بررسی اثر دما، دوره نوری و شدت نور بر رشد جلبک *Gracilaria salicornia (Gracilariales, Rhodophyta)* در محیط آزمایشگاهی

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

۱، ۲ و ۳- گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۴- سازمان شیلات ایران، جزیره قشم

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲

چکیده

جلبک قرمز *Gracilaria salicornia* از سواحل جزیره قشم در خلیج فارس در شهریور ۱۳۸۹ نمونه برداری شد. به منظور دستیابی به بهترین شرایط رشد جلبک گراسیلاریا، اثر تغییرات دما، دوره نوری و شدت نور در یک دوره ۶ هفته‌ای، در شرایط آزمایشگاهی و در آکواریوم‌های ۴۰×۳۰×۶۰ سانتی‌متر (۲۰ لیتر) با روش معلق در ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی)،۱۴:۱۲ (تاریکی: روشنایی)، ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) و شدت نور ۴۷۰۰، ۳۳۰۰ و ۱۲۰۰ لوکس مورد بررسی قرار گرفتند. جلبک‌ها در روزهای ۷، ۱۴، ۲۸، ۳۵ و ۴۲ برداشته شده و طول، عرض و وزن آنها اندازه‌گیری و رشد نسبی محاسبه شد. نتایج نشان داد که دما، دوره نوری و شدت نور اثر معنی‌داری (P<۰/۰۵) بر روی رشد جلبک *G. salicornia* داشت و بیشترین رشد نسبی در تیمار دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) با ۲/۴۶ درصد مشاهده شد.

واژگان کلیدی: Gracilaria *salicornia*، دما، دوره نوری، شدت نور، خلیج فارس

* نگارنده پاسخگو: kermanshahi_hourieh@yahoo.com

مقدمه

جلبک‌ها به عنوان بخش مهمی از فلور منطقه جزر و مدی و تولید کنندگان اولیه اکوسیستم‌های دریایی محسوب می‌شوند.

تنوع گونه‌ای آن‌ها در نواحی جزر و مدی اقیانوس‌ها و دریاها تابع عوامل جغرافیایی و اقلیمی حاکم بر آن مناطق می‌باشد (Webber & Thurman, 1991) جلبک‌ها علاوه بر نقش تولیدکنندگی در زنجیره غذایی اکوسیستم‌های آبی به واسطه دارا بودن مواد کلوئیدی نیز دارای کاربردهای بسیار گسترده‌ای در ابعاد صنعتی و غیر صنعتی می‌باشند. از جمله مواد کلوئیدی جلبک‌ها می‌توان به پلی ساکارید هایی همچون آگار (Agar)، کارجینان (Carageenean)، آلژینات (Alginate) اشاره نمود که دارای ارزش و اهمیت اقتصادی فراوانی می‌باشد.

جلبک‌های قرمز به ویژه گونه‌های جنس گراسیلاریا از منابع اصلی استخراج آگار در جهان محسوب می‌شوند که به واسطه رشد سریع و داشتن خاصیت ژل زیاد بیش از سایر آگاروفیت‌ها مورد توجه می‌باشد. (Chapman & Chapman, 1980) از لحاظ داروئی نیز وجود ترکیبات ضد ویروسی و ضد توموری برای اعضای این جنس گزارش شده است (Molles, 1999). کاشت جلبک‌های دریایی در بسیاری از کشورهای جنوب شرق آسیا، استرالیا، هندوستان، آمریکای جنوبی و بعضی از کشورهای آفریقایی از اهمیت ویژه‌ای بر خوردار است (Landau,1992). امروزه به دلیل افزایش مصرف آگار در دو دهه گذشته، سطح زیر کشت و تولید جلبک گراسیلاریا در کشورهای تولید کننده افزایش یافته است (Pizzaro & Barales,1986). به همین دلیل پژوهش‌های متعددی در بررسی شرایط بهینه رشد در گراسیلاریا صورت گرفته است. Chio و همکاران در سال ۲۰۰۶ در ژاپن اثر دماهای مختلف بین ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد را بر روی رشد *Gracilaria chorda* مطالعه نمودند و همچنین تأثیر دوره نوری بر رشد همین جلبک در سال ۲۰۰۶ در چین مورد بررسی قرار گرفت (Kakita & Yougian Kamishima, 2006) . و همکاران نیز دو گونه مختلف*Gracilaria lichenoides* و *Gracilaria tenuistipatata* را در تیمارهای دمایی مختلف مطالعه نمودند (Yougian *et al*., 2009) تأثیر شدت نور بر رشد جلبک قرمز *Gracilaria cornea* در یک دوره رشد شش هفته‌ای توسط Orduna و همکاران در سال ۲۰۰۲ بررسی شده است.

