



مقاله پژوهشی

اثر تنش‌های شوری و نور شدید بر وزن تر و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی جلبک سبز *Scenedesmus obliquus*

فاطمه حاجی‌زاده^{۱*}، حکیمه منصوری^۲

تاریخ پذیرش: تیر ۹۹

تاریخ دریافت: فروردین ۹۹

چکیده

در این مطالعه اثر تنش‌های شوری و نور شدید بر وزن تر، مقادیر رنگدانه‌های فتوسنتزی، پروتئین و کربوهیدرات در جلبک *Scenedesmus* مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور تنش شوری از محیط کشت BG11 با غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم استفاده شد و برای تنش نور شدید جلبک‌ها یک هفته بعد از واکشت، به مدت ۲، ۴ و ۶ روز در معرض شدت نور ۱۱۴ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه قرار گرفتند. چهارده روز بعد از واکشت، وزن تر جلبک *Scenedesmus* تحت هر دو تنش کاهش یافت. کمترین مقدار وزن تر، رنگدانه‌های فتوسنتزی، پروتئین و کربوهیدرات در غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و تیمار ۶ روزه نور شدید و بیشترین آن در نمونه‌های شاهد مشاهده شد. محتوای کاروتنوئید کل هم به شدت تحت این تنش‌ها کاهش یافت. بیشترین مقدار بتاکاروتن و لوتئین در نمونه‌های شاهد و کمترین آن‌ها در غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار شوری و تیمار ۶ روزه نور شدید مشاهده شد. محتوای آستاگزانتین در این تنش‌ها افزایش یافت و در غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و همچنین تیمار ۶ و ۴ روزه نور شدید بیشترین مقدار آستاگزانتین مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهند که کلرید سدیم در غلظت‌های اعمال شده و نیز تنش نور شدید در سطوح مختلف باعث کاهش قابل توجه رشد جلبک شد، ولی به همین نسبت مقدار آستاگزانتین را برای مقابله با این تنش‌ها افزایش داد. همچنین کاهش وزن و شاخص‌های دیگر نشان دهنده مقاومت پایین و عدم سازگاری این گونه جلبکی به شدت نور بالا و شوری زیاد است.

واژگان کلیدی: آستاگزانتین، تنش شوری، نور شدید، *Scenedesmus*.

۱- کارشناس ارشد زیست‌شناسی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

* نویسنده مسئول: f.hajizadeh@sci.uk.ac.ir

مقدمه

جلبک‌ها از قدیمی‌ترین ساکنان اقیانوس‌ها و آب‌های شیرین هستند. خلقت آن‌ها نه تنها به میلیاردها سال قبل از تاریخ حیات بشر برمی‌گردد، بلکه پیش از تمامی گونه‌های جانوری و گیاهی می‌زیسته‌اند و هم اکنون در طبیعت پیرامون ما وجود دارند و نقش بسیار مهم و کلیدی در اکوسیستم ایفا می‌کنند. جلبک‌های سبز یکی از پر تعدادترین و پراکنده‌ترین و از دید ریخت‌شناسی از متنوع‌ترین شاخه‌های جلبک‌ها به شمار می‌روند. گیاهان احتمالا از جلبک‌های سبز مشتق شده‌اند و شباهت‌های بیوشیمیایی، متابولیکی و ساختاری فراوانی با آن‌ها دارند. این جلبک‌ها علاوه بر کلروفیل‌های a و b دارای کاروتنوئیدهای مختلفی هستند که در شرایط نامطلوب محیطی ممکن است سبب تغییر رنگ جلبک به نارنجی یا قرمز شوند (Vishnevetsky et al., 1999). جلبک *Scenedesmus* یک جلبک سبز کوچک و غیرمتحرک است که متعلق به راسته Chlorococcales و خانواده Scenedesmaceae است. این جلبک معمولا در رودخانه‌های آب شیرین، دریاچه‌ها، استخرها و گاهی اوقات در زیستگاه‌های شور یافت می‌شود. از نظر ساختمانی به شکل کلنی ۲ تا ۴ سلولی است و گاهی به شکل ۸، ۱۶ و ۳۲ سلولی هم دیده می‌شود و بعضی گونه‌های *Scenedesmus* دارای زائده‌های خار مانند روی سلول‌های پیرامون کلنی هستند. تعداد و موقعیت این خارها یک ویژگی ثابت برای جداسازی گونه‌های *Scenedesmus* نیست (Trainor et al., 1976). این جلبک قادر به تجمع آستاگزانتین (Astaxanthin) و همچنین اسید چرب امگا ۳ است (Qin et al., 2008). ممکن است عوامل مختلفی مانند مواد موجود در محیط کشت روی شکل سلول‌های آن اثر بگذارد و سلول‌ها به شکل تک سلولی مشاهده شوند. این جلبک بر خلاف جلبک *Haematococcus* (مهم‌ترین منبع تولید آستاگزانتین) سیست (کیسه‌های قرمز رنگ) ندارد و آستاگزانتین را در خارج از کلروپلاست و احتمالا در اجسام چربی سیتوزولی تجمع می‌دهد (Solovchenko, 2013).

کاروتنوئیدها از نظر عملکرد به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. کاروتنوئیدهای اولیه مثل بتاکاروتن، لیکوپن، لوتئین و زآگزانتین هستند (Goodwin and Britton, 1988) که علاوه بر این که به عنوان یک

بتاکاروتن و لوتئین جزء کاروتنوئیدهای اولیه هستند که از نظر دارویی ارزش قابل توجهی دارند. از این رو، تغییرات مقدار این کاروتنوئیدها در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار گرفت.

طیف گسترده‌ای از تنش‌های محیطی زیستی و غیرزیستی مثل دمای بالا و پایین، خشکی و شوری می‌توانند به گیاه صدمه بزنند و برای آن مضر باشند (Van Breusegem et al., 2001). تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که رشد و دیگر فعالیت‌های گیاهان را محدود می‌کند (Allakhverdiev et al., 2000). این تنش تقریباً بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو جلبک‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و سبب سمیت یونی، کمبود مواد غذایی، تنش‌های اسمتیک و اکسیداتیو می‌شود. شوری همچنین منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود و این امر با کاهش در محتوای کلروفیل و رنگیزه‌های دیگر فتوسنتزی همراه است. گیاهان برای مقابله با شوری راه‌های بیوشیمیایی مختلفی دارند که از مهم‌ترین آن‌ها تولید متابولیت‌های فعال اسمزی برای کنترل جریان آب است. در شرایط این تنش مقدار کاروتنوئیدها افزایش می‌یابد. به عنوان مثال در مطالعه‌ای که بر روی جلبک *Dunaliella spp.*

