میزان رشد و تراکم ریزجلبک *Tetraselmis chuii* در شدت‌های نوری مختلف

محمد خلیل پذیر*[۱]، الهام اکبرپور[۲]، آرزو وهاب‌نژاد[۳]

۱-پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی (AREO)، بوشهر، ایران.

۲-سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، بوشهر، ایران.

۳-موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی (AREO)، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹ آذر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: ۱۱ اردیبهشت۱۳۹۶

چکیده

این مطالعه در آزمایشگاه جلبک ایستگاه تحقیقاتی بندرگاه وابسته به پژوهشکده میگوی بوشهر بمنظور تعیین اثرات شدت‌های نوری مختلف بر روی میزان رشد و تراکم ریزجلبک تک سلولی *Tetraselmis chuii* و تعیین شدت نوری مناسب در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. مطالعه حاضر از ۳ تیمار شدت نوری ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ لوکس هر کدام با سه تکرار تشکیل شده بود. نتایج حاصل از تیمارهای مختلف مطالعه بعد از گذشت ۱۰ روز حاکی از آن بود که بیش‌ترین میزان رشد و تراکم سلول‌های ریزجلبک *T. chuii* در شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس در روز هفتم پرورش با میزان $۱/۳۸\times۱۰^{۶}\pm۵/۳۶\times۱۰^{۴}$ سلول در هر میلی‌لیتر بدست آمد، این در حالی بود که در شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس بیش‌ترین میزان تراکم سلول ریزجلبک در روز نهم مطالعه با میزان $۱/۳۷\times۱۰^{۵}\pm۳/۸۱\times۱۰^{۴}$ سلول در هر میلی‌لیتر ایجاد شده بود که این میزان در مقایسه با تیمارهای شدت نوری ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ لوکس به ترتیب بطور معنی‌داری از بیش‌ترین و کم‌ترین میزان برخوردار بود ($P<۰/۰۵$). با این وجود تا روز دهم مطالعه کم‌ترین میزان تراکم سلول‌های ریزجلبک مربوط به تیمار شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس با میزان $۵/۶۰\times۱۰^{۵}\pm۴/۳۹\times۱۰^{۴}$ سلول در هر میلی‌لیتر بود. بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان عنوان نمود که بمنظور رسیدن به حداکثر میزان رشد و تراکم ریزجلبک *T. chuii* در کوتاه‌ترین زمان ممکن می‌توان با افزایش شدت تابش نور به میزان ۵۰۰۰ لوکس طول دوره پرورش را کاهش داد، در حالیکه در شدت نوری ۲۰۰۰، رسیدن به حداکثر تراکم در مدت زمان طولانی‌تری بطول خواهد انجامید.

کلمات کلیدی: ریزجلبک تتراسالمیس چوئی (*Tetraselmis chuii*)، شدت نور، رشد و تراکم.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). dr.pazir@gmail.com

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

مقدمه

ریزجلبک‌های تک سلولی به عنوان مهمترین منبع تأمین کننده انرژی بویژه در مراحل اولیه لاروی آبزیان از جایگاه ویژه‌ای در تغذیه برخوردار هستند. این موجودات (ارگانیسم‌ها) هم بصورت مستقیم برای مراحل اولیه لاروی برخی از سخت پوستان و هم بصورت غیرمستقیم جهت تغذیه برخی از غذاهای زنده شامل ناپلی آرتمیا و روتیفر بمنظور تغذیه لارو آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Duerr *et al*., 1998).

بمنظور تولید این موجودات تأمین شرایط پرورشی بهینه بسیار ضروری می‌باشد. این شرایط می‌تواند شامل درجه حرارت، شوری، شدت نور، اکسیژن محلول در آب و ترکیبات شیمیایی محیط کشت باشد. هر گونه دستکاری در شرایط فیزیکی محیط پیرامون و شیمیایی محیط کشت ریزجلبک‌های کشت داده شده می‌تواند منجر به تغییر در میزان چربی، پروتئین، کربوهیدرات و سایر ترکیبات شیمیایی درون سلول ریزجلبک شوند (Lourenço, 2006). از میان عوامل ذکر شده تأمین رژیم‌ها و شدت‌های مختلف تابش نور به عنوان یکی از عوامل تأثیر گذار بر روی رشد ریزجلبک‌ها می‌توان نام برد. نور به عنوان تنها منبع تأمین کننده انرژی مورد نیاز برای عمل فتوسنتز در ریزجلبک‌ها جهت تولید مواد مغذی محسوب می‌شود. میزان شدت تابش نور، فاصله تا منبع تأمین کننده نور، طیف‌های نوری و تراکم سلول متغییرهای اولیه از مهمترین عوامل تأثیر گذار بر روی کارایی استفاده از نور می‌باشند (Richmond *et al*., 1980).