با توجه به گستردگی سواحل جنوبی کشور در امتداد آب‌های خلیج فارس و دریای عمان ارزیابی و شناسایی پتانسیل گونه‌های جلبکی، تعیین میزان تولید و زی توده آنها موضوع بسیار مهمی محسوب می‌شوند که می‌توانند در برنامه ریزی برای حفظ و بهره برداری علمی و اقتصادی از ذخایر دریایی کشور، نیز اعمال و مدیریت کار آمد مورد توجه قرار گیرد. کاشت جلبک در کشور ما بیشتر در شرایط آزمایشگاهی و با جلبک‌های تک سلولی انجام می‌شود و اطلاعات دقیقی از کاشت و تکثیر جلبک‌های پر سلولی در دسترس نمی‌باشد. از آنجایی که بسیاری از سواحل جنوبی ایران دارای شرایط مناسب برای رشد جلبک‌های پر سلولی هستند (فیلی زاده،۱۳۸۰)، انتخاب مناسب‌ترین روش به منظور تعیین بهترین شرایط پرورش و بررسی اثر عوامل محیطی بر رشد جلبک‌های قرمز دارای اهمیت زیادی می‌باشد. از این رو در تحقیق حاضر رشد جلبک قرمز *Gracilaria salicornia* در شرایط مختلف دمایی، شدت نور و زمان تابش نور در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

شمال شرق جزیره قشم در غرب روستای کووه‌ای با محدوده جغرافیایی "۸۷ '۵۹ °۵۵ طول شرقی و "۲۴ '۵۷ °۲۶ عرض شمالی رویشگاه بسیار مناسبی برای جلبک قرمز *Gracilaria salicornia* بوده و این

ماکروجلبک به صورت انبوه در این منطقه حضور دارد. نمونه برداری از جلبک در شهریور ماه ۱۳۸۹ در زمان بیشترین جزر انجام شد. جلبک‌ها از ناحیه اتصال به رسوبات با دست از بستر جدا شدند و مواد زاید احتمالی روی آنها توسط آب دریا شستشو و درون کیسه‌های نایلونی حاوی آب دریا به تهران منتقل شدند.

پرورش جلبک

در آزمایشگاه ۲۷ آکواریوم با ابعاد ۴۰×۱۵×۶۰cm، (طول، عرض، ارتفاع) آماده شد و با استفاده از پمپ مرکزی، هوای مورد نیاز پرورش برای جلبک تأمین شد. آکواریوم‌ها تا حجم ۲۰ لیتر با آب شهری آبگیری شده و به وسیله نمک سنتتیک، شوری ۳۵ ppt تهیه شد. نور توسط لامپ‌های مهتابی بالای آکواریوم‌ها و با استفاده از دستگاه لوکس متر تنظیم گردید. سپس آکواریوم‌ها توسط ورقه‌های ضخیم آلومنیوم فویل پوشیده شدند. برای رشد گروه شاهد شرایط استاندارد، نور ۴۷۰۰ لوکس، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شوری ۳۵ppt و دوره نوری ۱۲:۱۲(تاریکی: روشنایی) تأمین گردید. نمونه‌های جلبکی توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده سپس طول آنها از ناحیه پایه تا بلندترین انشعاب و عرض آن‌ها به طور دقیق به سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. جلبک‌ها به صورت معلق به طناب‌های نایلونی تعبیه شده با فواصل مساوی و به تعداد ۸ نمونه در هر آکواریوم قرار داده شد و آب آکواریوم‌ها هر هفته تعویض می‌شد. گروه‌های تیمار با دماهای ۳۰، ۲۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد، دوره نوری ۱۲:۱۲، ۱۰:۱۴، ۸:۱۶ (تاریکی: روشنایی) و شدت نور ۴۷۰۰، ۱۲۰۰، ۳۳۰۰ لوکس و با سه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد (در هر تیمار شرایط دیگر رشد مطابق گروه شاهد بود). جلبک‌ها به مدت ۶ هفته پرورش یافته و در روزهای ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ طول، عرض و وزن آنها سنجیده شد و مجدداً به محل خود در آکواریوم‌ها برگردانده شدند و در روز ۴۲ برای آخرین بار بیومتری گردیدند. درصد رشد نسبی (RGR) با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد: (Rueness & Tananger, 1984)

فرمول (۱):

$$RGR = \frac{Lnw2 - Lnw1}{t2 - t1} \times 100$$

w2:وزن در زمان ۲

w1: وزن در زمان ۱

t2-t1 فاصله زمانی:

آنالیز آماری

به منظور بررسی آماری نتایج از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. همچنین مقایسه عوامل محیطی بر رشد جلبک مورد مطالعه توسط آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA و با استفاده از آزمون توکی بین تیمارهای مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف دمایی، دوره نوری و شدت نور در طول ریسه‌های گراسیلاریا در جدول (۱) ارائه شده است. آنالیزهای آماری نشان دادند که بین میزان تغییرات طول در تیمارهای مختلف دما از روز صفر تا ۲۱ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. طول ریسه‌ها در بین تیمارهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P\geq ۰/۰۵$).