کاروتنوئید نقش آنتی‌اکسیدانی دارند، در فتوسنتز و انتقال انرژی به مرکز واکنش نیز نقش دارند و در تیلاکوئیدها حضور دارند. کاروتنوئیدهای ثانویه نوع دیگری از کاروتنوئیدها هستند که بر خلاف کاروتنوئیدهای اولیه نقشی در فتوسنتز و انتقال انرژی ندارند و در خارج از تیلاکوئید قرار دارند (Solovchenko, 2013). تجمع این ترکیبات معمولاً تحت شرایط خاص اتفاق می‌افتد. از جمله کاروتنوئیدهای ثانویه مهم آستاگزانتین و کانتاگزانتین را می‌توان نام برد (Rise et al., 1994). آستاگزانتین یک کتوکاروتنوئید است که به وسیله تعداد محدودی از ریز جلبک‌ها، گیاهان، باکتری‌ها و قارچ‌ها ساخته می‌شود. در ریز جلبک‌ها آستاگزانتین در اجسام چربی سیتوزولی در شرایطی مثل نور زیاد، شوری زیاد و فقدان مواد غذایی تجمع می‌یابد (Johnson et al., 1954). خاصیت آنتی‌اکسیدانی این کاروتنوئید از بتاکاروتن و ویتامین E نیز بیشتر است (Miki, 1991)، به همین دلیل به عنوان غذا و دارو استفاده می‌شود و در آبی پروری برای غذای ماهیانی مثل سالمون، قزل‌آلا و خرچنگ‌ها، برای ایجاد رنگ قرمز و صورتی بدن آن‌ها استفاده می‌شود (Guerin et al., 2003).

کاروتنوئید آستاگزانتین و لوتئین در جلبک *Haematococcus pluvialis*، لوتئین و بتاکاروتن در جلبک *Scenedesmus* sp.، بتاکاروتن در جلبک *Dunaliella salina* و زآگزانتین و لوتئین در جلبک *Chlamydomonas reinhardtii* شد (Faraloni and Torzillo, 2017).

جلبک *Scenedesmus* دارای نرخ رشد بالایی است. این جلبک دارای مقدار قابل توجهی آستاگزانتین و اسیدهای چرب با ارزش است (Qin et al., 2008) و می‌تواند به عنوان منبع بالقوه برای تولید این ترکیبات زیستی مورد مطالعه قرار گیرد. به این منظور در مطالعه حاضر امکان افزایش تولید این کاروتنوئید با ارزش که هم اکنون به عنوان مکمل غذایی در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه و خالص‌سازی جلبک

جلبک مورد مطالعه در این پژوهش جلبک سبز *Scenedesmus obliquus* از خانواده Scenedesmaceae است. این جلبک از حوض‌های پرورش ماهی در روستای لاله‌زار از توابع شهرستان بردسیر استان کرمان جمع‌آوری و در آزمایشگاه با توجه به ویژگی‌های

انجام شد، مشخص شد تنش شوری باعث افزایش بیوسنتز و تجمع کاروتنوئیدها در این جلبک شده است (Charioui et al., 2017). همچنین مقدار کاروتنوئیدها از جمله لوتئین و بتاکاروتن در جلبک *Botryococcus braunii* تحت تنش شوری و با افزایش غلظت شوری افزایش یافت (Ranga Rao et al., 2007).

نور به عنوان منبع انرژی مهم برای زندگی گیاهان و جلبک‌ها محسوب می‌شود و نقش مهمی را در فتوسنتز و تجمع محصولات فتوسنتزی ایفا می‌کند. همچنین می‌تواند به روش‌های مختلفی از جمله بازدارندگی نوری، بر آن‌ها اثر بگذارد و در نتیجه تحت تاثیر تنش قرار گیرند. کاروتنوئیدها به عنوان رنگدانه‌های دریافت کننده نور عمل می‌کنند و به علاوه در حفاظت کلروپلاست‌ها از تنش اکسیداتیو تولید شده در نور شدید نیز اهمیت دارند (Sysoeva et al., 2010). نور شدید منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود و این امر با کاهش در محتوای کلروفیل و رنگیزه‌های دیگر فتوسنتزی همراه است. کاروتنوئیدها به عنوان یک راه برای مقابله با شرایط تنش نور شدید افزایش می‌یابند. در مطالعه‌ای که بر روی چند ریزجلبک انجام شد تنش نور شدید باعث افزایش محتوای کاروتنوئیدی از جمله

کشت جلبک مورد مطالعه

محیط کشت مورد استفاده در این پژوهش محیط BG-11 حاوی نیتрат بود (Guillard, 1975). محیط کشت تهیه شده به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۲ اتمسفر اتوکلاو شد. بعد از سرد شدن محیط کشت مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول ویتامین B₁₂ با غلظت نهایی ۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر (محلول ویتامین با آب مقطر اتوکلاو شده استریل تهیه شد) به محیط کشت اضافه شد (Guillard, 1975) و در نهایت pH آن روی ۶/۸ تنظیم شد. برای کشت جلبک‌ها از ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری و از ۲۰ میلی‌لیتر محیط کشت پایه برای واکشت استفاده شد. جلبک‌ها در شرایط نوری ۵۷ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲۲±۲ درجه سانتی‌گراد کشت شدند.

برای اعمال تنش شوری، محیط کشت‌هایی با غلظت‌های ۰ (شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تهیه شدند و به وسیله ۲۰ میلی‌لیتر محیط کشت پایه ۷ روزه واکشت

ریخت‌شناسی شناسایی شد مانند داشتن کلنی‌هایی با ۲ تا ۴ سلول و گاهی تا ۸، ۱۶ و ۳۲ سلول که سلول‌ها به شکل استوانه‌ای و از پهلو به هم متصل بودند. به منظور خالص‌سازی جلبک مورد مطالعه نمونه‌های جمع‌آوری شده ابتدا به محیط کشت حاوی نیترات BG-11 منتقل شدند. بعد از این که نمونه‌ها در این محیط به اندازه کافی رشد کردند (تقریباً به مدت یک ماه)، خالص‌سازی با روش‌های متفاوت صورت گرفت. استفاده از کشت جامد برای ایجاد کلنی و کشت خالص امکان‌پذیر نبود چون این جلبک در کشت جامد کلنی تولید نکرد. بنابراین با استفاده از روش‌هایی مانند استفاده از فیلترهایی با قطر منافذ مختلف، سانتریفیوژ با دور کم، استفاده از کلرید سدیم (NaCl) برای از بین بردن تاژکداران و کاهش اسیدیته محیط برای حذف دیاتومه‌ها، محیط کشت خالص به دست آمد (فرامرزی و همکاران، ۱۳۸۹). برای خالص‌سازی محیط از سیانوباکتری‌ها و باکتری‌ها از مقدار معین از آنتی‌بیوتیک (پنی‌سیلین) با غلظت ۰/۰۱ گرم در میلی‌لیتر استفاده شد.

سنجش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی
سنجش مقدار کلروفیل‌های a و b و
کاروتنوئیدها از روش Dere و همکاران (۱۹۹۸)
انجام شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول
موج‌های ۴۷۰، ۶۵۳ و ۶۶۶ با استفاده از دستگاه
اسپکتروفتومتر (Varian, Carry 50، استرالیا)
خوانده شد و غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از
رابطه‌های ۱ تا ۳ محاسبه شد (Kumar et al.,
2010).

رابطه ۱:

$$\text{Chl}_a = 15.65A_{666} - 7.340A_{653}$$

Chl_a: مقدار کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)؛
A₆₆₆: جذب نمونه در طول موج ۶۶۶ نانومتر؛
A₆₅₃: جذب نمونه در طول موج ۶۵۳ نانومتر.