از آنجا که میزان شدت نور، طیف‌های نور، و دوره نوری به عنوان اجزاء تشکیل دهنده رژیم‌های نوری محسوب می‌شوند، امروزه استفاده از نور طبیعی به دلیل مشکلاتی همچون عدم کنترل دوره نوری و شدت تابش نور و همچنین طول موج‌های ساطع شده از کارایی کمی بر خوردار است (Janssen, 2002). از این رو استفاده از نورهای مصنوعی بویژه نور ساطع شده از لامپ‌های فلورسنت با شدت تابش ۲۵۰۰ لوکس به دلیل سهولت در کنترل میزان شدت تابش نور و تنظیم رژیم‌های نوری مختلف بمنظور پرورش ریزجلبک‌های تک سلولی هم در محیط‌های بسته و هم در محیط‌های بیرونی پرورش مرسوم شده است (Fábregas *et al*., 2001). از سوی دیگر در مطالعه‌ای عنوان شد که استفاده از لامپ‌های فلوئورسانس تنها با طیف نوری سفید برای تولید در شرایط آزمایشگاهی بسیار کار آمده می‌باشد لیکن برای تولید متراکم ریزجلبک‌های تک سلولی استفاده از ترکیبی از طیف‌های نوری سفید، قرمز و آبی از کارایی بالایی برخوردار می‌باشد (Creswell, 2010).

با توجه به مطالب فوق میزان شدت تابش نور تأثیر بسزایی بر روی میزان رشد و ترکیبات بیوشیمیایی موجود در ریزجلبک‌ها می‌توانند داشته باشند (Borghini *et al*., 2009). از این رو عنوان شده که میزان شدت تابش مطلوب جهت انجام عمل فتوسنتز در ریزجلبک‌ها ۵۰۰۰-۲۵۰۰ لوکس (معادل ۵۰۰-۲۵۰ شمع) با حداکثر ۱۰۰۰۰ لوکس نور ساطع شده از لامپ‌های فلوئورسانس می‌باشد (Akimoto *et al*., 1997). این در حالی بود که Guillard (۱۹۷۵) عنوان نمود که میزان شدت نوری مورد نیاز برای کشت ریزجلبک تتراسالمیس تحت یک دوره نوری مداوم و ۱۴ ساعت روشنایی به ترتیب ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ لوکس می‌باشد. از دیگر منابع نوری مورد استفاده برای تأمین نور مورد نیاز محیط‌های پرورشی بسیار برزگ (۱۸۰۰

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

لیتر یا بیش‌تر) لامپ‌های متال‌هالید بوده که با شدت نوری ۱۰۰۰-۷۵۰ وات مورد استفاده قرار می‌گیرند، لیکن به دلیل گرمای زیادی تولید شده از این لامپ‌ها توصیه شده که محل قرار گیری آنها می‌بایست در فاصله ۴-۳ متری بالای سطح گلخانه‌های روباز همراه با تهویه مناسب تعبیه گردند.

از آنجای که برداشت ریزجلبک‌ها جهت تغذیه موجودات آبزی بطور معمول در مرحله ثابت نمودار رشد صورت می‌گیرد لیکن رسیدن به این مرحله در کوتاه‌ترین زمان ممکن می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه‌های پرورش و نگهداری ریزجلبک می‌تواند در وقت نیز صرفه جویی به عمل آورد. از مهمترین راهکاری کوتاه نمودن طول دوره پرورش افزایش شدت تابش نور می‌باشد. لذا در این مطالعه سعی شد تأثیر شدت‌های تابش نوری مختلف نور مطنوعی بر روی میزان رشد ریزجلبک تتراسالمیس در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از ذخیره خالص ریزجلبک *T. chuii* نگهداری شده در محیط کشت Conway آزمایشگاه جلبک ایستگاه تحقیقاتی بندرگاه وابسته به پژوهشکده میگوی کشور- بوشهر استفاده شد. مطالعه از ۳ تیمار هر کدام با ۳ تکرار در شدت‌های مختلف نوری ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ لوکس تنظیم شده با دستگاه لوکس‌متر (نور سنج) مدل Lutran LX- 107 انجام شد (Creswell, 2010).

برای تهیه آب محیط کشت با درجه شوری ۲۷ قسمت در هزار بدین صورت بود که پس از فیلتراسیون و ضد عفونی نمودن آب دریا توسط ماده ضدعفونی کننده هیپوکلرید سدیم به میزان ۲۰ قسمت در میلیون و گذراندن آب از فیلتر میکرونی با چشمه ۱۰ میکرون، با استفاده از آب شیرین از طریق معادله ۱ شوری آب محیط کشت با درجه ۲۷ قسمت در هزار تنظیم شد (فلاحی و صلواتیان، ۱۳۸۵؛ اکبرپور و همکاران، ۱۳۹۳)

$$S_1V_1=S_2V_2$$

معادله ۱: معادله تنظیم شوری آب تیمارهای مختلف (S_1: شوری اولیه، V_1: حجم اولیه، S_2: شوری ثانویه، V_2: حجم ثانویه)

پس از آبگیری ظروف شیشه‌ای ۲ لیتری مربوط به تیمارهای مختلف مطالعه به میزان ۱۵۰۰ میلی لیتر و استریل نمودن آنها توسط اتوکلاو All American مدل (50X) به مدت ۲۰ دقیقه در درجه حرارت ۱۲۲ درجه سانتیگراد و فشار ۱۲۰ پوند بر اینچ مربع (Serdar *et al*., 2007; Ghezelbash *et al*., 2008a,b)، از محیط کشت کانوی جهت پرورش ریزجلبک تتراسالمیس چوئی استفاده شد (Ershad Langroudi *et al*., 2010; Coêlho *et al*., 2012).