جدول۱- تغییرات طول ریسه‌های گراسیلاریا در تیمارهای دما، دوره نوری و شدت نور (انحراف معیار± میانگین).

تیمارها / روزهای پرورش	۴۲	۳۵	۲۸	۲۱	۱۴	۷	۰
۲۰ درجه سانتی‌گراد	۵/۸۴±۰/۶۳	۵/۷۲±۰/۶۶	۵/۶۵±۰/۶۶	۵/۶۱±۰/۷۲	۵/۳۸±۰/۵۸	۵/۱۷±۰/۶۴	۴/۸۵±۰/۵۷
۲۵ درجه سانتی‌گراد	۵/۸۶±۰/۵۵	۵/۷۵±۰/۵۳	۵/۶۵±۰/۵۵	۵/۵۱±۰/۴۷	۵/۲۹±۰/۵۰	۵/۰۷±۰/۵۱	۴/۷±۰/۵۱
۳۰ درجه سانتی‌گراد	۵/۹۷±۰/۶۳	۵/۹۴±۰/۸۵	۵/۸۲±۰/۸۵	۵/۷۲±۰/۸۰	۵/۵۴±۰/۸۱	۵/۲۸±۰/۷۱	۴/۹۱±۰/۵۵
۱۲:۱۲ دوره نوری	۶/۱±۰/۷۳	۵/۹۷±۰/۶۹	۵/۸۲±۰/۷۲	۵/۶۴±۰/۶۰	۵/۵۲±۰/۵۶	۵/۲۶±۰/۴۰	۴/۹۷±۰/۴۵
۱۴:۱۰ دوره نوری	۵/۲۵±۰/۶۰	۵/۲۵±۰/۶۰	۵/۲۵±۰/۶۰	۵/۲۵±۰/۶۰	۵/۲۲±۰/۵۹	۵/۰۹±۰/۵۶	۴/۸۲±۰/۶۰
۱۶:۸ دوره نوری	۵/۲۴±۰/۶۰	۵/۴۲±۰/۶۰	۵/۴۲±۰/۶۰	۵/۴±۰/۶۰	۵/۲۶±۰/۵۸	۵/۰۶±۰/۵۳	۴/۷±۰/۵۲
۱۲۰۰ لوکس شدت نور	۵/۶۳±۰/۵۹	۵/۶۲±۰/۶۰	۵/۵۵±۰/۵۹	۵/۵۲±۰/۵۸	۵/۴۶±۰/۵۶	۵/۲۱±۰/۵۲	۵/۰۴±۰/۵۵
۳۳۰۰ لوکس شدت نور	۵/۸۲±۰/۷۵	۵/۷۵±۰/۷۱	۵/۷±۰/۷۳	۵/۶۲±۰/۵۹	۵/۳۸±۰/۵۷	۵/۲۷±۰/۵۴	۵/۰۳±۰/۵۸
۴۷۰۰ لوکس شدت نور	۴/۴۸±۰/۸۱	۵/۳۸±۰/۸۱	۵/۳±۰/۸۳	۴/۸۶±۰/۷۵	۴/۷۹±۰/۸۱	۴/۶۶±۰/۸۰	۴/۴۷±۰/۷۹

طول ریسه‌ها بین تیمارهای دوره نوری ۱۲:۱۲ و ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) دارای اختلاف معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۵$). آنالیزهای آماری نشان دادند که طول ریسه‌ها در شدت‌های نوری ۱۲۰۰ و ۴۷۰۰، ۳۳۰۰ و ۴۷۰۰ اختلاف معنی‌دار داشت است و بین روزهای ۴۲ با ۷ و ۳۵ با ۱۴ نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده شد.

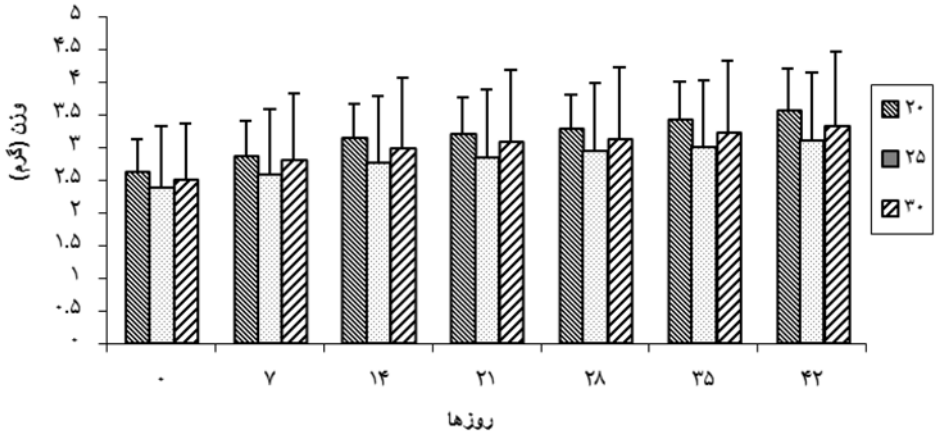
نتایج حاصل از تیمارهای مختلف دمایی، دوره نوری و شدت نور در عرض ریسه‌های گراسیلاریا در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول۲- تغییرات عرض ریسه‌های گراسیلاریا در تیمارهای دما، دوره نوری و شدت نور (انحراف معیار± میانگین)