رابطه ۲:

$$\text{Chl}_b = 27.05A_{653} - 11.21A_{666}$$

Chl_b: مقدار کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)؛
A₆₅₃: جذب نمونه در طول موج ۶۵۳ نانومتر؛
A₆₆₆: جذب نمونه در طول موج ۶۶۶ نانومتر.

رابطه ۳:

$$\text{Car}_{x+c} = 10005A_{470} - 2.860\text{Chl}_a - (85.9\text{Chl}_b / 245)$$

Car_{x+c}: مقدار کاروتنوئید کل (میلی‌گرم بر گرم وزن
تر)؛ Chl_a: مقدار کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن
تر)؛ Chl_b: مقدار کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن
تر)؛ A₄₇₀: جذب نمونه در طول موج ۴۷۰ نانومتر.

و سوسپانسیون‌های جلبکی در ارلن‌های ۲۵۰
میلی‌لیتری به مدت یک هفته نگهداری شدند.
برای اعمال تنش نور شدید، ابتدا جلبک‌ها به
مدت یک هفته در شرایط نور عادی رشد کردند
و سپس محیط کشت‌ها به مدت ۲، ۴ و ۶ روز
در شدت نور ۱۱۴ میکرومول فوتون بر متر مربع
در ثانیه قرار گرفتند. نمونه‌های شاهد همزمان
در شدت نور ۵۷ میکرومول فوتون بر متر مربع
در ثانیه با دوره نوری و تاریکی یکسان قرار
گرفتند. بنابراین اعمال تیمارهای تنش از ابتدای
تلقیح نبوده است (یک هفته در شرایط عادی در
ظروف ۲۵۰ میلی‌لیتر واکشت داده شدند بعد
یک هفته تحت تیمارهای تنشی قرار گرفتند).
بعد از ۱۴ روز نمونه‌های هر دو تیمار با استفاده
از سانتریفیوژ جمع‌آوری و آنالیزهای مورد نظر
روی آن‌ها انجام شد.

اندازه‌گیری وزن تر

به منظور اندازه‌گیری وزن تر ابتدا لوله‌های
آزمایش خالی وزن شدند، سپس محیط کشت
حاوی جلبک سانتریفیوژ شد و محیط کشت
جلبک دور ریخته شد. با کاغذ صافی آب اطراف
جلبک‌ها کاملاً گرفته شد و لوله‌ها دوباره وزن
شدند. تفاضل وزن نهایی از وزن اولیه وزن
نمونه‌های جلبکی را نشان داد.

سنجش محتوای پروتئین کل

به منظور سنجش محتوای پروتئین کل از دستگاه اسپکتوفتومتر و طول موج ۵۹۵ نانومتر استفاده شد. غلظت پروتئین با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد و مقدار آن بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آمد (Bradford, 1976).

سنجش محتوای قند کل

برای سنجش قند کل و همچنین استخراج قند از جلبک از روش رنگ‌سنجی فنل سولفوریک اسید استفاده شد. جذب نمونه‌ها در ۴۹۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه مقدار قند از منحنی استاندارد گلوکز استفاده شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آمد (Dubois et al., 1956).

عملیات آماری

در این مطالعه برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18 و آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) بررسی شدند و میانگین‌ها با پس‌آزمون دانکن مقایسه شدند.

عصاره‌گیری برای سنجش مقدار لوتئین و بتاکاروتن هم با روش Dere و همکاران (۱۹۹۸) انجام شد. سپس جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر برای بتاکاروتن در طول موج ۴۵۳ نانومتر و برای لوتئین در طول موج ۴۴۶ نانومتر خوانده شد (Pocock et al., 2005). غلظت این رنگیزه‌ها با استفاده از ضریب خاموشی ۲۶۲۰ میلی‌لیتر در گرم در سانتی‌متر برای بتاکاروتن و ۲۵۴۰ میلی‌لیتر در گرم در سانتی‌متر برای لوتئین محاسبه و بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر به دست آمد (Dere et al., 1998).

سنجش محتوای آستاگزانتین

سنجش مقدار آستاگزانتین با روش اسپکتروفتومتری انجام شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۹۲ نانومتر خوانده شد و غلظت آستاگزانتین از رابطه ۴ محاسبه شد (Li et al., 2012).

رابطه ۴:

$$A_{492} = 0.222C + 0.0104$$

A₄₉₂: جذب نمونه در طول موج ۴۹۲ نانومتر؛ C: غلظت آستاگزانتین (میکروگرم بر گرم وزن تر).

شوری محتوای کاروتنوئید کل روند کاهشی نشان داد. همه غلظت‌ها اثر قابل توجهی روی کاهش مقدار کاروتنوئید کل نسبت به نمونه شاهد داشتند.

تغییرات محتوای آستاگزانتین، بتاکاروتن و لوتئین در تنش شوری

مطابق شکل ۲ (ستون اول) مقدار آستاگزانتین (As) بر خلاف کاروتنوئیدهای دیگر در تنش شوری افزایش یافت. با افزایش شدت تنش محتوای آستاگزانتین هم افزایش بیشتری نشان داد. مقدار آستاگزانتین در جلبک‌های تیمار شده با غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ۱/۷ برابر نمونه شاهد بود.

شکل ۲ (ستون دوم) محتوای بتاکاروتن (Bc) را در تنش شوری نشان می‌دهد. طبق این نتایج مشخص می‌شود که بتاکاروتن در تیمار شوری کاهش یافت. این کاهش در غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار نمک بسیار شدید بود. نتایج به دست آمده از سنجش مقدار لوتئین (Lu) در تنش شوری در شکل ۲ (ستون سوم) آورده شده است. تنش شوری محتوای لوتئین را هم مانند رنگیزه‌های دیگر به غیر از آستاگزانتین کاهش داد و با افزایش مقدار شوری محتوای لوتئین کاهش بیشتری یافت. بیشترین مقدار

برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 استفاده شد.