بمنظور ایجاد شرایط بهینه پرورش، درجه حرارت محیط آزمایشگاه و pH آب به ترتیب بر روی ۲۲ درجه سانتی‌گراد و ۷/۹±۰/۲ تنظیم گردید، همچنین از دو دستگاه هواده هایلا مدل (۹۶۰۱) به عنوان منبع تأمین اکسیژن استفاده شد (اکبرپور و همکاران، ۱۳۹۳). شایان ذکر است که از لامپ‌های ۴۰ وات فلورسانس مهتاب الکتریک با طول ۱۰۰ سانتی‌متر به عنوان منبع تأمین کننده نور سفید استفاده شده که با تنظیم فاصله ظروف کشت ریزجلبک تا منبع تأمین کننده نور، با استفاده از دستگاه نور سنج دیجیتال مدل Lutran LX- 107

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

شدت‌های مختلف نوری تیمارهای مختلف مطالعه تنظیم گردید (شکل ۱).

شکل ۱: تیمارهای مختلف شدت نور ۱۰۰، ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ لوکس ریزجلبک *T. chuii*

در ادامه ۵ میلی لیتر سلول ریزجلبک گونه *T. chuii* از محیط کشت اولیه با تراکم اولیه $۳۰/۶\pm۱/۲۷\times۱۰^{۴}$ سلول در هر میلی لیتر به هر کدام از ظروف شیشه‌ای مربوط به تیمارهای مختلف شدت نوری افزوده شد.

طول دوره پرورش ریزجلبک در این مطالعه ۱۰ روز بطول انجامید، لذا در طول این مدت بمنظور تعیین میزان تراکم سلول‌های ریزجلبک *T. chuii* شمارش سلول‌های ریزجلبک در هر میلی لیتر روزانه صورت پذیرفت. بمنظور تعیین تراکم سلول‌های ریزجلبک در هر میلی‌لیتر بعد از همگن نمودن محیط کشت ریزجلبک و تثبیت ۱ میلی لیتر نمونه ریزجلبک با استفاده از فرمالین ۱۰ درصد توسط لام هموسیتومتر با استفاده از میکروسکوپ نوری مدل (ECLIPSE 9 TE2000-U, Nikon Corporation, Japan) با بزرگنمائی ۱۰۰ برابر از طریق معادله ۲ محاسبه شد (اکبرپور و همکاران، ۱۳۹۳) (Ghezelbash *et al.*, 2008a,b).

$$\text{تعداد سلول در هر میلی لیتر آب} = \frac{\text{تعداد کل جلبک‌های شمارش شده در چهار گوشه لام نئوبار}}{\text{تعداد گوشه‌ها (بلوک)} \times ۴} \times ۱۰^{۴}$$

معادله ۲: معادله تعیین تراکم سلول جلبک

بمنظور تعیین نرخ رشد ویژه در هر کدام از تیمارهای شدت نوری زمانی که تراکم سلول‌ها به حداکثر خود رسید با استفاده از معادله ۳ میزان نرخ رشد ویژه ریزجلبک تتراسالمیس در تیمارهای مختلف شدت نوری محاسبه شد (Choonawala, 2007; Ratti *et al.*, 2011).

$$\text{نرخ رشد ویژه} = \frac{\text{Ln}_{\text{تراکم ثانویه}} - \text{Ln}_{\text{تراکم اولیه}}}{\text{زمان}}$$

معادله ۳: تعیین نرخ رشد ویژه سلول‌های ریزجلبک تتراسالمیس چوئی

از سوی دیگر بمنظور جلوگیری از نوسان در دیگر فاکتورهای محیطی مقادیر مربوط به فاکتورهای فیزیکوشیمیایی از قبیل درجه حرارت، اکسیژن محلول در آب، شوری و pH به ترتیب در مقادیر ۰/۵±۲۶/۲ درجه سانتیگراد، ۰/۰۵±۴/۵ میلیگرم در لیتر، ۲۷ قسمت در هزار و ۰/۷ ±۷/۹ ثابت نگه داشته شد. در انتها داده‌های حاصل از مطالعه با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۱۰ و نرم افزار آماری SPSS (Version: 18) با استفاده از آزمون آماری ANOVA و آزمون Tukey با