تیمارها / روزهای پرورش	۴۲	۳۵	۲۸	۲۱	۱۴	۷	۰
۲۰ درجه سانتی‌گراد	۷/۴۳±۱/۲۱	۷/۱۹±۱/۲۳	۶/۹۳±۱/۱۹	۶/۹۴±۱/۱۴	۶/۷۴±۱/۲	۶/۲۹±۱/۰۶	۵/۸۵±۱/۰۲
۲۵ درجه سانتی‌گراد	۶/۵۱±۱/۳۳	۶/۳۱±۱/۳۲	۶/۰۸±۱/۳۳	۵/۹۳±۱/۳۲	۵/۷۳±۱/۳۱	۵/۵۶±۱/۲۶	۵/۲۵±۱/۲۸
۳۰ درجه سانتی‌گراد	۷/۱۴±۱/۵۷	۷/۱۷±۱/۶۰	۶/۹۴±۱/۶۲	۶/۸۷±۱/۴۵	۶/۷±۱/۴۳	۶/۴۲±۱/۳۹	۶/۰۸±۱/۴
۱۲:۱۲ دوره نوری	۷/۴۶±۱/۴۶	۷/۰۶±۱/۴۵	۶/۷۳±۱/۴۴	۶/۵۳±۱/۳۱	۶/۳۲±۱/۲۲	۶/۰۶±۱/۱۹	۵/۷۳±۱/۲۲
۱۴:۱۰ دوره نوری	۵/۵۱±۱/۰۷	۵/۵۱±۱/۰۷	۵/۵۱±۱/۰۸	۵/۵۱±۱/۰۸	۵/۴۲±۱/۰۷	۵/۲۹±۱/۰۷	۵/۱۱±۱/۰۴
۱۶:۸ دوره نوری	۶/۲۷±۱/۵۲	۶/۲۷±۱/۵۰	۶/۲۵±۱/۴۹	۶/۲۵±۱/۴۹	۶/۴۹±۱/۱۳	۶/۱۷±۱/۱۲	۵/۹۵±۱/۱۵
۱۲۰۰ لوکس شدت نور	۶/۵۵±۰/۸۳	۶/۳۲±۰/۸۲	۶/۱۲±۰/۸۱	۶/۰۶±۰/۸۱	۶/۰۰±۰/۷۸	۵/۷۶±۰/۷۱	۵/۴±۰/۷۸
۳۳۰۰ لوکس شدت نور	۷/۱۱±۱/۳۹	۶/۹۶±۱/۳۹	۶/۸۰±۱/۴۴	۶/۷۰±۱/۴۶	۶/۵۵±۱/۴۴	۶/۳۲±۱/۳۷	۵/۹۲±۱/۲۸
۴۷۰۰ لوکس شدت نور	۶/۹۶±۱/۲۰	۶/۷۲±۱/۲۱	۶/۵۱±۱/۱۹	۶/۲۰±۱/۱۸	۶/۰۹±۱/۱۷	۵/۹۵±۱/۱۷	۵/۵۱±۱/۱۲

آنالیزهای آماری نشان دادند که بین عرض ریسه‌ها در تیمارهای مختلف دمایی فقط بین روزهای ۴۲ با ۷ و ۳۵ با ۱۴ اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P\leq ۰/۰۵$). در عرض ریسه‌ها بین تیمارهای دمای ۲۰، ۲۵ و ۳۰

