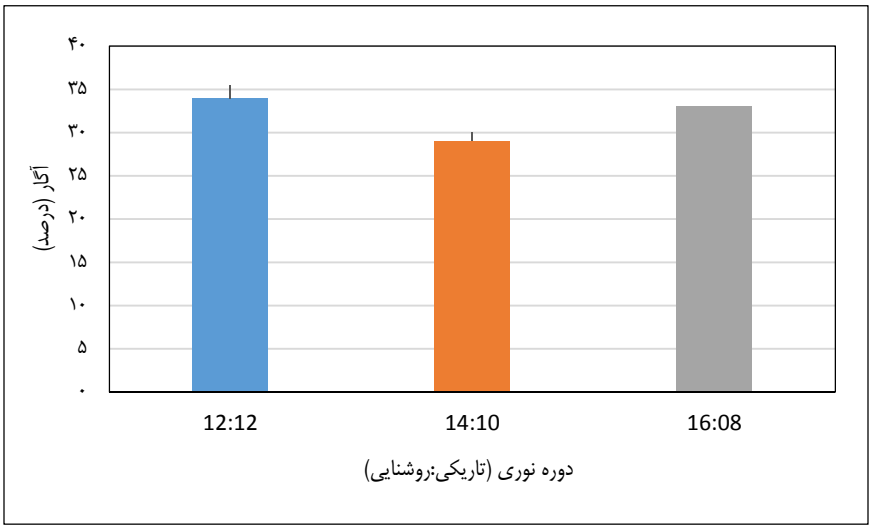
شکل ٤: درصد آگار جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria salicornia*) در تیمارهای دمایی (درجه سانتی‌گراد).

نتایج به‌دست‌آمده از اثر تیمارهای مختلف بر توده زنده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار توده زنده در تیمارهای آزمایشی در روزهای مختلف.

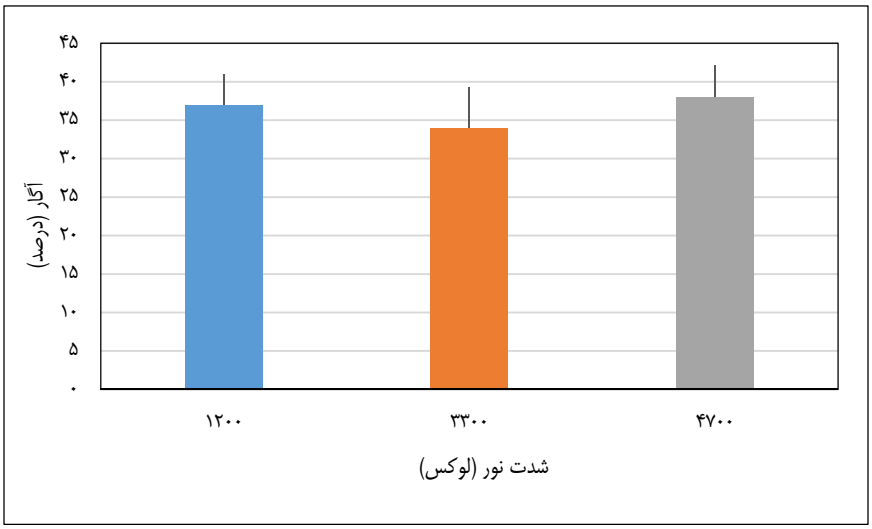
تیمارها/روزها		۰	۷	۱۴	۲۱	۲۸	۳۵	۴۲
شدت نور (لوکس)	۱۲۰۰	۱۹/۷۱±۱/۰۶	۲۱/۰۳±۰/۷۸	۲۳/۰۲±۱/۵۶	۲۲/۸۸±۱/۳۶	۲۳/۰۱±۱/۴۷	۲۳/۴۶±۱/۲۸	۲۴/۵۷±۰/۵۹
	۳۳۰۰	۱۹/۲۳±۲/۹۱	۲۳/۸۲±۰/۳۵	۲۵/۰۱±۰/۷۲	۲۵/۲۹±۰/۲۸	۲۴/۸۴±۰/۸۴	۲۵/۶۷±۰/۴۵	۲۵/۸۱±۰/۴۷
	۴۷۰۰	۲۰/۰۳±۱/۰۶	۲۲/۷۲±۳/۰۴	۲۴/۰۷±۳/۳۱	۲۴/۵۷±۳/۷۵	۲۵/۸۳±۳/۱۰	۲۶/۱۰±۳/۰۶	۲۶/۷۰±۲/۹۷
دوره نوری (تاریکی: روشنایی)	۱۲:۱۲	۱۹/۸۵±۱/۲۸	۲۲/۳۶±۱/۵۹	۲۴/۵۲±۲/۵۴	۲۴/۵۶±۲/۲۳	۲۵/۰۸±۲/۱۱	۲۶/۳۵±۱/۷۷	۲۸/۱۱±۱/۷۱
	۱۴:۱۰	۱۹/۱۳±۰/۲۵	۲۰/۴۱±۰/۳۳	۲۱/۸۰±۰/۷۷	۲۰/۶۷±۱/۹۳	۱۸/۴۹±۲/۲۱	۱۶/۵۹±۱/۸۵	۱۴/۳۴±۱/۸۱
	۱۶:۸	۱۹/۶۱±۱/۶۰	۲۱/۶۰±۱/۸۵	۲۴/۱۴±۱/۷۲	۲۳/۱۶±۳/۴۸	۱۸/۱۹۶±/۷۸	۱۷/۹۷±۱/۶۱	۱۵/۷۷±۲/۵۴
دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۰	۲۱/۲۲±۰/۸۳	۲۵/۶۰±۲/۹۳	۲۵/۱۶±۰/۰۸	۲۵/۶۹±۰/۱۱	۲۶/۲۴±۰/۵	۲۷/۳۷±۰/۴۴	۲۸/۵۱±۰/۸۲
	۲۵	۱۹/۰۵±۱/۱۲	۲۰/۶۴±۰/۶۱	۲۲/۱۸±۰/۳۵	۲۲/۶۹±۰/۷۵	۲۳/۵۱±۰/۵۸	۲۳/۹۸±۰/۵۹	۲۴/۸۱±۰/۴۴
	۳۰	۲۰/۰۲±۱/۶۸	۲۲/۴۰±۱/۲۹	۲۶/۲۷±۴/۸۳	۲۴/۶۷±۰/۱۶	۲۴/۹۱±۱/۱۰	۲۵/۶۱±۱/۶۳	۲۶/۶۸±۰/۶۸