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج

نتایج حاصل از مطالعه حاکی از عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار در میزان تراکم سلول‌های تیمارهای مختلف در روز اول پرورش بود (P>۰/۰۵)، لیکن از روز دوم مطالعه تراکم سلول‌های ریزجلبک در تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای شدت نوری ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ لوکس بود (P<۰/۰۵)، این در حالی بود که علیرغم بیش‌تر بودن تراکم سلول‌ها در تیمار شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس نسبت به تیمار شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس هیچ گونه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). نتایج حاصل از شمارش سلول‌های ریزجلبک در روزهای سوم و چهارم همانند نتایج بدست آمده در روز دوم مطالعه بود. این در حالی بود که از روز پنجم مطالعه تراکم سلول‌های ریزجلبک در تیمارهای شدت نوری ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس بطور معنی‌داری نسبت به ریزجلبک‌های کشت شده در تیمار شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس افزایش یافته بود (P<۰/۰۵). به گونه‌ای که حداکثر میانگین رشد ریزجلبک تتراسالمیس چوئی در تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس در روز هفتم مطالعه با میزان $۱/۳۸\times۱۰^{۶}\pm۵/۳۶\times۱۰^{۴}$ حاصل شد که بطور معنی‌داری بیش‌تر از تراکم شمارش شده در تیمارهای شدت نوری ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ لوکس بود (P<۰/۰۵).

جدول ۱: تراکم ریزجلبک در تیمارهای ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ لوکس در روزهای مختلف پرورش (میانگین±انحراف معیار) (حروف مشترک در هر ردیف نشاندهنده معنی‌دار نبودن و حروف غیرمشترک نشاندهنده معنی‌دار بودن است)

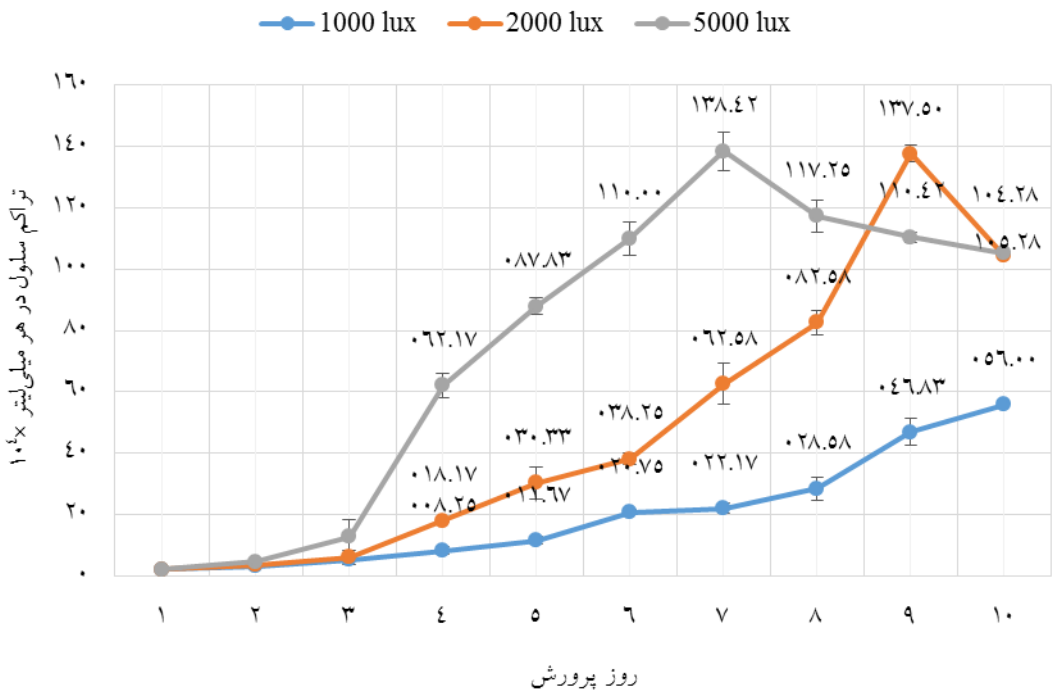
روز	۱۰۰۰ لوکس	۲۰۰۰ لوکس	۵۰۰۰ لوکس
۱	$۲/۲۳\times۱۰^{۴}\pm۱/۵۲\times۱۰^{۳}$ a	$۲/۳۳\times۱۰^{۴}\pm۲/۴۲\times۱۰^{۳}$ a	$۲/۲۴\times۱۰^{۴}\pm۱/۹۸\times۱۰^{۳}$ a
۲	$۳/۲۵\times۱۰^{۴}\pm۱/۴۴\times۱۰^{۳}$ b	$۳/۳۶\times۱۰^{۴}\pm۲/۲۰\times۱۰^{۳}$ b	$۴/۷۵\times۱۰^{۴}\pm۱/۶۵\times۱۰^{۳}$ a
۳	$۵/۲۸\times۱۰^{۴}\pm۱/۴۵\times۱۰^{۳}$ b	$۶/۲۵\times۱۰^{۴}\pm۶/۲۹\times۱۰^{۳}$ b	$۱/۲۹\times۱۰^{۵}\pm۳/۰۴\times۱۰^{۳}$ a
۴	$۸/۲۵\times۱۰^{۴}\pm۳/۸۱\times۱۰^{۳}$ b	$۱/۸۱\times۱۰^{۵}\pm۲/۳۱\times۱۰^{۴}$ b	$۶/۲۱\times۱۰^{۵}\pm۵/۶۷\times۱۰^{۴}$ a
۵	$۱/۱۶\times۱۰^{۵}\pm۱/۲۲\times۱۰^{۴}$ c	$۳/۰۳\times۱۰^{۵}\pm۶/۰۹\times۱۰^{۴}$ b	$۸/۷۸\times۱۰^{۵}\pm۳/۸۸\times۱۰^{۴}$ a
۶	$۲/۰۷\times۱۰^{۵}\pm۱/۲۸\times۱۰^{۴}$ c	$۳/۸۲\times۱۰^{۵}\pm۵/۳۷\times۱۰^{۴}$ b	$۱/۱۰\times۱۰^{۵}\pm۲/۶۴\times۱۰^{۴}$ a
۷	$۲/۲۱\times۱۰^{۵}\pm۸/۴۵\times۱۰^{۴}$ c	$۶/۲۵\times۱۰^{۵}\pm۲/۰۲\times۱۰^{۴}$ b	$۱/۳۸\times۱۰^{۶}\pm۵/۳۶\times۱۰^{۴}$ a
۸	$۲/۸۵\times۱۰^{۵}\pm۱/۶۹\times۱۰^{۴}$ c	$۸/۳۵\times۱۰^{۵}\pm۶/۷۰\times۱۰^{۴}$ b	$۱/۱۷\times۱۰^{۶}\pm۶/۲۹\times۱۰^{۴}$ a
۹	$۴/۶۸\times۱۰^{۵}\pm۳/۷۶\times۱۰^{۴}$ c	$۱/۳۷\times۱۰^{۵}\pm۳/۸۱\times۱۰^{۴}$ a	$۱/۱۰\times۱۰^{۶}\pm۵/۳۷\times۱۰^{۴}$ b
۱۰	$۵/۶۰\times۱۰^{۵}\pm۴/۳۹\times۱۰^{۴}$ b	$۱/۰۴\times۱۰^{۶}\pm۲/۷۳\times۱۰^{۴}$ a	$۱/۰۵\times۱۰^{۶}\pm۱/۷۸\times۱۰^{۴}$ a

