

تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات و فسفات بر رشد جلبک سبز *Ulva rigida* در تانک‌های ۴۰ لیتری در فضای باز

آرش شکوری^{۱*}، گل محمد بلوچ^۲

۱- استادیار، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، پست الکترونیکی: aarash220@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، و کارشناس گیاهان دریایی مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور- چابهار، پست الکترونیکی: gm_soupak@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۱

* نویسنده مسؤل

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱

چکیده

این بررسی به منظور تخمین غلظت مطلوب مواد مغذی نیترات و فسفات در رشد ماکرو جلبک *Ulva rigida* انجام شده است. به این منظور جلبک مذکور به مدت بیست و هشت روز در چهار تیمار حاوی محیط‌های کشت نیترات سدیم و سوپرفسفات (هر کدام در سه تکرار) به همراه تیمار شاهد (سه تکرار) کشت گردید. غلظت محیط‌های کشت نیترات سدیم ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و سوپرفسفات ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. زیست‌سنجی وزنی جلبک، شوری و pH هر هفت روز یکبار و دما هر هفت روز در صبح و بعد از ظهر اندازه‌گیری شد. رشد جلبک‌ها در پایان روز بیست و یکم در تیمار ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات و در روز هفتم در تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفات با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). بیشترین نرخ رشد روزانه جلبک *U. rigida* در تیمارهای ۲۰ و ۱۰ میلی‌گرم نیترات و فسفات به ترتیب 5.70 ± 7.38 درصد (روز بیست و یکم) و 5.56 ± 5.29 درصد (روز هفتم) مشاهده شد. در ادامه جلبک‌های تیمارهای فسفات، با نیترات و فسفات (۲۰+۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) پرورش داده شدند. بیشترین درصد اختلاف رشد روزانه در روز شصت و سوم به مقدار $6.34/34$ درصد در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد این جلبک در استخرها و تانک‌ها با فراهم کردن غلظت مناسب مواد مغذی و در دمای مطلوب حداکثر رشد را از خود نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: *Ulva rigida*، نیترات، فسفات، نرخ رشد.

۱. مقدمه

مقایسه با سایر گیاهان است)، ویتامین‌های A، B2، B12، C، E، چربی نسبتاً کم (اما مقدار متناسب اسید چرب غیر اشباع امگا ۳) و ریز مغذی‌ها (سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس، ید و سایر عناصر کمیاب) هستند. دیواره سلولی گونه‌های *Ulva* غنی از پلی‌ساکارید می‌باشد که بیشتر آن قابل حل شدن است و به همین دلیل به عنوان منبع مهم فیبر رژیمی، محسوب می‌شود. از این گونه‌ها همچنین برای استخراج آنتی‌اکسیدان و فعالیت‌های

جلبک‌ها با جذب نیترات، فسفات، دی‌اکسید کربن و سایر مواد مغذی و با استفاده از نور خورشید، غذای خود، آبزیان، انسان‌ها و دام‌ها را فراهم می‌کنند. جلبک‌ها از اهمیت بوم‌شناختی، تجاری، صنعتی، دارویی و غذایی برخوردار بوده و دارای مواد معدنی ضروری، پروتئین قابل هضم (که مقدار بالای آن قابل

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌های جلبک *U. rigida* در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ از ساحل دریا بزرگ چابهار به موقعیت جغرافیایی 60° و $37'$ طول شرقی و 25° و $17'$ عرض شمالی در زمان جزر جمع آوری گردیدند (شکل ۱). تال‌های سالم در محل جمع آوری با آب دریا جهت زدودن شن و ماسه شسته شدند. اپی فیت‌ها و سایر جلبک‌های چسبیده، از تال‌های جمع آوری شده جداسازی گردیدند. جلبک‌های جمع آوری شده در سطل پلاستیکی حاوی آب دریا قرار گرفته و به کارگاه بخش آبی پروری مرکز تحقیقات شیلاتی آب‌های دور- چابهار، منتقل شدند. برای حذف پرتاران و سخت پوستان (به خصوص ناجورپایان) جلبک‌ها به مدت ۵ دقیقه در آب شیرین قرار داده شدند. سپس جلبک‌ها به مدت سه روز در تانک ۳۰۰ لیتری در آب تمیز کلرزدایی شده، قرار داده شدند (Kumari et al., 201).

جهت بررسی تاثیر غلظت مناسب، کودهای نیترات سدیم در چهار تیمار (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم بر لیتر) و سوپر فسفات نیز در چهار تیمار (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی گرم بر لیتر) به همراه تیمار شاهد به صورت جداگانه و هر کدام با سه تکرار در نظر گرفته شدند. سپس هر یک از تانک‌های ۴۰ لیتری پلی اتیلنی شفاف تا حجم ۲۰ لیتر با آب تمیز کلر زدایی شده دریا آبیگری شدند. در هر یک از تکرارها حدود ۱ گرم جلبک با ترازوی دیجیتال به دقت ۰/۰۱ گرم مدل GF-300 شرکت A&D قرار داده شدند. هوادهی تانک‌ها با استفاده از شیلنگ و سنگ هوادهی به صورت ملایم بر قرار گردید (Kumari et al., 2014). در این بررسی رشد جلبک‌ها به مدت بیست و هشت روز پایش شد. هر هفته جلبک‌ها از تانک‌های مربوط به هر تیمار برداشته شدند و در داخل سبدهای پلاستیکی قرار گرفتند و پس از تکان دادن، به مدت ۱۵ دقیقه روی پارچه تمیز قرار گرفتند تا آب اضافی آنها خارج شود. سپس با ترازوی دیجیتال به دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند (Rabiei et al., 2014). آب تانک‌های تیمارهای نیترات و فسفات پس از زیست سنتی جلبک‌ها به طور کامل تخلیه شدند و تانک‌ها با برس پلاستیکی، تمیز و آب کشی شدند. سپس ۲۰ لیتر آب کلر زدایی شده در داخل تانک‌ها ریخته شد و جلبک‌ها در داخل آن قرار گرفتند (Rabiei et al., 2014; Kumari et al., 2014).