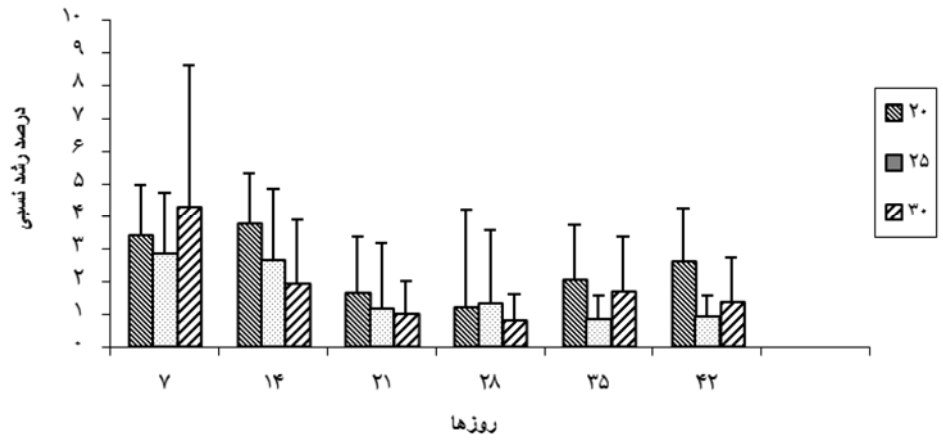
درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. همچنین، عرض ریسه‌ها بین تیمارهای دوره نوری ۱۰: ۱۴ و ۱۲:۱۲، ۱۴:۱۰ و ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) اختلاف معنی‌دار داشت. بررسی تیمارهای مختلف شدت نور بر تغییرات عرض ریسه در مدت ۴۲ نشان داد که تنها بین روزهای ۰ با ۷، ۳۵ با ۱۴ و بین تیمارهای ۱۲۰۰ و ۳۳۰۰ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. نتایج حاصل از تیمارهای مختلف دمای ۲۰، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر تغییرات وزن ریسه در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل۱- تغییرات وزن ریسه‌های *G. salicornia* در تیمارهای دمایی از روز صفر تا ۴۲ (آنتنک‌ها نشانه انحراف معیار است)

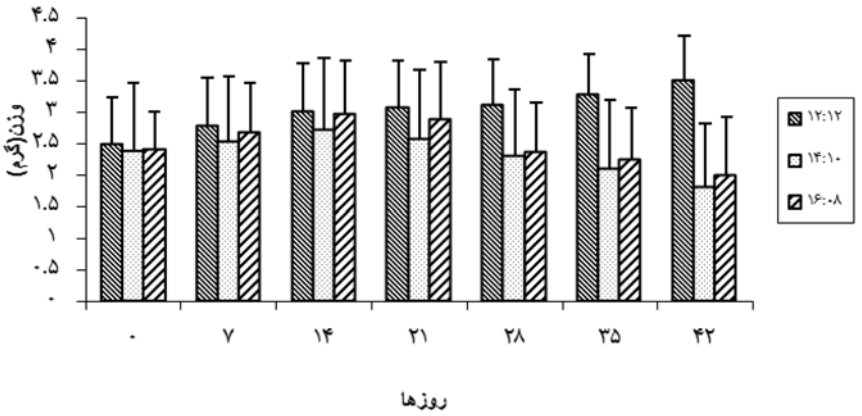
نتایج آماری نشان داد که وزن ریسه‌ها در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد دارای اختلاف معنی‌داری بودند و وزن ریسه‌ها تنها بین روزهای صفر با بقیه روزها و روزهای ۷ با ۳۵ و ۷ با ۴۲ اختلاف معنی‌دار داشته است ($P\leq ۰/۰۵$). میانگین وزن ریسه‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد از ۲/۵۱ به ۳/۳۳ گرم از روز صفر تا ۴۲ افزایش داشت.

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف دمایی بر درصد رشد نسبی ریسه‌ها نشان داد که رشد نسبی ریسه‌ها تا روز ۲۱ دارای اختلاف معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۵$) و از روز ۲۱ تا ۴۲ بین وزن ریسه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲).



شکل۲- تغییرات درصد رشد نسبی ریسه‌های *G. salicornia* در تیمارهای دمایی از روز صفر تا ۴۲

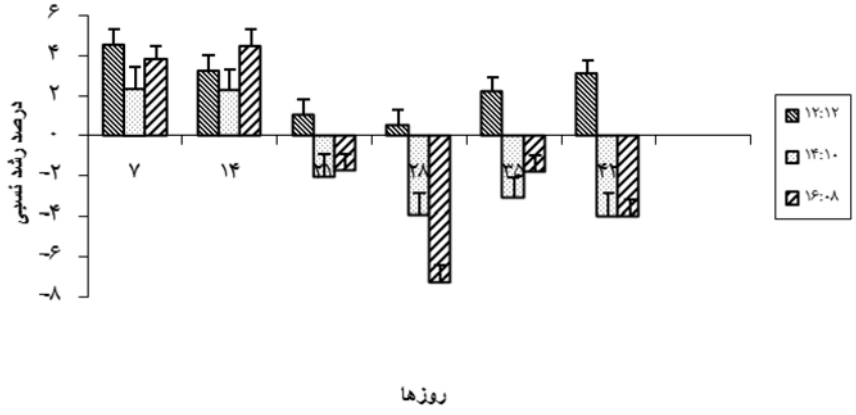
میانگین وزن ریسه‌ها در دوره‌های نوری مختلف در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل۳- تغییرات وزن ریسه‌های *G. salicornia* در تیمارهای دوره نوری از روز صفر تا ۴۲