در تیمارهای دوره نوری، بیشترین درصد آگار در دوره ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) به میزان ۳۴ درصد بود (شکل ۵). اختلاف معنی‌دار بین تیمارها مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$).



شکل ۵: درصد آگار جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria salicornia*) در تیمارهای دوره نوری (تاریکی: روشنایی).

بیشترین میزان آگار حاصل از تیمارهای شدت نور در تیمار ۴۷۰۰ لوکس با ۳۸ درصد به دست آمد (شکل ۶).



شکل ٦: درصد آگار جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria salicornia*) در تیمارهای شدت نور.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی اثر عوامل محیطی بر میزان توده زنده و آگار جلبک *Gracilaria salicornia* در محیط آزمایشگاهی به مدت ۶ هفته صورت گرفت. در این تحقیق جلبک *G. salicornia* در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین توده زنده را نشان داد. در تحقیقات انجام‌شده بر روی جلبک *Gracilaria chorda* از جزیره شیکوکو در جنوب غربی ژاپن تحت تغییرات دمایی ۵ درجه سانتی‌گراد تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در یک کشت تک جلبکی در سه هفته موردبررسی قرارگرفته و حداکثر رشد در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد – ۱۸ درجه سانتی‌گراد نشان داده شد (Kakita and Kamishima, 2006). همچنین تحقیقاتی بر روی جلبک‌های *G. chorda* و *Gracilaria verrucosa* در کشور کره نشان داد که افزایش دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای *G. chorda* تمام ساقه‌ها بی‌رنگ شد و *G. verrucosa* دمای بالا را بهتر تحمل می‌کرد و حداکثر رشد برای هر دو گونه دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بوده است. دمای بهینه رشد این دو گونه بین ۳۰ درجه سانتی‌گراد تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و حداکثر رشد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده‌شده است (Choi *et al*., 2006). همچنین تحقیقات بررسی دو گونه از *Gracilaria* در چین به ترتیب نشان داد بهترین دما برای رشد*Gracilaria licheniodes* دمای ۲۱/۳۰ درجه سانتی‌گراد و برای *Gracilaria tenuastipatata* بهترین دمای آب ۲۵/۳۸ درجه سانتی‌گراد گزارش شد (Yougian *et al*., 2009).