نتایج

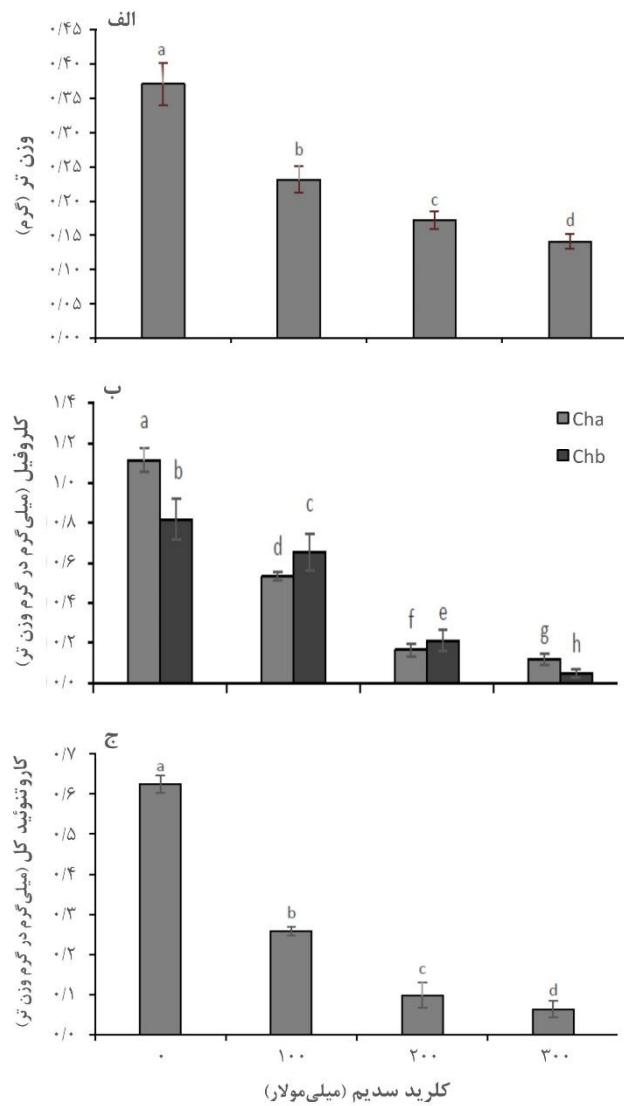
تأثیر تنش شوری بر وزن تر، کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئید کل

شکل ۱- الف نشان می‌دهد که تنش شوری باعث کاهش وزن تر جلبک *Scenedesmus obliquus* شده است. با افزایش غلظت کلرید سدیم و شدت تنش مقدار وزن تر کاهش یافت. غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار شوری نسبت به بقیه غلظت‌ها اثر بیشتری روی وزن تر گذاشت و وزن تر را بیشتر کاهش داد.

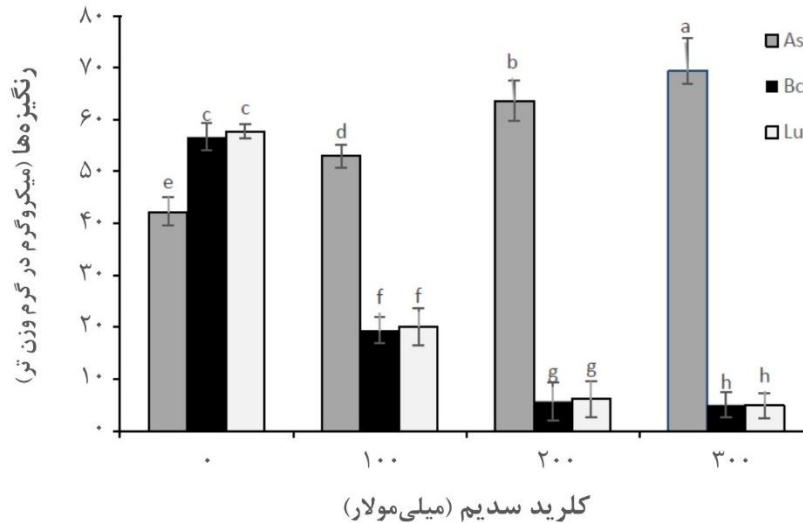
در شکل ۱- ب نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری کلروفیل‌های a و b در تنش شوری مشاهده می‌شود. تنش شوری باعث کاهش محتوای کلروفیل‌های a و b شد. با افزایش غلظت کلرید سدیم کلروفیل‌های a و b کاهش بیشتری نشان دادند. کاهش مقدار کلروفیل b کمتر از کلروفیل a بود و باعث شد که در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مقدار کلروفیل b بیشتر از کلروفیل a باشد.

طبق شکل ۱- ج اندازه‌گیری محتوای کاروتنوئید کل هم تغییراتی مشابه کلروفیل‌های a و b داشت. به طوری که با افزایش مقدار

این رنگیزه در نمونه شاهد و کمترین مقدار در ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار شوری سنجش شد.



شکل ۱: اثر تنش شوری بر (الف) وزن تر، (ب) مقدار کلروفیل‌های *a* (Cha) و *b* (Chb) و (ج) کاروتنوئید کل در جلبک *Scenedesmus obliquus* (میانگین \pm خطای استاندارد). حروف غیر یکسان تفاوت معنی‌دار بین غلظت‌ها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).



شکل ۲: اثر تنش شوری بر محتوای آستاگزانتین (As)، بناکاروتن (Bc) و لوتئین (Lu) در جلبک *Scenedesmus obliquus* (میانگین \pm خطای استاندارد). حروف غیریکسان تفاوت معنی‌دار بین غلظت‌ها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

قند در غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار شوری مشاهده شد.

تأثیر تنش نور شدید بر وزن تر، کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئید کل

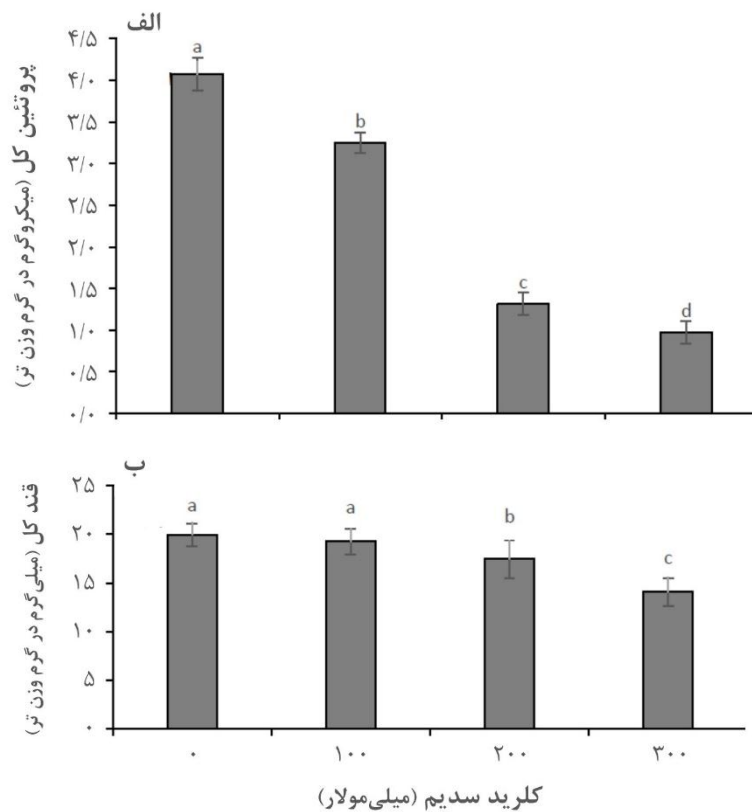
شکل ۴- الف نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری وزن تر را در تنش نور شدید نشان می‌دهد. تنش نور شدید باعث کاهش وزن تر شد. با افزایش مدت زمان نور شدید وزن تر کاهش یافت. بین تیمار ۴ و ۶ روزه تفاوت معنی‌داری در کاهش وزن تر مشاهده نشد.