ضد میکروبی و ضد ویروسی در سنجش آزمایشگاهی استفاده می‌شود (Indy et al., 2014; Ale et al., 2011; Moustafa and saeid, 2014; MacArtain et al., 2007).

با اینکه پرورش جلبک‌های دریایی صنعت جهانی است، اما عمده جلبک‌ها در آسیا پرورش می‌یابند، به طوری که چین ۶۰٪ تولید جهانی جلبکی را به خود اختصاص می‌دهد. سه شاخه عمده جلبک‌های تجاری پرورش یافته شامل *Caulerpa Agardhiella*، *Gracilaria*، *Gigartina*، *Gelidium*، *Eucheuma*، *Cladosiphon*، *Ulva* و *Kappaphycus*، *Laminaria*، *Hypnea*، *Hydropuntia* است. در سال ۲۰۰۸ کل جلبک‌ها، شامل جلبک‌های پرورشی و برداشت شده از دریا حدود ۱۵/۸ میلیون تن به ارزش ۷/۸ بیلیون دلار در سال ۲۰۱۰ کل جلبک پرورش یافته ۱۹ میلیون تن به ارزش ۵/۷ بیلیون دلار آمریکا برآورد شده است (Sherrington, 2013). آبکاران و همکاران (۱۳۸۳) با پرورش ماکرو جلبک‌ها در استخرهای خاکی به روش غنی سازی با کود اوره مشاهده نمودند که جلبک *Ulva fasciata* رشدی نداشته است. روحی (۱۳۹۳) جلبک‌های *U. rigida* و *Padina australis* را جهت حذف زیستی کودهای معدنی (نیترات، فسفات، فسفات آمونیوم) و کود آلی (مرغی) در آزمایشگاه مورد بررسی قرار داده است. بر این اساس درصد نرخ رشد ویژه جلبک *U. rigida* در روز هفتم برابر (انحراف معیار \pm میانگین) $7/87 \pm 2/34$ بدست آمده است. در سایر نقاط دنیا مطالعات مختلفی توسط محققان در خصوص بررسی نرخ رشد و حذف مواد مغذی مختلف مانند آمونیوم، نیترات، فسفات (به صورت ترکیب نیترات و یا حضور همزمان هر دو کود) در داخل آزمایشگاه یا در پساب مزارع ماهی و میگو انجام شده است (Ale et al., 2011; Buapet et al., 2008; Rabiei et al., 2014; Dang et al., 2012). مطالعه مشابهی در خصوص بررسی غلظت مناسب نیترات بر رشد جلبک *U. lactuca* توسط Kumari و همکاران (۲۰۱۴) انجام شده است. در این بررسی، جلبک مذکور در محیط کشت نیترات ۱/۴ برابر کشت اولیه افزایش رشد داشته است. در مطالعه حاضر جهت تعیین غلظت مطلوب، رشد جلبک *Ulva rigida* در غلظت‌های مختلف کودهای نیترات و فسفات به صورت جداگانه در تانک‌های ۴۰ لیتری پلاستیکی شفاف بررسی شد. نتایج این مطالعه می‌تواند برای اهداف شیلاتی، صنعتی (آرایشی- بهداشتی، تهیه سوخت زیستی)، تغذیه‌ای، دارویی و زیست محیطی (جذب بار مواد مغذی و فلزات سنگین) مورد استفاده قرار گیرد.

ضریب همبستگی پیرسون بین میزان کود و نرخ رشد روزانه و همچنین بین میزان نرخ رشد روزانه و دما محاسبه گردید. جهت بررسی تاثیرغنی سازی مواد مغذی نیترات و فسفات بر میانگین رشد زی توده جلبکها (بر حسب گرم) در هر یک از تیمارها از آزمون آماری ANOVA یک طرفه استفاده شد. با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov از نرمال بودن دادهها اطمینان حاصل گردید. از آزمون آماری ANOVA برای محاسبات آماری استفاده شد. از پس آزمون Tukey جهت مقایسه چندگانه بین میانگین تیمارها با سطح معنی دار ۹۵٪ استفاده شد. برای آنالیزهای آماری از برنامه SPSS، نسخه ۱۶ و برای رسم نمودارها از Excel، نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد (Buapet et al., 2008).