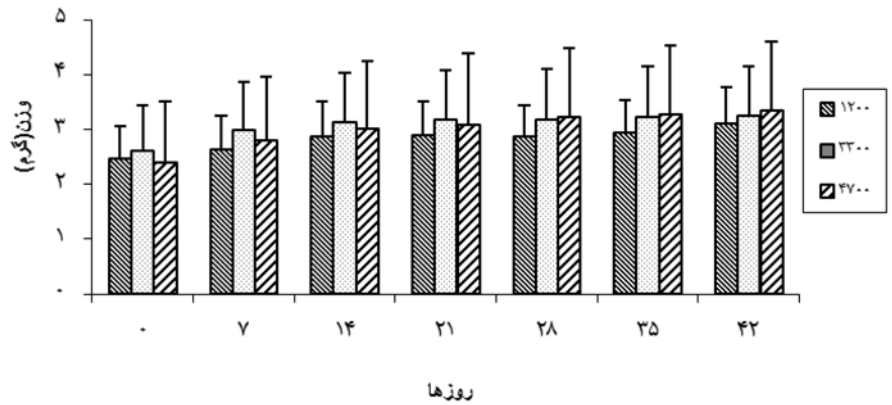
شکل (۳) نشان می‌دهد که وزن ریسه‌های گراسیلاریا در دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) از ۲/۵ به ۳/۵۱ گرم و در تیمار دوره نوری ۱۴:۱۰ (تاریکی: روشنایی) از ۲/۳۸ به ۱/۸۱ گرم و در تیمار دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) از ۲/۴۱ به ۲ گرم در روز ۴۲ رسیده است. آنالیزهای آماری نشان دادند که بین وزن ریسه‌ها در تیمارهای مختلف دوره نوری فقط بین روزهای ۴۲ با ۱۴، ۳۵ با ۲۱ و ۴۲ با ۲۱ اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P\leq ۰/۰۵$) .

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف دوره نوری ۱۲:۱۲، ۱۴:۱۰ و ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) بر درصد رشد نسبی ریسه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت و تنها در روزهای ۱۴ با ۷، ۳۵ با ۲۱، ۴۲ با ۲۱ و ۴۲ با ۳۵ اختلاف معنی‌دار به دست نیامد (شکل ۴).



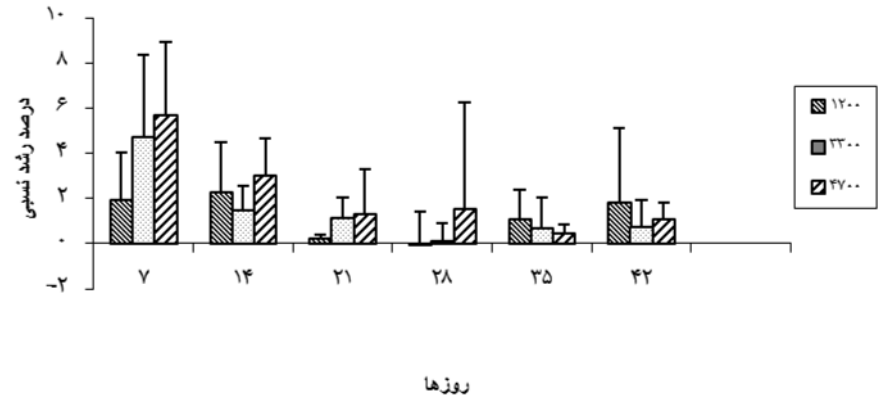
شکل۴- تغییرات درصد رشد نسبی ریسه‌های *G. salicornia* در تیمارهای دوره نوری از روز صفر تا ۴۲

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف شدت نور بر تغییرات وزن ریسه نشان داد، میانگین وزن ریسه‌ها در شدت نور ۱۲۰۰ لوکس از ۲/۴۶ به ۳/۱۱ گرم و در تیمار شدت نور ۳۳۰۰ لوکس از میانگین ۲/۶ به ۳/۲۴ گرم و در شدت نور ۴۷۰۰ لوکس از ۲/۴ به ۳/۳۳ گرم از روز صفر تا ۴۲ افزایش یافته است (شکل ۵).



شکل۵- تغییرات وزن ریسه‌های *G. salicornia* در تیمارهای شدت نور از روز صفر تا ۴۲

بین تیمارهای شدت نور در وزن ریسه‌ها بین شدت نور ۱۲۰۰ و ۳۳۰۰ لوکس اختلاف معنی‌دار دیده شد ($P\leq ۰/۰۵$) نتایج حاصل از تیمارهای مختلف شدت نور ۱۲۰۰، ۳۳۰۰ و ۴۷۰۰ لوکس بر در صد رشد نسبی ریسه‌ها در مدت ۴۲ روز نشان داد که از روز ۱۴ بین وزن ریسه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. تغییرات رشد نسبی جلبک گراسیلاریا در شدت نورهای مختلف در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل۶- تغییرات درصد رشد نسبی ریسه‌های *G. salicornia* در تیمارهای شدت نور از روز صفر تا ۴۲

بحث و نتیجه‌گیری

عوامل محیطی مانند دما بر روی رشد جلبک‌ها تأثیر گذارند. دما بر روی pH سلولی و بنابراین فعالیت آنزیمی، سیستم کربنات و دانستیه آب اثر گذاشته و نمو گیاهان را کنترل می‌کند.