تغییرات محتوای پروتئین و قند کل در تیمار شوری

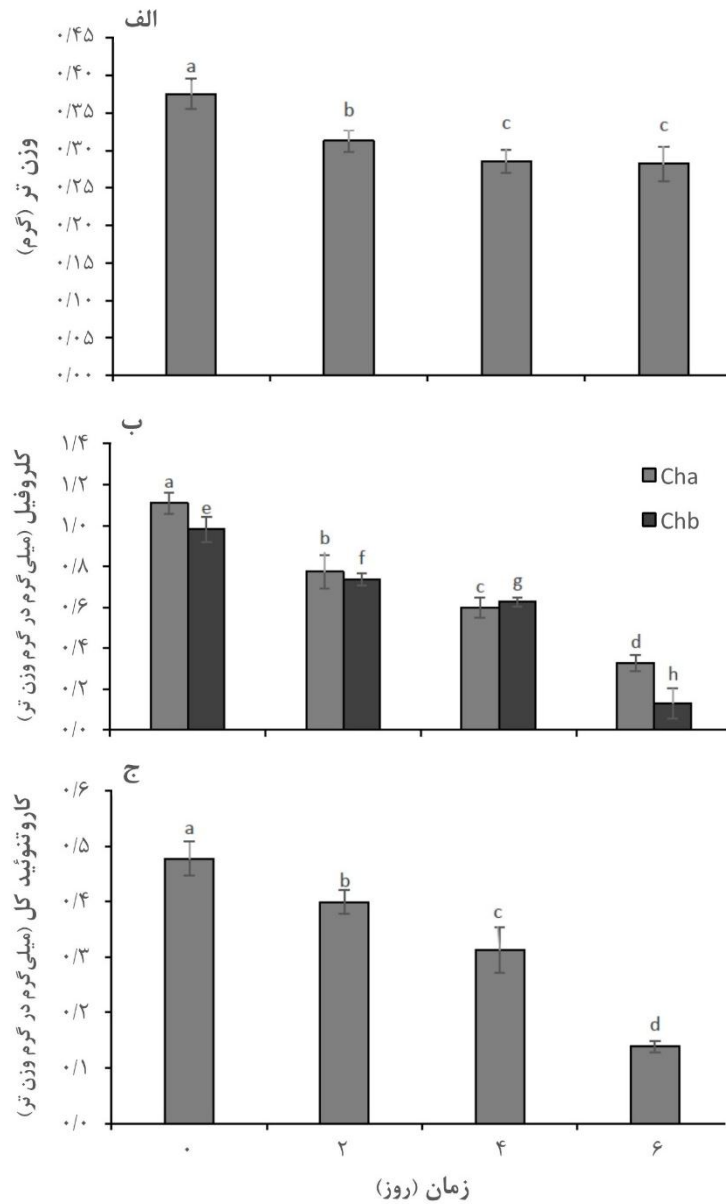
طبق نتایج شکل ۳- الف مشخص می‌شود که تنش شوری محتوای پروتئین کل را در جلبک کاهش داد. به طوری که با افزایش غلظت نمک کاهش بیشتری در مقدار پروتئین مشاهده شد.

در شکل ۳- ب نتایج به دست آمده از سنجش قند کل مشاهده می‌شود. با افزایش مقدار شوری محتوای قند کل کاهش یافت. در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار مقدار قند تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد، کمترین مقدار

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری کلروفیل‌های a و b در شکل ۴-ب مشاهده می‌شود. مقادیر کلروفیل‌های a و b تحت تنش نور شدید کاهش معنی‌داری نشان دادند. بیشترین کاهش در تیمار ۶ روز مشاهده شد. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری کاروتنوئید کل در شکل ۴-ج نشان داده شده است. با افزایش مدت زمان تیمار نور شدید مقدار کاروتنوئید کل کاهش یافت. تیمار ۶ روزه نور شدید باعث کاهش بیشتر کاروتنوئید کل شد و تفاوت معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد نشان داد. تغییرات محتوای کاروتنوئید کل مشابه تغییرات مشاهده شده در کلروفیل بود.



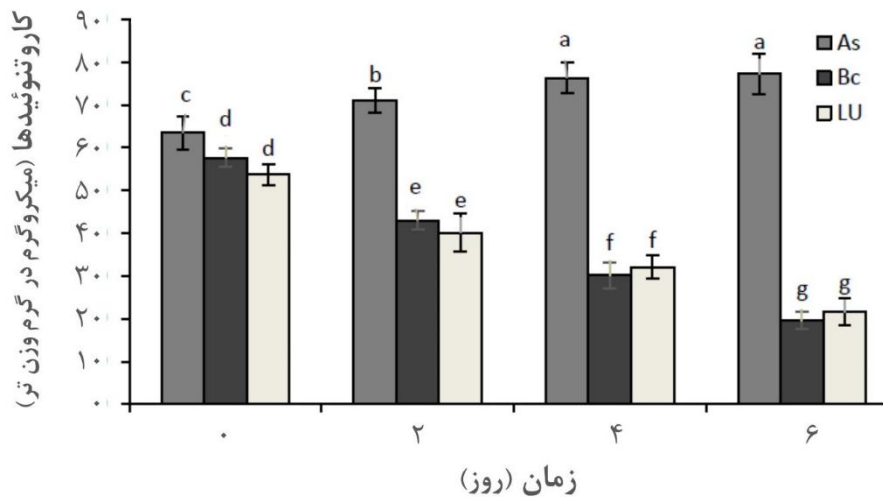
شکل ۳: اثر تنش شوری بر محتوای پروتئین (الف) و قند کل (ب) در جلبک *Scenedesmus obliquus* (میانگین \pm خطای استاندارد). حروف غیریکسان تفاوت معنی‌دار بین غلظت‌ها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).



شکل ۴: اثر تنش نور شدید با شدت ۱۱۴ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه بر (الف) وزن تر، (ب) مقدار کلروفیل‌های *a* (Cha) و *b* (Chb) و (ج) کاروتنوئید کل در جلبک *Scenedesmus obliquus* (میانگین ± خطای استاندارد). حروف غیریکسان تفاوت معنی‌دار بین غلظت‌ها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

در تنش نور شدید کاهش یافت. مقدار بتاکاروتن با افزایش مدت زمان نور شدید کاهش بیشتری نشان داد. کمترین مقدار بتاکاروتن در جلبک‌های تیمار شده ۶ روزه مشاهده شد. در شکل ۵ (ستون سوم) نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری محتوای لوتئین (Lu) در تنش نور شدید آورده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که مقدار لوتئین نیز در نور شدید کاهش یافت. همانند بتاکاروتن و کلروفیل‌ها بیشترین مقدار لوتئین در نمونه شاهد و کمترین آن در تیمار ۶ روزه مشاهده شد.