این در حالی بود که در ادامه با کاهش تراکم سلول‌های ریزجلبک در تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس و افزایش رشد سلول‌های تیمار شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس تراکم سلول‌های ریزجلبک در روز نهم بطور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰ لوکس افزایش یافت (P<۰/۰۵). لیکن با ادامه

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

روند پرورش در روز دهم مطالعه علیرغم کاهش تراکم سلول‌های ریزجلبک تتراسالمیس چوئی در دو تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس و عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار در تراکم سلول‌های این دو تیمار (P>۰/۰۵)، مقادیر سلول‌های شمارش شده در آنها بطور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس بود (P<۰/۰۵).

همچنین بررسی مرحله انفجاری رشد سلول‌های ریزجلبک *T. chuii* حاکی از به حداکثر رسیدن میزان رشد ریزجلبک در تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس با میزان $۱/۳۸\times۱۰^{۶}\pm۵/۳۶\times۱۰^{۴}$ سلول در هر میلی‌لیتر در روز هفتم مطالعه بود که بطور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای شدت نوری ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ لوکس بود (P<۰/۰۵). این در حالی بود که حداکثر میزان تراکم ریزجلبک در تیمار شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس در روز نهم مطالعه با میزان $۱/۳۷\times۱۰^{۵}\pm۳/۸۱\times۱۰^{۴}$ سلول در هر میلی‌لیتر حاصل شده بود که این میزان بطور معنی‌داری بیش‌تر از مقادیر شمارش شده در تیمارهای شدت نوری ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰ لوکس بود (P<۰/۰۵)، لیکن در رابطه با تیمار شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس مشاهده شد که حداکثر میزان تراکم ریزجلبک تا روز دهم مطالعه $۵۶/۰۰\times۱۰^{۴}\pm۴۳/۹۴\times۱۰^{۳}$ سلول در هر میلی‌لیتر رسیده بود. (شکل ۲).



شکل ۲: روند رشد سلول‌های ریزجلبک *T. chuii* پرورش یافته در شدت‌های نوری مختلف (میانگین±انحراف معیار)

نتایج حاصل از بررسی نرخ رشد ویژه تیمارهای مختلف حاکی از افزایش معنی‌دار نرخ رشد ویژه در تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس نسبت به تیمارهای شدت نوری ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ لوکس بود ($P\leq$ ۰/۰۵) (جدول ۲).