۳. نتایج و بحث

۳-۱ بررسی میزان رشد جلبکها در تیمارهای نیترات

نتایج حاصل از بررسی تیمارها نشان داد که در روز هفتم تیمارهای نیترات از نظر رشد زی توده تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند ($P > 0/05$)، اما با تیمار شاهد اختلاف معنی دار داشتند ($P < 0/05$). همزمان با افزایش میزان غلظت کود نیترات، رشد جلبکها نیز در تیمارهای نیترات تفاوت نشان داد. بیشترین میانگین وزنی (انحراف معیار \pm میانگین) $3/90 \pm 0/36$ گرم مربوط به تیمار ۲ بود. این تیمار با $55/57 \pm 1/15$ درصد بیشترین نرخ رشد روزانه را نشان داده است (شکل ۲ الف). با افزایش غلظت کود در تیمارهای ۳۰ و ۴۰ میلی گرم بر لیتر نیترات، کاهش نرخ رشد و درصد نرخ رشد روزانه مشاهده گردید. نتایج حاصل از بررسی رشد جلبکها در روز چهاردهم همانند روز هفتم بود. در روز چهاردهم نیز بیشترین میانگین وزنی ($10/50 \pm 1/20$ گرم) و درصد نرخ رشد روزانه $75 \pm 8/57$ (۷۵) مشاهده شد که نسبت به روز هفتم معادل $19/43$ درصد افزایش نشان داد (شکل ۲ ب). نتایج حاصل از بررسی رشد جلبکها در روز بیست و یکم در تیمارهای نیترات نشان داد که تیمار ۲ با سایر تیمارهای نیترات اختلاف معنی داری داشته و همه تیمارهای نیترات نیز با تیمار شاهد تفاوت معنی دار داشتند ($P < 0/05$). بین تیمارهای ۱، ۳ و ۴ اختلاف معنی داری وجود نداشت ($P > 0/05$). در روز بیست و یکم پرورش نیز با افزایش

برای محاسبه درصد نرخ رشد روزانه جلبکهای *Ulva* فرمول ۱ استفاده گردید:

$$\text{فرمول ۱} \quad \text{DGR}\% = [(Wt/Wi)^{1-t} - 1] \times 100$$

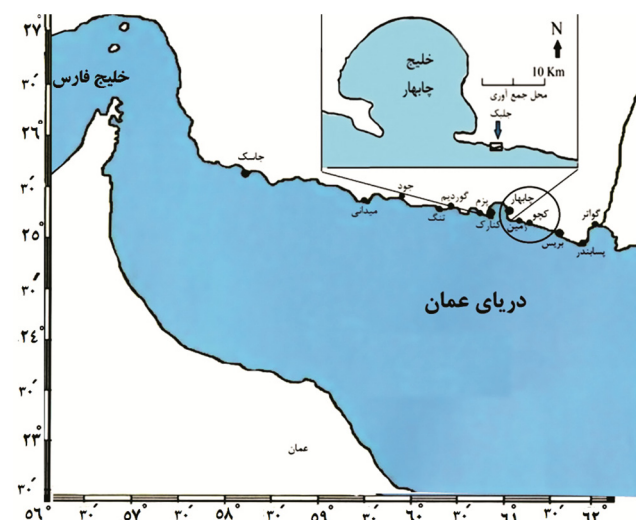
در فرمول ۱، Wt وزن تازه (گرم) تالهای جلبک *Ulva* در زمان t ، Wi وزن اولیه تازه (گرم) و t زمان به روز است (Kumari et al., 2014).

برای محاسبه درصد نرخ رشد نسبی جلبکهای *Ulva* از فرمول ۲ استفاده گردید:

$$\text{فرمول ۲} \quad \text{RGRi} (\% d^{-1}) = [(Wt - Wi) / (Wi \times \Delta t)] \times 100$$

در فرمول ۲، Wt وزن تازه جلبک (گرم) در زمان t ، Wi وزن تازه اولیه (گرم) و Δt مدت زمان طی شده به روز است (et al., 2014).

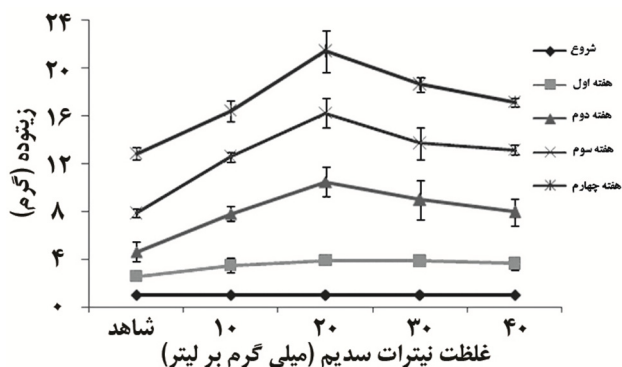
دمای تانکها در هر روز صبح و ظهر ثبت گردید. برای تعیین شوری از دستگاه شوری سنج چشمی ATAGO ساخت ژاپن و برای تعیین pH از دستگاه pH متر WTW مدل 330i ساخت آلمان استفاده گردید. شوری و pH در شروع مطالعه و در پایان هر هفت روز ثبت شدند.