تغییرات محتوای آستاگزانتین، بتاکاروتن و لوتئین در تنش نور شدید
طبق شکل ۵ (ستون اول) نور شدید مقدار آستاگزانتین (As) را افزایش داد. بین تیمار ۴ و ۶ روزه تفاوت معنی‌داری در افزایش آستاگزانتین مشاهده نشد. این نتیجه منطبق بر کاهش وزن ایجاد شده در این شرایط بود که نشان می‌دهد افزایش مقدار آستاگزانتین با کاهش وزن تر رابطه عکس دارد. حتی در تیمارهای ۴ و ۶ روزه که وزن تر مشابه بود مقدار آستاگزانتین هم یکسان بود. شکل ۵ (ستون دوم) نشان می‌دهد که محتوای بتاکاروتن (Bc)



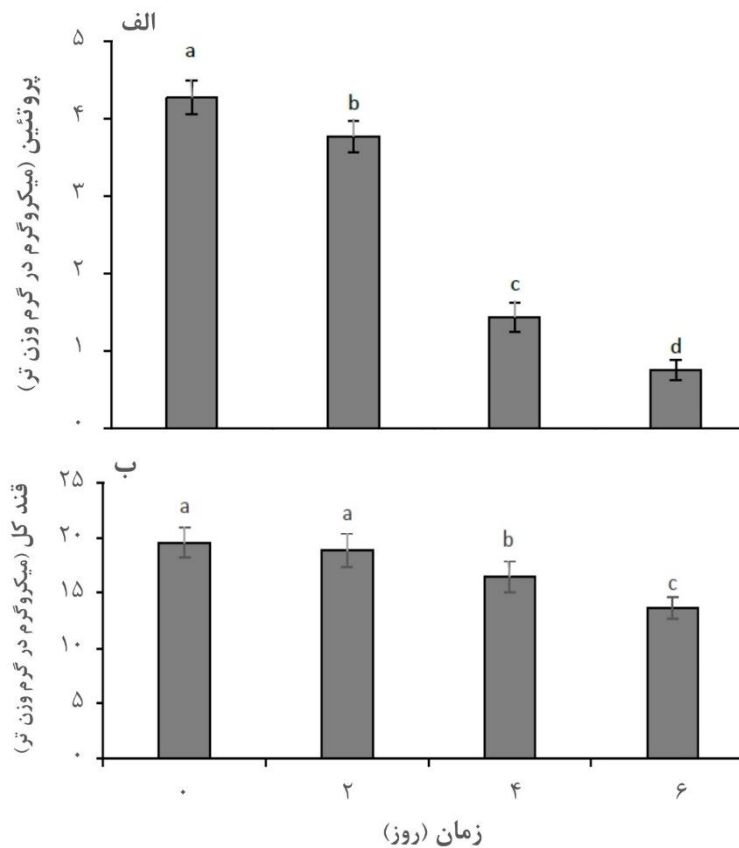
شکل ۵: اثر تنش نور شدید با شدت ۱۱۴ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه بر محتوای آستاگزانتین (As)، بتاکاروتن (Bc) و لوتئین (Lu) در جلبک *Scenedesmus obliquus* (میانگین \pm خطای استاندارد). حروف غیریکسان تفاوت معنی‌دار بین غلظت‌ها را نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

تغييرات محتوای پروتئين و قند کل در تيمار نور شديد

پروتئين كل هم کاهش بيشتري نشان داد. تيمار ۲ روز در مقايسه با ۴ و ۶ روز اثر كمتري بر کاهش پروتئين كل داشت.

نتايج به دست آمده از سنجش مقدار پروتئين كل در شكل ۶- الف نشان داده شده است. تنش نور شديد محتوای پروتئين كل را کاهش داد. با افزايش مدت زمان نور شديد

شكل ۶- ب نتايج به دست آمده از سنجش محتوای قند كل را در تيمار نور شديد نشان می دهد.



شكل ۶: اثر تنش نور شديد با شدت ۱۱۴ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه بر محتوای پروتئين (الف) و قند کل (ب) در جلبک *Scenedesmus obliquus* (میانگین \pm خطای استاندارد). حروف غير يکسان تفاوت معنی دار بين غلظت ها را نشان می دهد ($P < 0.05$).

حق جو، ۱۳۹۷). مطابق نتایج مطالعه حاضر، در برخی مطالعات گزارش شده است که تنش شوری و نور شدید باعث کاهش رشد و کاهش تعداد سلول‌ها در جلبک *Haematococcus pluvialis* شد (Borowitzka et al., 1991; Harker et al., 1996). مقدار زیست‌توده جلبک *Scenedesmus quadricauda* نیز در تیمار شوری کاهش یافت (Kirrolia et al., 2011). تنش نور شدید باعث کاهش تعداد سلول‌ها در جلبک سبز آبی *Anabaena variabilis* شد (Sanda et al., 2012). شرایط تنش باعث کاهش فتوسنتز و رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود همان طور که نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری کلروفیل و رنگیزه‌های دیگر در این پژوهش نشان داد که هر دو تنش باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها شد. بر خلاف نتایج مطالعه حاضر افزایش تنش شوری باعث افزایش میزان بتاکاروتن در جلبک سبز *D. salina* شد (شریعتی و مددکار حق جو، ۱۳۹۷). مطابق نتایج پژوهش حاضر، گزارش شده است که غلظت‌های پایین (۰/۲ تا ۱ میلی‌مولار) کلرید سدیم باعث کاهش مقدار کلروفیل کل در جلبک *S. quadricauda* شد (Kirrolia et al., 2011). همچنین مقدار کلروفیل کل و

تنش نور شدید سبب کاهش محتوای قند کل شد. بین جلبک‌هایی که ۲ روز با نور شدید تیمار شدند و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و هر دو بیشترین مقدار را داشتند. با افزایش شدت تنش محتوای قند کاهش بیشتری نشان داد.

بحث

در حال حاضر جلبک‌ها به عنوان منابع جدید غذا، دارو، سوخت و غیره مورد توجه قرار گرفته‌اند. از طرفی افزایش روز افزون شوری آب‌ها و خاک‌ها و همچنین نور شدید مشکلات جدی برای رشد جلبک‌ها و دیگر موجودات زنده هستند. در این مطالعه پاسخ جلبک *Scenedesmus obliquus* که می‌تواند منبع بالقوه‌ای برای تولید لیپید، امگا ۳، آستاگزانتین و غذای آبزیان و ماهی‌ها باشد، با تغییرات شوری و نور شدید مورد بررسی قرار گرفت.

شرایط تنش محیطی باعث کاهش رشد و وزن در گیاهان و همچنین جلبک‌ها می‌شود. در این مطالعه نیز تنش شوری وزن تر را در ریزجلبک تحت تیمار کاهش داد. همانند نتایج پژوهش حاضر افزایش میزان تنش شوری موجب کاهش نرخ رشد سلول‌ها در جلبک سبز *Dunaliella salina* شد (شریعتی و مددکار

اشعه UV افزایش یافت (Garbayo et al., 2000). این تفاوت‌ها نشان دهنده تفاوت در مقاومت گونه‌های مختلف جلبک در برابر تنش است.