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

جدول ۲: نرخ رشد ویژه سلول‌های ریزجلبک *T. chuii* در تیمارهای شدت نوری ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ لوکس (میانگین± انحراف معیار) با ۹۵ درصد اطمینان (حروف مشترک در هر ردیف نشاندهنده معنی‌دار نبودن و حروف غیرمشترک نشاندهنده معنی‌دار بودن است)

تیمار	۱۰۰۰ لوکس	۲۰۰۰ لوکس	۵۰۰۰ لوکس
نرخ رشد ویژه	$۲۸/۴۶\times۱۰^{-۳}\pm۰/۰۵^{c}$	$۴۰/۲۷\times۱۰^{-۳}\pm۰/۰۳۳^{b}$	$۴۸/۱۷\times۱۰^{-۳}\pm۰/۰۱۱^{a}$

بحث

ریزجلبک‌ها میکروارگانیسم‌های تک سلولی هستند که قادرند با استفاده از درجه حرارت، نور و مواد مغذی موجود در محیط کشت مواد مورد نیازشان را توسط فرآیند فتوسنتز تولید نمایند (Al-Qasmi *et al*., 2012). از این رو تا کنون مطالعات بسیاری بر روی اثرات کیفیت نور بر روی فیزیولوژی، رشد و ترکیبات ریزجلبک‌ها صورت گرفته است (Rivkin, 1989; Dubinsky *et al*., 1995; Mercado *et al*., 2004). با این وجود شدت نور، طول دوره نوری، غلظت مواد مغذی موجود در محیط کشت از مهمترین فاکتورهای مؤثر بر رشد ریزجلبک‌ها بوده (Meseck *et al*., 2005) که از این طریق آنها را قادر می‌سازد تا از طریق رژیم نوری با انجام فرآیند فتوسنتز در مرحله فتوشیمیایی آدنوزین تری فسفات (ATP) و در رژیم نوری تاریکی با انجام فرآیندهای بیوشیمیایی مولکول‌های ضروری را تولید نمایند (Al-Qasmi *et al*., 2012). بنابراین در این مطالعه از شدت‌های مختلف نور سفید ساطع شده از لامپ فلورسنت با شدت‌های نوری مختلف در یک دوره نوری ۲۴ ساعته بمنظور کشت ریزجلبک تتراسالمیس چوئی استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که میزان رشد ریزجلبک تتراسالمیس چوئی در شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس نسبت به شدت‌های نوری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس بطور معنی‌داری با افزایش همراه بود. به گونه‌ای که حداکثر میزان تراکم ریزجلیک در تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس در مقایسه با تیمارهای شدت نوری ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ لوکس در روز هفتم مطالعه حاصل شد. این در حالی بود که در تیمار شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس به فاصله دو روز بعد در روز نهم تراکم ریزجلبک به حداکثر خود رسیده بود، لیکن با وجود تابش ۲۴ ساعته نور در تیمار شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس در مقایسه با تیمارهای ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس تا روز دهم مطالعه تراکم ریزجلبک از کم‌ترین میزان خود برخوردار بود. در این رابطه نیز Meseck و همکاران (۲۰۰۵) به دنبال پرورش ریزجلبک *T. chuii* در سه شدت نوری مختلف ($\mu Einst.\ m2\ s^{-1}$ ۲۲۰، ۱۱۰ و ۷۳) و چهار دوره نوری روشنایی: تاریکی (۲۴:۰۰، ۱۶:۸، ۱۲:۱۲ و ۱۶:۸) عنوان نمودند که افزایش طول روز و شدت نور در مقایسه با کاهش طول روز و شدت نور منجر به افزایش تولید نهایی ریزجلبک و استفاده کامل از نیترات و فسفات در کوتاه‌ترین زمان ممکن می‌شود، به گونه‌ای که ریزجلبک‌هایی که تنها ۸ ساعت در روز نور دریافت نموده بودند از رشد آهسته‌تری برخوردار بودند. براساس یافته‌های بدست آمده مشاهده شد که طول روز و شدت نور مهمترین نقش را در تعیین میزان رشد و دریافت مواد مغذی در جلبک *T. chuii* ایفا می‌نماید، که با توجه به نتایج بدست آمده در مطالعه

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

حاضر می‌توان عنوان نمود که با افزایش شدت تابش نور، ریزجلبک *T. chuii* در مدت زمان کوتاه‌تری به حداکثر رشد خود خواهد رسید، لیکن با کاهش شدت نوری این مدت زمان نیز طولانی‌تر خواهد شد به گونه‌ای که رشد ریزجلبک در تیمار شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس تا روز ۱۰ پرورش با وجود صعودی بودن از تراکم کم‌تری برخوردار بود.

Yoshioka و همکاران (۲۰۱۲) نیز عنوان نمودند که رشد و تراکم ریزجلبک های دریایی ایزوکریسیس گالبانا (*Isochrysis galbana*) پرورش یافته در نور سفید فلورسنت با رژیم نوری ۲۴ ساعته در مقایسه با سیکل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بیش‌تر است. در مطالعه دیگر عنوان شد که نور قرمز زیاد ممکن است بر روی میزان رشد ریزجلبک های دریایی مؤثر باشد (Mathies, 1973) این در حالی بود که در مطالعه مذکور از نور سفید فلورسانس جهت پرورش ریزجلبک *T. chuii* استفاده شده بود از این رو del Pilar Sánchez-Saavedra و همکاران (۲۰۰۶) عنوان نمودند که نور فلورسانس موجب افزایش سنتز کاروتنوئید و کلروفیل b در *Dunaliella bardawil* می‌گردد، لیکن مواجهه با درصدپائین (۸٪) نور قرمز ساطع شده از لامپ‌های با طول موج وسیع نمی‌تواند موجب کاهش رشد جلبک *Chaetoceros* sp. شود. از سوی دیگر عنوان شد که نور آبی موجب افزایش سنتز پروتئین در ریزجلبک ها می‌گردد (Rivkin, 1989; del Pilar Sánchez-Saavedra and Voltolina, 1996). در واقع این افزایش هم در انتهای فاز رشد و انتهای فاز انفجاری رشد است که احتمالاً موجب تقسیم سریع‌تر سلول می‌شود. از سوی دیگر حجم محیط کشت ممکن است موجب تفاوت در ترکیبات ریزجلبک شود (Pernet *et al*., 2003).