مطالعات Chang Lee در ۱۹۹۹ بر روی جلبک *G. tenuastipatata* نشان داد دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد ایجاد استرس کرده و پرولین که یک اسیدآمینه در دیواره سلولی است آزاد و مقدار آن افزایش می‌یابد. این اسیدآمینه نقش اسمزی داشته و افزایش آن با کاهش رشد ارتباط مستقیم دارد. در این تحقیق نیز *Gracilaria salicornia* در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین میزان افزایش توده زنده را نشان داد. بهترین شرایط فتوپریود برای *Gracilaria salicornia* ساعت ۱۲:۱۲(تاریکی: روشنایی) بود. تحقیقات نشان داده است که جلبک *Gracilaria chorda* از جزیره شیکوکو در جنوب غربی ژاپن در دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) بیشترین رشد را داشته (Kakita and Kamishima, 2006). در غرب مدیترانه نیز آزمایشاتی بر روی جلبک *Porphyra linearis* (Rhodophyta) انجام شد و نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) بهترین میزان رشد را نسبت به دوره نوری ۱۴:۱۰ (تاریکی: روشنایی) و ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) از خود نشان می‌دهد.

(Notoya and Sugawara,1999) این شرایط رشد بهینه با گزارش‌ها در مورد *Porphyra leucosicta* سازگاری دارد (Orfanaidis and Haritonidis, 1996; Notoya *et al*., 1993).

رشد جلبک *Gracilaria salicornia* در این تحقیق در شدت نور ۴۷۰۰ لوکس (میکرو مول فتون مترمربع بر ثانیه، معادل فتون‌های نور مؤثر در فتوسنتز در هر ثانیه بر مترمربع است) بوده است. تحقیقات انجام‌شده در چین نشان می‌دهد که در اثر شدت نور بر روی رشد دو گونه از گراسیلاریا Gracilaria *tenuistitata* و *Gracilaria licheniodes* بهترین نرخ رشد، شدت نور ۲۴۰ میکرو مول فوتون بر مترمربع بر ثانیه برای *G. licheniodes* و ۲۰۰ برای *G.* tenuistitata بوده است (Youngjan *et al*., 2009).

در دیگر تحقیقات انجام‌شده در جزیره شیکوکو در جنوب غربی ژاپن حداکثر رشد و تابش فوتون (شدت نور) بهینه برای رشد جلبک *Gracilaria chorda* ۶۰–۱۲۰ میکرو مول فوتون (Kakita and Kamishima, 2006) بوده و جلبک *G. chorda* در فلوریدا به‌شدت نور کم پاسخ داده و شدت نور مناسب برای این‌گونه ۱۰۰–۸۰ میکرو مول فوتون(Orduna-Rojas *et al*., 2002) گزارش‌شده است. تحقیقات نشان می‌دهد که گونه‌های بین جزرومدی در شدت نوری ۲۵۰–۱۵۰ میکرو مول فوتون به اشباع می‌رسد (Lobban and Wynne, 1981). اشباع نوری برای رشد گونه‌های زیر جزر و مدی ۲۰ تا ۸۰ میکرو مول فوتون مشاهده‌شده است؛ بنابراین نور موردنیاز برای رشد آن در حد کمتر می‌باشد (Izquierdo and Perez-Ruzafa, 2002). جلبک *G.salicornia* موردبررسی در منطقه بین جزر و مدی زندگی می‌کند اما در بستر گلی که دارای مواد معلق بسیاری است بوده که باعث کاهش نور رسیده به بستر و این جلبک می‌گردد. درنتیجه این جلبک به نور کمتری از انواع بین جزر ومدی برای رشد نیاز داشته که با نتایج این بررسی همخوانی دارد.