شکل ۱: موقعیت محل جمع آوری جلبک *U. rigida* در ساحل چابهار (اقتباس از قرنجیک و روحانی، ۱۳۸۹)

¹ Daily growth rate

² Relative growth rate

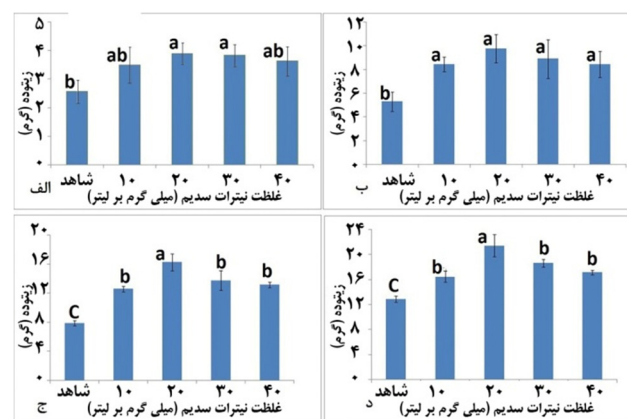


شکل ۳: مقایسه میانگین رشد جلبک‌های *U. rigida* در تیمارهای مختلف کود نیترات طی چهار هفته (تیمار ۱، ۱۰؛ تیمار ۲، ۲۰؛ تیمار ۳، ۳۰؛ تیمار ۴، ۴۰ میلی گرم بر لیتر) (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند).

۳-۲ بررسی میزان رشد جلبک‌ها در تیمارهای فسفات

بررسی رشد جلبک‌ها در تیمارهای مختلف فسفات در روز هفتم آزمایش (شکل ۴ الف) نشان می‌دهد بین تیمار ۱۰ و ۱۵ میلی گرم بر لیتر فسفات اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($P > 0.05$). اما بین تیمارهای شاهد، ۵ و ۲۰ میلی گرم بر لیتر فسفات اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0.05$). بیشترین میانگین وزنی (2.75 ± 0.40 گرم) و نرخ رشد روزانه در تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر فسفات به میزان 39.29 ± 5.76 درصد بود. با افزایش غلظت کود فسفات در تیمارهای ۱۵ و ۲۰ میلی گرم بر لیتر فسفات، نرخ رشد و درصد رشد روزانه روند کاهشی نشان داد. در روز ۱۴ تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر فسفات با تیمار ۱۵ میلی گرم بر لیتر فسفات اختلاف معنی‌دار نداشت ($P > 0.05$). اما با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$) (شکل ۴ ب). بیشترین میانگین وزنی روز ۱۴ نیز مربوط به تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر فسفات بود (4.64 ± 1.03) به طوری که در این تیمار نرخ رشد روزانه 33.12 ± 7.34 درصد بود. با وجود افزایش رشد زی‌توده جلبک‌ها در روز چهاردهم آزمایش، درصد نرخ رشد روزانه نسبت به روز ۷ آزمایش به مقدار 0.93 کاهش نشان داد. در روزهای بیست و یکم و بیست و هشتم بررسی نیز، افزایش زی‌توده تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر فسفات با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$)، به طوری که در روز بیست و هشتم اختلاف معنی‌دار بین تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر فسفات با سایر تیمارها و نیز بین بقیه تیمارها با یکدیگر بیشتر شد. بیشترین میانگین وزنی در روز بیست و یکم 6.59 ± 1.05 گرم و نرخ

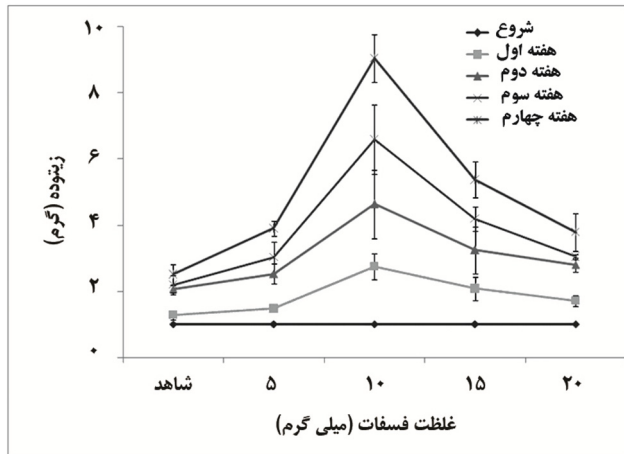
غلظت کود نیترات در تیمارهای مختلف، رشد جلبک‌ها تفاوت نشان داد. بیشترین میانگین وزنی مربوط به تیمار ۲ بود (1.20 ± 0.25 گرم) به طوری که در این تیمار نرخ رشد روزانه 5.70 ± 7.38 درصد بود (شکل ۲ ج). نتایج حاصل از بررسی در روز بیست و هشتم همانند روز بیست و یکم بود و تیمار ۲۰ میلی گرم بر لیتر نیترات با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۲ د). در روز بیست و هشتم بررسی نیز با افزایش غلظت کود نیترات در تیمارهای مختلف، رشد جلبک‌ها تفاوت نشان داد. بیشترین میانگین وزنی روز بیست و هشتم نیز مربوط به تیمار ۲۰ میلی گرم بر لیتر نیترات بود (21.44 ± 1.74 گرم) به طوری که در این تیمار نرخ رشد روزانه 6.23 ± 7.56 درصد محاسبه شد. در مجموع در همه تیمارها، رشد جلبک‌ها روند افزایشی نشان دادند.