از این رو می‌توان عنوان نمود که در تیمار شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس مصرف مواد مغذی موجود در محیط کشت با سرعت بیش‌تری صورت خواهد گرفت و تراکم ریزجلبک‌ها در مدت زمان کوتاه‌تری به حداکثر خود خواهد رسید که به دلیل مصرف سریع مواد مغذی و کمبود این مواد در محیط کشت، ریزجلبک‌ها به سرعت وارد مرحله اضمحال و مرگ می‌شوند (Tzovenis *et al*., 2003). لیکن با وجود طولانی شدن مرحله کشت ریزجلبک در تیمار شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس، میزان مصرف مواد مغذی موجود در محیط کشت با سرعت کم‌تری صورت گرفت، به گونه‌ای که حتی بعد از گذشت ۱۰ روز از کشت اولیه، رشد ریزجلبک‌های *T. chuii* هنوز در مرحله رشد انفجاری قرار داشت. این در حالی بود که در تیمار شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس از یک سو مصرف مواد مغذی با سرعت کم‌تری نسبت به تیمار ۵۰۰۰ لوکس صورت گرفته بود و از سوی دیگر در مقایسه با تیمار ۱۰۰۰ لوکس در مدت زمان کوتاه‌تری به حداکثر رشد خود رسیده بودند. لذا با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان عنوان نمود که بمنظور رسیدن به حداکثر میزان رشد و تراکم ریزجلبک *T. chuii* در کوتاه‌ترین زمان ممکن، با افزایش شدت تابش نور به میزان ۵۰۰۰ لوکس طول دوره پرورش را به شدت کاهش داد و در مدت زمان کوتاه‌تری به مرحله برداشت رسید. لیکن در شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس در مقایسه با شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس رسیدن به حداکثر تراکم و برداشت ریزجلبک در مرحله رشد ثابت در مدت زمان طولانی‌تری به طول خواهد انجامید با این وجود میزان

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

رشد و تراکم ریزجلبک *T. chuii* در شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس در مقایسه با سایر تیمارها از کم‌ترین میزان برخوردار بود از این رو استفاده از این شدت تنها در محیط‌های آزمایشگاهی بمنظور کشت و نگهداری ذخائر ریزجلبک‌ها ممکن است بهره گرفته شود.

منابع

۱. اکبرپور، ا.، پذیر، م. خ.، زنده بودی، ع. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف شوری بر روی میزان رشد و ترکیبات بیوشیمیایی ریزجلبک تک سلولی تتراسالمیس چوئی (*Tetraselmis chuii*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۳ (۱)، ۲۲-۹.

۲. فلاحی، م.، صلواتیان، س.م.، ۱۳۸۵. بررسی اثر غلظت‌های مختلف عنصر منیزیم بر میزان رشد و بیوماس جلبک سبز کلرولا (*Chlorella vulgaris*). پژوهش و سازندگی، ۷۲ (۳)، ۱۳-۹.