دما بر روی فتوسنتز، فعالیت کربنیک آنهیدراز، انتقال فعال CO_2 و HCO_3 کنترل داشته و میزان ماده در مسیر تثبیت کربن را تعیین می‌کند و در نهایت بر روی رشد اثر می‌گذارد (Kakita & Kamishima, 2006). دمای مطلوب در بین گونه‌های مختلف متفاوت است (Yougian *et al.*, 2009; Kakita & Kamishima, 2006). تحقیقات نشان می‌دهند که دمای متوسط برای رشد ماکروجلبک‌های مناطق حاره و معتدله گرم بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است (Orfanaidis & Haritonidis, 1996). در تحقیق حاضر، جلبک *G. salicornia* در دمای ۲۰ درجه

سانتی‌گراد بیشترین رشد را نشان داد. میزان رشد نسبی در تیمارهای مختلف دما تا روز ۲۱ نیز معنی‌دار بود و از روز ۲۱ تا ۴۲ در رشد نسبی ریسه‌ها اختلاف معنی‌دار دیده نشد. تحقیقات دیگر، یافته‌های پژوهش حاضر را تأیید می‌کند مانند جلبک *Gracilaria chorda* از جزیره شیکوکو در جنوب غربی ژاپن که تحت تغییرات دمایی ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در یک کشت تک جلبکی مورد بررسی قرار گرفت و بیشترین رشد آن در دمای ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. نتایج تحقیق اشاره شده نشان داد که دما تأثیر قابل توجهی بر روی نرخ رشد جلبک در طول ۳ هفته داشته است، به طوری که نرخ رشد *G. chorda* از ۱۳ درصد در ۵۰ درجه سانتی‌گراد تا ۱۲/۳ درصد در روز در ۲۰ سانتی‌گراد متغیر بود (Kakita & Kamishima, 2006). همچنین Yougian و همکاران نشان دادند که بهترین دما برای رشد *G. licheniodes* در ۲۱/۳۰ و برای جلبک *G. tenuastipatata* ۲۵/۳۸ درجه سانتی‌گراد بوده است (Yougian *et al*., 2009) که با نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر بسیار نزدیک است. در تحقیق حاضر بالاترین دمای بررسی شده ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود و با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، میزان طول، عرض و وزن بخصوص درباره وزن از روز ۷ به بعد در جلبک گراسیلاریا افزایش یافته بود (جدول‌های ۱ و ۲ و شکل ۱). لیکن مطالعات متعددی نشان داده است که با افزایش بیشتر دما مشکلاتی در جلبک ایجاد می‌گردد و می‌تواند به افزایش رشد نسبی منجر نشود، مانند تحقیق Chio و همکاران که بر روی جلبک‌های *G. chorda* و *G. verrucosa* انجام شده است، نشان دادند که افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد در جلبک *G. chorda* سبب بی‌رنگ شدن ساقه‌ها می‌شود، در حالی که *G. verrucosa* دمای بالا را بهتر تحمل کرده بود، دمای بهینه رشد این دو گونه بین ۱۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بیشترین رشد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد، علاوه بر آن نرخ رشد نسبی از ۰/۱۹ تا ۴/۴۷ درصد در جلبک *G. chorda* و ۱/۵۹ تا ۴/۹۵ درصد در روز در *G. verrucosa* متغیر بود. به طور کلی تفاوت‌های قابل توجهی در نرخ رشد نسبی هر یک از گونه‌ها در تیمارهای مختلف دما به دست آمده بود، ولی با افزایش دما تفاوتی در رشد نسبی دیده نشده بود (Chio *et al*., 2006). این نتایج، یافته‌های تحقیق حاضر را تأیید می‌نماید.

در همین راستا، تحقیقات بروی جلبک *G. tenuastipatata* نشان داد، دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد ایجاد استرس کرده و پرولین که یک اسید آمینه در دیواره سلولی است را آزاد و مقدار آن افزایش می‌دهد. اسید آمینه پرولین نقش اسمزی داشته و کاهش رشد با افزایش پرولین ارتباط مستقیم دارد (Chang & Lee, 1999). علاوه بر منبع انرژی، نور برای رشد گیاهان و تولید مثل آن‌ها به صورت طول روز یا فتوپریود تحریک کننده می‌باشد. در تحقیق حاضر بهترین نرخ رشد، وزن، افزایش طول و عرض ریسه و رشد نسبی در دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) برای *G. salicornia* به دست آمد. Kakia و Kamishima نشان دادند که جلبک *G. chorda* نیز در دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) بیشترین رشد را داشته است (Kakita & Kamishima, 2006).