گیاهان و جلبک‌ها برای مقابله با شرایط تنش راهکارهای زیادی دارند که افزایش قابلیت سیستم آنتی‌اکسیدانی برای از بین بردن رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن از جمله آن‌ها است. کاروتنوئیدها مثالی از سیستم آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی برای از بین بردن این ترکیبات هستند (Britton, 1995; Britton et al., 1998). در مطالعه حاضر تنش‌های اعمال شده به طور معنی‌داری باعث کاهش مقدار کاروتنوئید کل، بتاکاروتن و لوتئین شدند اما مقدار کاروتنوئید ثانویه آستاگزانتین افزایش یافت. احتمالاً چون آستاگزانتین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی عمل می‌کند، می‌تواند در این جلبک به تنهایی این نقش را ایفا کند. بر خلاف نتایج پژوهش حاضر تنش شوری باعث افزایش مقدار بتاکاروتن در جلبک *D. salina* شد (Moein and Shariati, 2011). مشابه نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر Harker و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که غلظت‌های متفاوت کلرید سدیم باعث افزایش مقدار آستاگزانتین در جلبک *H. pluvialis* شد.

کاروتنوئید در *H. pluvialis* در تنش شوری با غلظت‌های خیلی بالا کاهش یافت (Sarada et al., 2002). تنش شوری در سطوح بالای غلظت نمک باعث کاهش مقدار رنگیزه‌هایی مثل کلروفیل‌ها و ویولاگزانتین در گیاه *Paulownia fortunei* شد (Astorga and Melendez, 2010). گزارش‌های مبنی بر کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش نور شدید وجود دارد. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری کلروفیل و رنگیزه‌های دیگر در مطالعه حاضر نشان داد که تنش نور شدید هم باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها شده است. در مطالعه‌ای که حلمی سرشت و همکاران (۱۳۹۴) انجام دادند، گزارش کردند که تنش نور در سطوح ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ لوکس تاثیر معنی‌داری بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و پروتئین نداشت، اما تاثیر معنی‌داری در افزایش میزان تولید چربی داشت. مطابق نتایج مطالعه حاضر تنش نور شدید باعث کاهش کلروفیل‌های a و b و افزایش کاروتنوئید در جلبک سبز *D. salina* شد (Zarandi-Miandoab et al., 2015). بر خلاف نتایج پژوهش حاضر مقدار بتاکاروتن و لوتئین در جلبک *Chlamydomonas acidophila* تحت تنش‌هایی مثل نور شدید و

درصد وزن تر جلبک شد که می‌تواند نشان دهنده مقاومت نسبتا بالای جلبک به شوری باشد. در شرایط تنش نور شدید هم محتوای ترکیبات آلی از جمله پروتئین و قند کل کاهش یافت. بر خلاف نتایج این مطالعه، گزارش شده است مقدار پروتئین و همچنین کربوهیدرات کل در جلبک *D. salina* تحت تنش نور شدید افزایش یافت که این افزایش نشان دهنده پاسخ‌های مختلف گونه‌های جلبکی در برابر شرایط تنش بوده است (Zarandi-Miandoab et al., 2015).

کاروتنوئید آستاگزانتین از کاروتنوئید بتاکاروتن مشتق می‌شود. بنابراین در شرایط تنش که تولید آستاگزانتین افزایش می‌یابد بتاکاروتن به عنوان ماده اولیه کاهش می‌یابد. بتاکاروتن طی چندین مرحله و با کمک چند آنزیم از پیش ماده بیست کربنه ژرانیل ژرانیل پیروفسفات تولید می‌شود. بتاکاروتن تولید شده از مراحل قبل باز طی چندین مرحله به بتاکریپتوگزانتین، زئاگزانتین، آدنوگزانتین و در نهایت به آستاگزانتین تبدیل می‌شود.

با توجه به نتایج به دست آمده، اگر هدف از کشت این جلبک استخراج آستاگزانتین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان باشد، تنش‌های مورد استفاده در این مطالعه مناسب نیستند. زیرا با

همچنین در پژوهش حاضر بر خلاف انتظار تنش نور شدید به طور معنی‌داری باعث کاهش مقدار کاروتنوئید کل، بتاکاروتن و لوتئین شد. بر خلاف کاروتنوئیدهای اولیه (بتاکاروتن و لوتئین) مقدار کاروتنوئید ثانویه آستاگزانتین افزایش یافت. مشابه نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر Harker و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که نور شدید باعث افزایش مقدار آستاگزانتین در جلبک *H. pluvialis* شد.

در شرایط تنش محیطی محتوای ترکیبات آلی از جمله پروتئین و قند کل کاهش می‌یابد. مطابق نتایج مطالعه حاضر، گزارش شده است که تنش شوری در سطوح بالای غلظت نمک باعث کاهش مقدار پروتئین‌ها در گیاه *P. fortunei* شد (Astorga and Melendez, 2010). بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، تنش شوری در غلظت‌های ۰/۶، ۰/۸ و ۱ میلی‌مولار کلرید سدیم باعث افزایش مقدار پروتئین‌ها در جلبک سبز *S. quadricauda* شد. همچنین مقدار کربوهیدرات کل تحت تنش شوری در این جلبک افزایش یافت (Kirrolia et al., 2011). با توجه به غلظت‌های استفاده شده در مطالعه حاضر، احتمالا غلظت‌های پایین نمک باعث تحریک رشد شد، ولی افزایش دو برابری شوری از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌مولار فقط باعث کاهش ۲۵

توجه به کاهش زیست‌توده و میزان افزایش
آستاگزانتین تنش‌های مورد بررسی در این
مطالعه پتانسیل لازم برای افزایش قابل توجه
میزان آستاگزانتین در جلبک *Scenedesmus*
را ندارند.

منابع

- محتوایی جلبک تک سلولی دو نالیه لاسالینا (*Dunaliella salina*) جدا شده از مرداب گاوخونی اصفهان. مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان، ۱۴(۲): ۵۵-۶۶.
- فرامرزی م.، فروتن فرح. و شکیبایی م. ۱۳۸۹. بیوتکنولوژی ریزجلبک‌ها. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۹۳ص.
- Allakhverdiev S.I., Sakamoto A., Nishiyama Y., Inaba M. and Murata N. 2000.** Ionic and osmotic effects of NaCl induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiology*, 123: 1047–1056.
- Astorga G. and Melendez L. 2010.** Salinity effects on protein content, lipid peroxidation, pigments and proline in *Paulownia imperialis* (Siebold & Zuccarini) and *Paulownia fortunei* (Seemann & Hemsley) grown in vitro. *Electronic Journal of Biotechnology*, 13(5): 1–13.
- Borowitzka M., Huisman J. and Osborn A. 1991.** Culture of the astaxanthin- producing green alga *Haematococcus pluvialis*. *Journal of Applied Phycology*, 3: 295–304.
- Bradford M.M. 1976.** A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248–254.
- Britton G. 1995.** Structure and properties of carotenoids in relation to function. *Journal of Faseb*, 9(15): 1551–1558.
- Britton G., Liaaen-Jensen S. and Pfander H. 1998.** Carotenoids: Biosynthesis and metabolism. Birkhauser Basel, Switzerland. 400P.
- Charioui I., Chikhaoui M., El Filali F., Abbassi M., Banaoui A. and Kaaya A. 2017.** Production in cell biomass and carotenoids under the effect of a saline stress in microalgae *Dunaliella* spp. isolated from Moroccan Saharian Saline. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(8): 286–294.
- Dere S., Gunes T. and Sivaci R. 1998.** Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algal species using different
- حلمی سرشت م.، سعادت‌مند س. و خاوری‌نژاد ر. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر شدت نور و pH بر میزان رشد، محتوای پروتئین و چربی در *Spirulina platensis* مجله زیست‌شناسی کاربردی، ۲۸(۱): ۳۷-۵۰.
- شریعتی م. و مددکار حق‌جو ر. ۱۳۹۷. بررسی اثر تنش شوری بر میزان بتاکاروتن و کلروفیل