3. Akimoto, M., Yamada, H., Ohtaguchi, K., Koide, K., 1997. Photoautotrophic cultivation of the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* as a method for carbon dioxide fixation and α-linolenic acid production. Journal of the American Oil Chemists' Society, 74(18), 1-181.
4. Al-Qasmi, M., Raut, N., Talebi, S., Al-Rajhi, S., Al-Barwani, T., 2012. A review of effect of light on microalgae growth, In: Proceedings of the world congress on engineering, 4-6.
5. Borghini, F., Colacevich, A., Bergamino, N., Micarelli, P., Dattilo, A.M., Focardi, S., Focardi, S., Loiselle, S.A., 2009. The microalgae *Tetraselmis suecica* in mesocosms under different light regimes. Chemistry and Ecology, 25, 345-357.
6. Choonawala, B.B., 2007. *Spirulina* production in brine effluent from cooling towers. Durban University of Technology, 421 p.
7. Creswell, L., 2010. Phytoplankton culture for aquaculture feed. Southern Regional Aquaculture Center.
8. Da Cruz Coêlho, A.A., Barros, M.U.G., Bezerra, J.H.C., da Silva, J.W.A., Moreira, R.L., Farias, W.R.L., 2012. Growth of the microalgae *Tetraselmis tetrathele* and nitrate depletion in culture medium Guillard f/2 and Conway-doi: 10.4025/actascibiolsci. v35i2. 13971. Acta Scientiarum. Biological Sciences, 35, 163-168.
9. Del Pilar Sánchez-Saavedra, M., Voltolina, D., 1996. Effect of blue-green light on growth rate and chemical composition of three diatoms. Journal of Applied phycology, 8, 131-137.
10. Del Pilar Sánchez-Saavedra, M., Voltolina, D., 2006. The growth rate, biomass production and composition of *Chaetoceros* sp. grown with different light sources. Aquacultural engineering, 35, 161-165.
11. Dubinsky, Z., Matsukawa, R., Karube, I., 1995. Photobiological aspects of algal mass culture. Journal of Marine Biotechnology, 2, 61-65.
12. Duerr, E.O., Molnar, A., Sato, V., 1998. Cnltured microalgae as aquaculture feeds. Journal of Marine Biotechnology, 6, 65-70.
13. Ershad Langroudi, H.E., Kamali, M., Falahatkar, B., 2010. The independent effects of ferrous and phosphorus on growth and development of *Tetraselmis suecica*; an in vitro study. Caspian Journal of Enviromental Science, 8, 109-114.
14. Fábregas, J., Otero, A., Domínguez, A., Patiño, M., 2001. Growth rate of the microalga *Tetraselmis suecica* changes the biochemical composition of Artemia species. Marine biotechnology, 3, 256-263.
15. Ghezelbash, F., Farboodnia, T., Heidari, R., Agh, N., 2008a. Biochemical Effects of Different Salinities and Luminance on Green Microalgae *Tetraselmis chuii*. Research Journal of Biological Sciences, 3, 217-221.
16. Ghezelbash, F., Farboodnia, T., Heidari, R., Agh, N., 2008b. Effects of Different Salinities and Luminace on Growth Rate of the Green Microalgae *Tetraselmis chuii*. Research Journal of Biological Sciences, 3, 311 - 314.
17. Guillard, R.R.L., 1975. Culture of phytoplakton for feeding marine invertebrates. In: Smith WL, Chanle MH (eds) Culture invertebrate animals. Plenum, New York, pp. 26-60.
18. Janssen, M., 2002. Cultivation of microalgae: effect of light/dark cycles on biomass yield. publisher not identified.
19. Lourenço, S.O., 2006. Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações. RiMa São Carlos.
20. Mathies, M., Lipps, L., Smith, G.S., Walford, R.L., 1973. Age-related decline in response to phytohemagglutinin and pokeweed mitogen by spleen cells from hamsters and a long-lived mouse strain. Journal of gerontology, 28, 425-430.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]

and the Gesellschaft fur Strahlen-und Umweltforschung (GSF), Munich, Germany]; editors, Gedaliah Shelef, Carl J. Soeder.
26. Rivkin, R.B., 1989. Influence of irradiance and spectral quality on the carbon metabolism of phytoplankton. I. Photosynthesis, chemical composition and growth. Marine ecology progress series. Oldendorf, 55, 291-304.
27. Serdar, S., Lök, A., Acarli, S., Köse, A., 2007. The Effect of Two Different Culture Media and Five Different Salinities on Growth of *Tetraselmis suecica*. Rapp. Comm. int. Mer Médit, 38, 394-395.
28. Tzovenis, I., De Pauw, N., Sorgeloos, P., 2003. Optimisation of T-ISO biomass production rich in essential fatty acids: II. Effect of different light regimes on the production of fatty acids. Aquaculture, 216, 223-242.
29. Yoshioka, M., Yago, T., Yoshie-Stark, Y., Arakawa, H., Morinaga, T., 2012. Effect of high frequency of intermittent light on the growth and fatty acid profile of *Isochrysis galbana*. Aquaculture, 338, 111-117.
21. Mercado, J.M., Correa-Reyes, J.G., Lubián, L., Montero, O., Figueroa, F.L., 2004. Blue light effect on light absorption characteristics and photosynthesis of five benthic diatom species. Aquat. Bot, 78, 265-277.
22. Meseck, S.L., Alix, J.H., Wikfors, G.H., 2005. Photoperiod and light intensity effects on growth and utilization of nutrients by the aquaculture feed microalga, *Tetraselmis chui* (PLY429). Aquaculture, 246, 393 - 404.
23. Pernet, F., Tremblay, R., Demers, E., Roussy, M., 2003. Variation of lipid class and fatty acid composition of *Chaetoceros muelleri* and *Isochrysis* sp. grown in a semicontinuous system. Aquaculture, 221, 393-406.
24. Ratti, S., Knoll, A.H., Giordano, M., 2011. Did sulfate availability facilitate the evolutionary expansion of chlorophyll a+ c phytoplankton in the oceans? Geobiology, 9, 301-312.
25. Richmond, A., Vonshak, A., Arad, S.M., 1980. Environmental limitations in outdoor production of algal biomass. Algae biomass: production and use/[sponsored by the National Council for Research and Development, Israel

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1396.11.2.5.4]