در گونه *G.salicornia* این تحقیق، بیشترین میزان آگار مربوط به ۴۷۰۰ لوکس (۹۴ میکرو مول فوتون بر مترمربع بر ثانیه) با ۳۸ درصد، دوره نوری ۱۲:۱۲ ساعت با ۳۴ درصد و ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۴۵ درصد می‌باشد. گونه *Gelidium pulchellum* در مراکش که یک‌گونه جزر و مدی است و با شدت‌های نوری بالا سازگاری دارد در نورهای ۴۰، ۱۳۰ و ۲۴۰ میکرو مول فوتون میزان آگار تفاوت کمی داشته اما با افزایش نور بیشتر شده و از ۱۴ به ۲۹ درصد رسیده است. گونه *Gracilaria tenuistipitata* در تایلند که در لاگونی با عمق ۰/۵ متر زندگی می‌کند بیشترین بیوماس را در ۷۰۰ میکرو مول و آگار را در ۱۵۰ تا ۴۰۰ میکرو مول با ۲۴/۸ درصد داشته است. این‌گونه تحمل دامنه وسیعی از شدت نور ۱۵۰ تا ۷۰۰ را داشته، افزایش نور باعث افزایش بیوماس و کاهش آگار شده است. کاهش آگار در شدت نوربالا به دلیل این است که کربوهیدرات به میزان کم ذخیره می‌شود (Bunsom, 2010). باید انتظار داشت که با افزایش رشد و فتوسنتز در شدت نوربالا تولیدات فتوسنتزی مستقیماً به سمت سنتز نشاسته پیش می‌روند تا مواد دیواره‌ای مانند آگار (Sousa-Pinto *et al*., 1989).

در گونه *Gelidium robustum* در کالیفرنیا در تابستان و زمستان دارای پیک میزان آگار به میزان ۴۴ درصد بوده که ارتباط معناداری با دما نشان نداده است. چنانچه افزایش آگار در تابستان را به افزایش دما و پیک دوم را در زمستان به نرخ کم‌رشد و درنتیجه سنتز آگار به خرج توده زنده نسبت داده‌اند (Friele-Pelegrin *et al*., 1999). درحالی‌که Oliveira و همکاران در ۱۹۹۶ در برزیل میزان آگار *Pterocladia capillacea* را در اواخر بهار و اوایل تابستان با ۳۲ درصد و کمترین را در زمستان با ۵ درصد گزارش کرده‌اند. همچنین *Gracilaria verrucosa* در تابستان همزمان با بیشترین میزان شدت نور و دما کمترین میزان آگار (Bird and Ryther, 1999) و *Gracilaria gracilis* در آرژانتین بیشترین آگار را در تابستان با ۴۱ درصد داشته‌اند (Martin *et al*., 2006). مطالعات اخیر با تحقیقات Burret و Marinho-Soriano در سال ۲۰۰۳ همخوانی داشته که *Gracilaria bursa –pastoris* در مدیترانه همبستگی مثبت میان آگار و دما را نشان داده‌اند بطوریکه در تابستان بیشترین (۳۶ درصد) و در زمستان کمترین (۲۳ درصد) را نشان داده است.

G.salicornia در تانزانیا بیشترین میزان آگار با ۳۰/۲ درصد در دسامبر و کمترین را در آوریل داشته است. میزان آگار با شوری و دما همبستگی داشته در طی فصول بارانی به دلیل میزان کم‌نور آگار کمی نیز تولیدشده است. در صورت وجود استرس، سلول پلی ساکاریدها را از سلول دفع کرده و حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد محصولات فتو سنتزی را از دست می‌دهد (Buriyo and Kivais, 2003).

طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده نشاسته فلوریدان که ذخیره اصلی کربن پلیمر در جلبک‌های قرمز است و فلوریدوزید که مولکول کم‌وزن اصلی در محصولات فتوسنتز است در طی فاز نورانی تجمع پیداکرده و در تاریکی برای سنتز پلی ساکاریدهای دیواره سلولی مصرف می‌شود (Beck and Ziegler,1989). به همین دلیل بین دوره‌های فتوپریود آزمایش‌شده، در تیماری که بیشترین طول دوره تاریکی (۱۲ ساعت) را داشته حداکثر درصد آگار به‌دست‌آمده است.