- solvents. *Journal of Botany*, 22: 13–17.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F. 1956.** Phenol sulphuric acid method for total carbohydrate. *Analytical Chemistry*, 26: 350.
- Faraloni C. and Torzillo G. 2017.** Synthesis of antioxidant carotenoids in microalgae in response to physiological stress. P: 143–157. In: Cvetkovic D.J. and Nikolic G.S. (Eds.). *Carotenoids*. IntechOpen, UK.
- Garbayo I., Cuaresma M., Vilchez C. and Vega M. 2000.** Effect of abiotic stress on the production of lutein and β -carotene by *Chlamydomonas acidophila*. *Process Biochemistry*, 2: 111–119.
- Goodwin T. and Britton G. 1988.** Distribution and analysis of carotenoids. P: 61–132. In: Goodwin T.W. (Ed.). *Plant Pigments*. Academic Press, Cornwall.
- Guerin M., Huntley M.E. and Olaizola M. 2003.** *Haematococcus* astaxanthin: Applications for human health and nutrition. *Trend in Biotechnology*, 21: 210–216.
- Guillard R.R.L. 1975.** Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. P: 26–60. In: Smith W.L. and Chanley M.H. (Eds.). *Culture of Marine Invertebrate Animals*. Plenum Press, USA.
- Harker M., Tsavalos A. and Young A. 1996.** Factors responsible for astaxanthin formation in the chlorophyte *Haematococcus pluvialis*. *Bioresource Technology*, 55: 207–214.
- Johnson J., Racusen D. and Bonner J. 1954.** The metabolism of isoprenoid precursors in a plant system. *National Academy of Sciences*, 40(11): 1031–1037.
- Kirrolia A., Bishnoia N. and Singh N. 2011.** Salinity as a factor affecting the physiological and biochemical traits of *Scenedesmus quadricauda*. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 2(4): 28–34.
- Kumar P., Ramakritinan C.M. and Kumaraguru A.K. 2010.** Solvent extraction and spectrophotometric determination of pigments of some algal species from the shore of Puthumadam, Southeast Coast of India. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 4(1): 29–34.
- Li Y., Miao F., Geng Y., Lu D., Zhang C. and Zeng M. 2012.** Accurate quantification of astaxanthin from *Haematococcus* crude extract spectrophotometrically. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 30(4): 627–637.
- Miki W. 1991.** Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure and Applied Chemistry*, 63: 141–146.

- Moein M. and Shariati M. 2011.** Effect of salicylic acid and salt stress on growth (cell division), photosynthetic pigments and beta-carotene content of unicellular alga *Dunaliella salina* Teod. Iranian Journal of Biology, 23(5): 638–647.
- Pocock T., Krol M. and Huner N. 2005.** The determination and quantification of photosynthetic pigments by reverse phase high-performance liquid chromatography, thin-layer chromatography, and spectrophotometry. Methods in Molecular Biology, 274: 137–148.
- Qin S., Liu G. and Hu Z. 2008.** The accumulation and metabolism of astaxanthin in *Scenedesmus obliquus* (Chlorophyceae). Process Biochemistry, 43: 795–802.
- Ranga Rao A., Dayananda C., Sarada R., Shamala T.R. and Ravishankar G.A. 2007.** Effect of salinity on growth of green alga *Botryococcus braunii* and its constituents. Bioresource Technology, 98: 560–556.
- Rise M., Cohen E., Vishkautsan M., Cojocar M., Gottlieb H.E., and Arad S.M. 1994.** Accumulation of secondary carotenoids in *Chlorella zofingiensis*. Journal of Plant Physiology, 144: 287–292.
- Sanda O., Cosmin S. and Teodor R. 2012.** Influence of high light intensity on the cells of cyanobacteria *Anabaena variabilis* sp. atcc 29413. Journal of Plant Development, 19: 23–28.
- Sarada R., Tripathi U. and Ravishankar G.A. 2002.** Influence of stress on astaxanthin production in *Haematococcus pluvialis* grown under different culture conditions. Process Biochemistry, 37: 623–627.
- Solovchenko A.E. 2013.** Physiology and adaptive significance of secondary carotenogenesis. Russian Journal of Plant Physiology, 60(1): 1–13.
- Sysoeva M.I., Markovskaya E.F. and Shibaeva T.G. 2010.** Plants under continuous light. Plant Stress, 4: 5–17.
- Trainor R.F., Cain R.J. and Shubert L.E. 1976.** Morphology and nutrition of the colonial green alga *Scenedesmus*: 80 years later. Botanical Review, 42(1): 5–25.
- Van Breusegem F., Vranova E., Dat J.F. and Inze D. 2001.** The role of active oxygen species in plant signal transduction. Plant Sciences, 161: 405–414.
- Vishnevetsky M., Ovadis M. and Vainstein A. 1999.** Carotenoid sequestration in plants: The role of carotenoid associated proteins. Trends Plant Science, 4(6): 232–235.
- Zarandi-Miandoab L., Hejazi M., Bagherieh-Najjar M. and Chaparzadeh N. 2015.** Light

intensity effects on some molecular and biochemical characteristics of *Dunaliella salina*. Iranian Journal

of Plant Physiology, 5(2): 1311–1321.



Research Paper

The effect of salinity and light intensity stress on fresh weight and some biochemical parameters in green algae *Scenedesmus obliquus*

Fatemeh Hajizadeh^{1*}, Hakimeh Mansouri²

Received: April 2020

Accepted: July 2020

Abstract

In this study, the effects of salinity and light intensity stress on the fresh weight, some of pigments, protein and carbohydrates has been studied in green algae *Scenedesmus obliquus*. For salt stress, BG11 culture was used with 0, 100, 200 and 300mM NaCl concentrations and for light intensity stress a week after subculture, algae were exposed to 114 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ light intensity for 0, 2, 4 and 6 days. Samples were harvested 14 days after subculture and fresh weight of *Scenedesmus* decreased under both stress. The lowest fresh weight was observed in 300 mM NaCl and six days light intensity treatment and controls were the most. Also the amount of carotenoids severely decreased under these stress. The most of β -carotene and lutein were observed in the control samples and the lowest of them in 300 mM of salt concentration and six day treatment of light intensity. The amount of astaxanthin increased under both stress. These results showed that salinity in applied concentration and also light intensity in different levels significantly reduced growth but increased astaxanthin content. In addition, growth reduction and other parameters were indicative low resistant and incompatibility of this species of algae to salinity and light intensity stress.

Key words: *Astaxanthin*, *Salinity Stress*, *Light Intensity*, *Scenedesmus*.

1- MSc. Plant Biology, Biology Department, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2- Associate Professor in Biology Department, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

*Corresponding Author: f.hajizadeh@sci.uk.ac.ir