تحقیقات انجام شده بر روی جلبک *Porphyra linearis* نشان داد که دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) بهترین میزان رشد را داشته است (Waaland *et al*., 1990; Notoya & Sugawara, 1999) علاوه بر دوره نوری، شدت نور نیز روی فتوسنتز و رشد ماکروجلبک‌ها اثر می‌گذارد. در تحقیق حاضر، بهترین شدت نور برای رشد جلبک *G. salicornia*، ۴۷۰۰ لوکس معادل (۹۶ µmol m^{2} /s) بوده است به طوری که بالاترین رشد نسبی ۲/۱۷ درصد در این شدت نور به دست آمده است (شکل ۶). تحقیقات انجام شده متعددی یافته‌های تحقیق حاضر را تأیید می‌کند، پژوهشی در چین نشان داد که بهترین نرخ رشد برای *G. licheniodes* در شدت نور µ m mol^{2}/s

۲۴۰ و برای *G. tenuistitata* در ۲۰۰ µ m mol^{۲}/s بوده است (Youngjan *et al*., 2009). Kakia و Kamishima بیشترین رشد و تابش فوتون (شدت نور) بهینه برای رشد جلبک *G. chorda*، را ۱۲۰-۶۰ میکرومول فتون متر مربع بر ثانیه پیشنهاد نمودند (Kakita & Kamishima, 2006). همچنین شدت نور مناسب جلبک *G. chorda* ۱۰۰-۸۰ µm mol^{۲}/s گزارش شد (Orduna-Rojas *et al*., 2001). تحقیقات انجام شده در آفریقای جنوبی نشان داد که بیشترین میزان رشد گونه *G. oculeata* در شدت نور^{۲}/s m ۷۰ µmol بوده است (Wilson & Critchley, 1997) نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که بهترین شرایط پرورش جلبک قرمز *G. salicornia* در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، دوره نوری ۱۲:۱۲ (تاریکی: روشنایی) و شدت نور ۴۷۰۰ لوکس ($\mu molm^{-2} s^{-1}$ ۹۶) می‌باشد. بنابر این توصیه می‌شود کشت دریایی این جلبک در اواخر تابستان و اوایل پاییز که دمای آب پایین‌تر و طول روز و شدت نور کمتر از تابستان است پرورش داده شود.

منابع

فیلی‌زاده، ی.۱۳۸۰. بررسی کاشت جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria corticat*) در سواحل جزیره قشم. مجله علمی شیلات ایران، ۴: ۳۶-۲۱.

Chang, Y. & Lee, T. 1999. High temperature induced free proline accumulation in *Gracilaria tenistipitata*. *Botanical Bulletin of Academia*, 40: 289-294

Champan, V. J. & Champan, D. J. 1980. Seaweeds and their uses. Chapman and Hall. New York.

Chio, H. G., Kim, Y. S., Kim, J. H., Lee, S. L., Park, E. J., Rya, J. & 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.

Kakita, H. & Kamishima, H. 2006. Effect of environmental factors and metal ions on growth of the red alga *gracilaria chorda Holmes* (Gracilariales, Rhodophyta). *Journal of Applied phycology*,18: 469 – 474.

Landau, M. 1992. Introduction to aquaculture. John Weily & Sons. New York.

Molles, M. C.1999. Ecology concepts and application. Mc Grow Hill Publications. New York.

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

Notoya, M. & Sugawara, M. 1999. Influence of temperature and photoperiod on the life history of *porphyra variegata* in culture. *Nippon Suisan Gakkaishi Bulletin*, 65: 55–59.

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

Orfanidis, S. & Haritonidis, S. 1996. Temperature responses and distribution of several Mediterranean macroalgae belonging to different distribution groups. *Botanica Marina Journal*, 36:359–370.

Pizzaro, A. & Barales, H. 1986. Field assessment of two methods for planting the agar- containing seaweed, *Gracilaria* in Northern Chile. *Aquaculture*, 59: 31–43.

Rueness, J. & Tananger, T. 1984. Growth in culture of four red algae from Norway with potential for marine culture. *Hydrobiologia Journal*, 116/117:303–307.

Waaland, J. R., Dickson, L. G. & Duffied, C. S. 1990. Conchospore production and seasonaloccurrence of some *porphyra* species in Washington State. *Hydrobiologia Journal*, 204/205: 453-459.

Webber, H. H. & Thurman, H. V. 1991. Marine Biology. Harper Collins Publications. USA.

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

Yongjian, X. U., Wei, W. & Jianguang, F. 2009. Effect of salinity, light and temperature on growth rates of two species of *Gracilaria* (Rhodophyta). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 27/2:350-355.