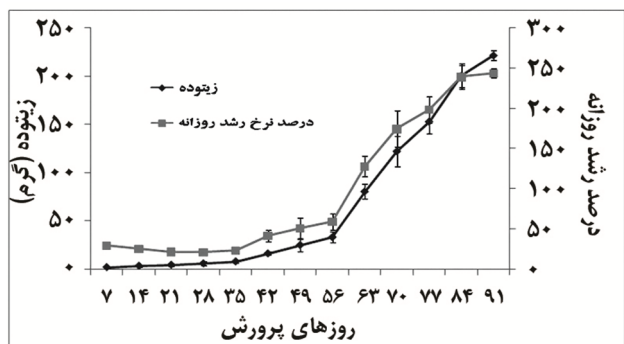
شکل ۴: میانگین رشد جلبک *U. rigida* در تیمارهای مختلف کود نیترات طی چهار هفته بررسی (تیمار ۱، ۱۰؛ تیمار ۲، ۲۰؛ تیمار ۳، ۳۰؛ تیمار ۴، ۴۰ میلی گرم بر لیتر) (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار هستند) ($P < 0.05$).

نتایج حاصل از بررسی درصد رشد نسبی جلبک‌های *U. rigida* نشان داد که بیشترین درصد نرخ رشد نسبی مربوط به روز هفتم بود و در روزهای ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روند کاهشی وجود داشت. در کل در پایان روز ۲۸، جلبک‌های *U. rigida* در تیمار ۲۰ میلی گرم بر لیتر نیترات، بیشترین افزایش زی‌توده (شکل ۳) و نرخ رشد روزانه را داشتند. ضریب همبستگی پیرسون بین افزایش دمای آب و درصد رشد روزانه جلبک‌ها در تیمار ۲ به میزان $R = -0.894$ ($P = 0.000$) به دست آمد. ضریب منفی پیرسون نشان می‌دهد که با افزایش دمای آب، نرخ رشد روزانه جلبک‌ها کاهش می‌یابد.

از هفته پنجم تا هفته هشتم روند صعودی داشت. از هفته هشتم (روز ۸۴) تا سیزدهم (روز ۹۱) روند تقریباً ثابت را نشان داد. جلبک‌ها تا روز ۷۷ به نهایت رشد طولی رسیدند (شکل ۶).



شکل ۵: مقایسه میانگین رشد جلبک‌های *U. rigida* در تیمارهای مختلف کود فسفات طی چهار هفته (تیمار ۱، ۵؛ تیمار ۲، ۱۰؛ تیمار ۳، ۱۵؛ تیمار ۴، ۲۰ میلی گرم بر لیتر) (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند).

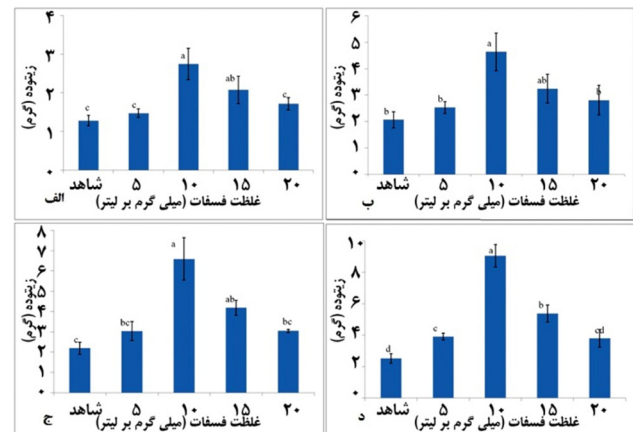


شکل ۶: رشد جلبک *U. rigida* در طی مدت ۹۱ روز (تا روز بیست و هشتم مربوط به تیمارهای فسفات) در کودهای نیترات + فسفات (۱۰+۲۰ میلی گرم بر لیتر) (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند).

میانگین تغییرات دما $4/23 \pm 30/39$ درجه سانتی‌گراد با حداقل ۱۷ درجه سانتی‌گراد در آذر ماه و حداکثر ۳۵ درجه سانتی‌گراد در آبان ماه ثبت شد. میانگین تغییرات شوری $3/8 \pm 41/63$ psu با حداقل شوری (در شروع هر هفته پرورشی) ۳۷ psu و حداکثر ۴۹ psu بوده است. تغییرات pH از ۸/۱ تا ۸/۸۹ با میانگین $8/49 \pm 0/21$ اندازه گیری شد.

مواد مغذی مورد نیاز جلبک‌ها به سه دسته عناصر درشت مغذی (نیتروژن، فسفر، کربن)، عناصر ریز مغذی (آهن، روی، مس، منگنز، مولیبدن و غیره) و ویتامین‌ها (ویتامین ب۱۲، تیامین

رشد روزانه $31/38 \pm 4/99$ درصد بود. درصد نرخ رشد روزانه در روز ۲۱ نسبت به روزهای هفتم و چهاردهم به میزان ۱۸/۸۱ و ۷/۸۸ درصد کاهش نشان داد (شکل ۴ ج). در روز بیست و هشتم بیشترین میانگین وزنی مربوط به تیمار ۱۰ بود ($0/72 \pm 9/05$ گرم)، به طوری که در این تیمار نرخ رشد روزانه $2/56 \pm 32/32$ درصد بود (شکل ۴ د).



شکل ۴: میانگین رشد جلبک *U. rigida* در تیمارهای فسفات در طی چهار هفته بررسی (تیمار ۱، ۵؛ تیمار ۲، ۱۰؛ تیمار ۳، ۱۵؛ تیمار ۴، ۲۰ میلی گرم بر لیتر) (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0/05$)).