به دلیل روش‌های مختلف استخراج و تعیین مقادیر، امکان مقایسه کامل میان میزان آگار وجود ندارد (Kapraun *et al*., 1994). طبق نتایج حاصل از تحقیقات دیگر، *Gracilaria verrucosa* ۳۵ درصد (Skriptsova *et a*l., 2001)، *Gelidium sesquipedalp* ۲۵-۳۵ درصد، *Gelidium cannariensis* ۲۳ درصد (Freile pelegrin *et al*., 1995)، *G. bursa pastoris* ۲۳/۸ درصد، *G. dura* ۳۳/۵ درصد، *Gracilaria gracilis* ۳۰ درصد، *G. cornea* ۲۹ تا ۴۱ درصد، *Gracilaria cervicornis* ۲۰-۱۱ درصد (Marinho-soriano *et al*., 2001) *G. chilensis* ۲۰-۱۷ درصد (Buschmann *et al*., 1995)، *Gracilariopsis lemaneiformis* ۳۵/۸ درصد، *Gracilaria changi*i ۲۵ درصد، *Gracilaria chilensis* ۴۳ درصد (Chirapart *et al*., 2006)، *Gracilaria lemaneiformis* ۱۵ درصد (Niu *et al*., 2013)، *Gracilaria verrucosa* ۲۶ درصد (Sahu and Sahoo, 2013) و *Gracilaria gracilis* ۴۱ درصد (Lucas *et al*., 2013) را داشته‌اند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق به‌منظور استفاده خوراکی این جلبک را می‌توان در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و برای به دست آوردن آگار بیشتر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۴۷۰۰ لوکس و دوره نوری ۱۲:۱۲ پرورش داد. میزان آگار به‌دست‌آمده از *G. salicornia* در این تحقیق از محیط طبیعی ۲۰ درصد در هنگام نمونه‌برداری و حداکثر به‌دست‌آمده از تیمارهای آزمایشگاهی ۴۵ درصد می‌باشد که بیشتر از محصولات تجارتی (۲۵-۱۷ درصد) (Freile pelegrin *et al*., 1999) است و آن را در ردیف یکی از جلبک‌های تجاری قرار می‌دهد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله صمیمانه از مسئول محترم آزمایشگاه دانشکده علوم و فنون دریایی، سرکار خانم مهندس وکیلی، تشکر می‌نمایند.

منابع

ربیعی، ر.، اسدی، م.، سهرابی پور، ج.، نژاد ستاری، ط. و مجد، ا.، ۱۳۸۰. خصوصیات ریخت‌شناسی و تشریحی جلبک *Gracilaria salicornia* در سواحل خلیج فارس-جزیره قشم، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۵، صفحات: ۵۳-۴۷.

رفیعی، ف.، نجات خواه، پ. و سلمان زاده، ن.، ۱۳۹٤. بررسی تغییرات شوری، آمونیوم و سیتوکینین بر توده زنده و میزان آگار جلبک قرمز *Gracilaria corticata*. مجله اقیانوس‌شناسی. ۶-۲۱: صفحات: ۱۱۵-۱۰۷.

رضایی، م. ب. و جایمند، الف.، ۱۳۷٦. آگارگار. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۱۶۵ ص.

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

علوی، ا.، ۱۳۷٦. 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.

Bird, K. T. and Ryther, J. H., 1990. Cultivation of *Gracilaria verrucosa* (Gracilariales, Rhodophyta) Strain G-16 for agar.
Hydrobiologia, 204-205(1):347 - 351

Bunsom, Ch., 2010. Effects of salinity, light intensity and sediments on growth, pigments and agar production and reproduction in Gracilaria tenuistipitata at Koh Yor,Sogkhela Lagoon,Sogkhle province,Thailand, Thesis,Master of Science in Botany,Prince of Songkhla University,76 p.

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

Buriyo, S. and Kivaisi, A. K., 2003. Standing Stock, Agar Yield and Properties of Gracilaria.
salicornia Harvested along the Tanzanian Coast. Western Indian Ocean Journal of marine Science, 2(2): 171–178.

Carmona, R., Vergara, J. J., Lahaye, M. and Niell, F. X., 1998. Light quality affects morphology and polysaccharide yield and composition of Gelidium sesquipedale (Rhodophyceae). Journal of Applied Phycology. 10: 323-331.

Chio, H. G., Kim, Y. S., Kim J. H., Lee, S. L., Park, E. J., Rya, J. and Nam, K. W., 2006. Effect of temperature and salinity on the growth of *Gracilaria verrucosa* and *Gracilaria chorda*, with the potential for mariculture in korea. Journal of Applied phycology. 18:267-277.

Chirapart, A., Munkit, J. and Lewmanomont, K., 2006. Changes in Yield and Quality of Agar from the Agarophytes, *Gracilaria fisheri* and *G. tenuistipitata* var. *liui* Cultivated in Earthen Ponds, National Science. 40: 529 – 540.

Dawes, C. J., 1997. Marine Botany. John Wlley & Sons. NewYork. 480P.P.