بررسی رشد جلبک *U. rigida* در طی هر چهار دوره ۷ روزه در تیمارهای مختلف کود سوپر فسفات نشان می‌دهد که این جلبک در تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر فسفات افزایش رشد مناسب‌تر و مطلوب‌تری نسبت به سایر تیمارها داشته است (شکل ۵). درصد نرخ رشد روزانه نسبت به هفته‌های هفتم، چهاردهم و بیست و یکم به ترتیب به مقدار $2/93$ ، $8/81$ و $19/40$ درصد، روند کاهشی نشان داد. ضریب همبستگی پیرسون نیز بین دمای آب و افزایش درصد نرخ رشد روزانه جلبک‌ها در تیمار ۲ به میزان $R = 0/149$ ($P = 0/645$) محاسبه شد که نشان‌دهنده همبستگی ضعیف بین دما و نرخ رشد روزانه است.

تعداد هفت تانک جلبک از تیمارهای حاصل از آزمایش فسفات از پایان روز بیست و هشتم انتخاب شده به مدت ۹ هفته بعدی (در مجموع به مدت ۹۱ روز) در غلظت‌های ۲۰ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر (نیترات و فسفات) پرورش داده شدند. تغییرات رشد زی‌توده تا پایان دوره ۹۱ روزه از رشد افزایشی بر خوردار بود و کاهش رشد مشاهده نشد. تغییرات درصد نرخ رشد روزانه از هفته اول تا هفته چهارم (مربوط به کود فسفات) کاهش یافت و

پایین ۲۰ و خیلی پایین ۱ میکرومول، در پساب حاصل از استخراج ماهیان پرورشی سیستم متراکم پرورش دادند. در این بررسی رشد زی‌توده جلبک در تیمار ۲۰ میکرومولار از همه تیمارها به صورت معنی داری بیشتر بود ($P < 0/05$). همین‌طور بر اساس این گزارش افزایش سرعت آب و مقدار بار مواد مغذی در افزایش تولید زی-توده موثر بود. آشفنگی آب در اثر هوادهی تاثیر چندانی روی رشد جلبک‌ها به دلیل عمق کم آب نداشت (Msuya and Neori, 2008). در مطالعه حاضر نتایج حاصل از رشد زی‌توده جلبک *U. rigida* با بررسی Msuya و Neori (۲۰۰۸) مطابقت داشت، به طوری که در غلظت‌های خیلی بالای مواد مغذی و نیز غلظت‌های پایین، رشد زی‌توده جلبک کمتر و در غلظت مناسب، بیشتر بوده است.

Rabiei و همکاران (۲۰۱۴) قدرت جذب زیستی جلبک *U. reticulata* را در تفریح‌گاه میگوهای مولد *Penaeus monodon* به مدت ۱۲ روز مورد بررسی قرار دادند. بر اساس گزارش این محققین، نرخ رشد نسبی متوسط جلبک *U. reticulata* به $0/1 \pm 1/6$ ٪ در روز رسیده است. در مطالعه حاضر، طی ۱۲ روز، درصد رشد نسبی *U. rigida* در تیمار ۲۰ میلی گرم بر لیتر نیترات، به میزان $4/93 \pm 24/34$ ٪ محاسبه شد. بر این اساس افزایش رشدی معادل ۱۵/۲۱ برابر نسبت به جلبک *U. reticulata* مشاهده شد. در بررسی حاضر، جلبک *U. rigida* حاصل از آزمایش کود سوپر فسفات به مدت نه هفته بعد پرورش داده شدند و نرخ رشد آن‌ها بررسی گردید. نرخ رشد از هفته پنجم تا هفته هشتم روند صعودی داشته و از هفته هشتم (روز ۸۴) تا سیزدهم (روز ۹۱) روند تقریباً ثابت را نشان داد (شکل ۵). جلبک‌ها تا روز ۷۷ به نهایت رشد طولی رسیدند. یکی از تال‌های این جلبک، به طور قابل توجهی، بیش از ۲۰ سانتی‌متر رشد نمود که در طبیعت تا این اندازه رشد نمی‌کند.

بر اساس بررسی‌های زارعی جلیانی و همکاران (۱۳۹۵) روی جلبک‌های *Gracilariopsis persica* و *Hypnea flagelliformis* Choi (۲۰۰۳) روی *U. pertusa*، Fortes و Lüning (۱۹۸۰) روی *U. lactuca*، Nordby (۱۹۷۷) و *U. mutabilis* De- و Casabianca و Posada (۱۹۹۸) روی *U. rigida* مشاهده شد که رشد با افزایش دما (بیش از دمای مطلوب رشد) همبستگی منفی داشته است. در بررسی حاضر نیز جلبک‌ها با کاهش دما تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد از آذر ماه تا دهه دوم دی ماه افزایش رشد مناسبی را نشان دادند. به نظر می‌رسد که محدودیت مواد مغذی نیترات و فسفات در ماه‌های سرد منطقه چابهار باعث کاهش رشد

و بیوتین) تقسیم می‌شوند (Harrison and Hurd, 2001). نیتروژن و فسفر، رشد و تولید جلبک را در بیشتر محیط‌های طبیعی محدود می‌کنند. زمانی که نیتروژن و فسفر در عملیات آبی پروری افزوده شوند، کربن محدودیت پیدا می‌کند. بنابراین با هوادهی تانک‌های پرورش، محدودیت کربن تا حدودی بر طرف می‌شود. این سه عنصر در رشد جلبک‌ها مهم هستند (Harrison and Hurd, 2001; Buapet et al., 2008). نرخ‌های رشد جلبک‌ها به شرایط محیطی از قبیل غلظت‌های ماده مغذی، دسترسی نور، دما و آشفنگی آب وابسته می‌باشد. بسیاری از گونه‌های جلبک-های سبز در غلظت‌های بالای ماده مغذی ازدیاد پیدا می‌کنند (Buapet et al., 2008). رشد و تولید جلبک‌ها تابع دامنه غلظت نیترات و فسفات در محیط‌های طبیعی و نیز در شرایط پرورش در خشکی است. مطالعات نشان داده است که نرخ رشد روزانه جنس *Ulva* بر اساس گونه، شرایط رشد و دوره پرورش می‌تواند مختلف باشد (Neori et al., 2004).

دفعات و غلظت‌های کود دهی می‌تواند به طور مناسب تغییر داده شود. هر چند افزودن غلظت مناسب ماده مغذی و حفظ آن در تمام دوره تاثیر بیشتری دارد (Harrison and Hurd, 2001). در بررسی حاضر چهار تیمار نیترات و یک تیمار شاهد هر کدام با سه تکرار در نظر گرفته شد و میزان کود پیش‌بینی شده در هر یک از تیمارها به صورت روزانه تجدید شد و تاثیر آنها بر رشد جلبک‌های *U. rigida* بررسی گردید. در بررسی Buapet و همکاران (۲۰۰۸) حداکثر درصد نرخ رشد نسبی روزانه جلبک *Ulva reticulata* در روز هفتم $15/1$ ٪ در نیترات $20/4$ میلی گرم بر لیتر) در روز گزارش شد. در بررسی حاضر میزان حداکثر درصد نرخ رشد نسبی جلبک *U. rigida* در تیمار نیترات ۲۰ میلی گرم بر لیتر به میزان $5/15 \pm 41/43$ ٪ در روز هفتم بود. به نظر می‌رسد که جلبک *U. rigida* نسبت به جلبک *Ulva reticulata* رشد نسبی بهتری داشته است. Kumari و همکاران (۲۰۱۴) در طی دوره ای ۷ روزه، رشد جلبک *U. lactuca* را در تیمارهای جداگانه نیترات و فسفات بررسی نمودند. این جلبک در تیمار ۲۰ میلی گرم بر لیتر نیترات و همچنین در تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر فسفات بیشترین رشد را نشان داد. در بررسی حاضر نیز بیشترین میزان رشد جلبک *U. rigida* در غلظت‌های نیترات ۲۰ میلی گرم بر لیتر و در فسفات ۱۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد.

Msuya و Neori (۲۰۰۸) جلبک *U. lactuca* را در ۴ نوع غلظت مواد مغذی NH_3+NH_4 به میزان خیلی بالا ۱۳۴، بالا ۲۶،

منابع

آبکنار، ع.م.؛ امین‌راد، ت.؛ حق‌پناه، ع.؛ عطاران، گ.؛ خدای، ش.، ۱۳۸۳. بررسی امکان پرورش جلبک‌های مهم اقتصادی با تاکید بر گراسیلاریا در مناطق طبیعی واستخرهای خاکی. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی ایران، ۱۱۵ صفحه.

روحی، ز.، ۱۳۹۳. ارزیابی پتانسیل تصفیه زیستی و نرخ رشد جلبک سبز *Ulva rigida* و جلبک قهوه‌ای *Padina australis* توسط کودآلی و معدنی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، ۱۰۲ صفحه.

زارعی جلیانی، ز.؛ یوسف‌زادی، م.؛ سهرابی‌پور، ج.؛ رئیسی، ه.، ۱۳۹۵. بررسی بوم‌شناسی رشد و زمان بهینه کاشت دو ماکروجلبک اقتصادی. اقیانوس شناسی، سال ۷، شماره ۲۶، صفحات ۷۷-۸۳. قرن‌جیک، ب.م. و روحانی ق.ک.، ۱۳۸۹. اطلس جلبک‌های دریایی سواحل خلیج فارس و دریای عمان، محل نشر تهران، ناشر موسسه تحقیقات علوم شیلاتی ایران، صفحه ۱۷۰.

Ale, M.T.; Mikkelsen, J.D.; Meyer, A.S., 2011. Differential growth response of *Ulva lactuca* to ammonium and nitrate assimilation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3): 345-351.

DOI 10.1007/s10811-010-9546-2.

Buapet, P.; Hiranpan, R.; Ritchie, R. J.; Prathep, A., 2008. Effect of nutrient inputs on growth, chlorophyll, and tissue nutrient concentration of *Ulva reticulata* from a tropical habitat. *Science Asia*, 34: 245-252.

Choi, T.S., 2003. Ecophysiological characteristics of green macroalga *Ulva pertusa* L. from eelgrass habitats. Ph. D. dissertation, Chonnam National University, Gwangju, Korea, pp. 89-118.

Dang, T.T.; Yasufumi, M.; Dang, K.D., 2012. Potential of *Ulva* sp. in biofiltration and bioenergy production. *Journal of Vietnamese Environment*, 3(1): 55-59.