Kakita, H. and Kamishima, H., 2006. Effects of environmental factors and metal ions on growth of the red alga *Gracilaria chordaHolmes* (Gracilariales, Rhodophyta). Journal of Applied Phycology, 18:469-474.

Freile-Pelegr´in, Y., Robledo, D. and Serviere-Zaragoza, E., 1999. *Gelidium robustum* agar: quality characteristics from exploited beds and seasonality from an unexploited bed at Southern Baja California, M´exico. Hydrobiologia, 398/399: 501–507.

Izquierdo, J. L. and Perez-Ruzafa, I. M., 2002. Effect of temperature and photon fluencerate on gametophytes and young sporophytes of *Laminaria ochroleuca pyiaie*. Marine Research, 55:285- 292.

Lee, T. M. and Chang, Y. C., 1999. An increase of ornithine o-aminotranferase me of
proline synthesis in relation to high-temperature injury in Gracilaria tenuistipitata (Gigartinales, Rhodophyta). Journal of Phycology 35: 84-88.

Lobban Ch., S. and Wynne, M., 1981. Ecology and boilogy of seaweeds. University of California press. 786PP.

Lucas, A., Martín, L. A., Rodríguez, M. C., Matulewicz, M. C., Fissore, E. N., Gerschenson L. N. and Leonardi P. I., 2013. Seasonal variation in agar composition and properties from Gracilaria gracilis (Gracilariales, Rhodophyta) of the Patagonian coast of Argentina. Phycological Research. 61(3):163–171.

Martins, A. P., Yokoya, N. S., Carvalho, M. A. N. and 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,

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

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

Niu, J., Xu, M., Wang, G., Zhang, K. and Peng, G., 2013. Comprehensive extraction of agar and r-phycoerythrin from *Gracilaria lemaneiformis* (Bangiales,Rhodophyta).Indian Journal of geomarine sciences.42-1:21-28.

Notoya, M., Kikuchi, N., Matsuo M., Aruga Y. and Miura, A., 1993.culture studies of four species of *porphyra* from Japan. Nippon Suisan Gakkaishi Bulletin. 59: 431–436.

Notoya, M. and Sugawara, S., 1999. Influence of temperature and photoperiod on the life history of Porphyra variegata (Kjellman) Kjellman (Bangiales, Rhodophyta) in culture". Nippon Suisan Gakkaishi, 65:1: 55-59.

Nejrup, L.,B., Staehr P. A. and Thomsen, M. S., 2013.Temperature- and light-dependent growth and metabolism of the invasive red algae Gracilaria vermiculophylla – a comparison with two native macroalgae. European Journal of Phycology. 48- 3: 295-308.

Orduna, R. J., Robled, D. and Dawes, C. J., 2002. Studies on the tropical agarophyte *Gracilaria cornea* from Yucatan Mexico. I. Seasonal physiological and biochemical responces. Botanica Marina. 45: 453 – 458.

Orfanidis, S. and Haritonidis, S., 1996. Effect of acclimation temperature on temperature responses of Porphyra leucosticta and Enteromorpha linza from the Gulf of Thessaloniki, Greece. Helgoländer Meeresuntersuchungen 50: 1-13.

Oliveira, E. C., Saito, R. M., Santos Neto J. F. and Garófalo G. M. C., 1996. Temporal and spatial variation in agar from a population of *Pterocladia capillacea* (Gelidiales, Rhodophyta) from Brazil,Hydrobiologia, 326-327(1):501 - 504

Sahu, N. and sahoo, D., 2013. Study of Morphology and Agar Contents in Some Important Gracilaria Species of Indian Coasts. American Journal of Plant Sciences. 4: 52-59

Skriptsova, A. V., Titlyanova, T. V. and 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) Bot. Mar. 45: 196–209.

Sousa-Pinto, I., Murano E., Coelho, S., Felga, A. and Pereira, R., 1999. The effect of light on growth and agar content of *Gelidium pulchellum* (Gelidiaceae, Rhodophyta) in culture
Hydrobiologia 398/399: 329–338.

Westermeier, R., Gomez, I. and Rivera, P., 1993. Suspended farming of *Gracilaria Chilensis* (Rhodophyta, Gigartinales) at Cariquilda River, Maullin, Chile, Aquaculture 113:215-229
www.Seaweed Industry, 2003.

Yongjian, X., Wei, W. and Jianguang, F., 2009. Effect of salinity, light and temperature on growth rates of two species of *Gracilaria* (Rhodophyta). Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 67:123-130.