De- Casabianca, M.L.; Posada, F., 1998. Effect of environmental parameters on the growth of *Ulva rigida* (Thau Lagoon, France). *Botanica Marina*, 41(1-6): 157-166.

Fortes, M.D.; Lüning, K., 1980. Growth rates of North Sea

جلبک‌های *U. rigida* در زیستگاه طبیعی می‌گردد. از طرفی در دو ماه اول پاییز به علت فروکش کردن مانسون و افزایش دمای آب و هوای منطقه (افزایش دمای آب تانک‌ها تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد)، از رشد جلبک‌ها کاسته شد. بر این اساس نتایج مطالعه حاضر با نتایج آبکنار و همکاران (۱۳۸۳) که رشد کمتر جلبک‌ها را در پاییز گزارش نمودند، مطابقت دارد.

۴. نتیجه‌گیری

جلبک *U. rigida* مهمترین جلبک بوم‌سامانه دریایی است (Buapet et al., 2008). مطالعه حاضر نشان داد که جلبک *U. rigida* در غلظت مواد مغذی نیترات ۲۰ میلی‌گرم و فسفات ۱۰ میلی‌گرم، بیشترین درصد نرخ رشد را داشته است. نرخ رشد روزانه این جلبک در تیمار نیترات همبستگی منفی و در تیمار فسفات همبستگی مثبت با دما را نشان داد. این امر نشان می‌دهد که با سرد شدن هوا و فراهم بودن غلظت مناسب مواد مغذی نیترات و فسفات (به ترتیب ۲۰ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین رشد را از خود نشان خواهد داد. جلبک *U. rigida* از جلبک‌های تند رشد و اقتصادی بوده و می‌توان آن را در فصول مختلف سال پرورش داد. با افزایش دما (بیش از ۲۳ درجه سانتی‌گراد) از شدت رشد آنها کاسته خواهد شد. برای پرورش آنها به آب شیرین نیاز نیست. محصول جلبک‌های پرورشی را می‌توان در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی-بهداشتی، خوراک دام و طیور، تهیه سوخت‌های زیستی، (گاز زیستی و اتانول زیستی) و اصلاح خاک و رشد گیاهان و غیره به کار برد. چنانچه این جلبک در منابع غنی نیتروژن (در محیط کشت یا پساب‌های آبی پروری)، پرورش یابد درصد پروتئین آن به ۴۴٪ وزن خشک خواهد رسید. بنابراین از این لحاظ ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و با پرورش آنها، ضمن فراهم نمودن بخشی از غذای مورد نیاز و سایر نیازهای بشر، با کاهش میزان دی‌اکسید کربن به حفظ محیط زیست کمک خواهد شد.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از جناب آقایان مهندس افراسیاب اژدری و مهندس علی رضا صوفی که در زمینه زیست‌سنجی جلبک‌ها همراهی نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

- protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. *Journal of Applied Phycology*, 20(6): 1021-1031.
- Neori, A.; Chopin, T.; Troell, M.; Buschmann, A.H.; Kraemer, G.P.; Halling, C.; Shpigel, M.; Yarish, C., 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231(1): 361-391.
- Nordby, Ø., 1977. Optimal conditions for meiotic spore formation in *Ulva mutabilis* Føyn. *Botanica Marina*, 20(1): 19-28.
- Rabiei, R.; Phang, S.; Yeong, H.; Lim, P.; Ajdari, D.; Zarshenas, G.; Sohrabipour, J., 2014. Bioremediation efficiency and biochemical composition of *Ulva reticulata* Forsskål (Chlorophyta) cultivated in shrimp (*Penaeus monodon*) hatchery effluent. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(3): 621-639.
- Sherrington, N.A., 2013. *Ulva lactuca* L. as an inorganic extractive component for Integrated Multi-Trophic Aquaculture in British Columbia: An analysis of potentialities and pitfalls. MsC. Thesis in the Department of Geography. University of Victoria. 148 P.
- macroalgae in relation to temperature, irradiance and photoperiod. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 34(1): 15-29.
- Harrison, P.J.; Hurd, C.L., 2001. Nutrient physiology of seaweeds: application of concepts to aquaculture. *Cahiers de biologie marine*, 42: 71-82.
- Indy, J.R.; Yasui, H.; Rodríguez, L.A.; González, C.A.Á.; Sánchez, W.M.C., 2014. Seaweed: for food, medicine and industry. *Kuxulkab'*, 16(29).
- Kumari, P.; Kumar, M.; Reddy, C.R.K.; Jha, B., 2014. Nitrate and phosphate regimes induced lipidomic and biochemical changes in the intertidal macroalga *Ulva lactuca* (Ulvophyceae, Chlorophyta). *Plant and Cell Physiology*, 55 (1): 52-63.
- MacArtain, P M.; Gill C.I.R.; Brooks M.; Campbell R.; Rowl, I.R., 2007. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition reviews*, 65(12): 535-543.
- Moustafa, Y.T.; Saeed, S.M., 2014 Nutritional evaluation of green macroalgae, *Ulva* sp. and related water nutrients in the Southern Mediterranean Sea coast, Alexandria shore, Egypt. 4th Conference of Central Laboratory for Aquaculture Research, 35-55.
- Msuya, F.E.; Neori, A., 2008. Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and