مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir at 2:28 +0430 on Monday July 23rd 2018

اثر شدت‌های مختلف نور بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سیانوباکتری *Schizothrix vaginata* تحت تیمار نفتالن

ندا سلطانی [1*]، شقایق ایرانشاهی[1]، فاطمه نظری[1]، مهدی بلفیون [1]، مرتضی رحمانی[2]، بهلول ابراهیمی[2]

[1] *پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاددانشگاهی، گروه میکروبیولوژی نفت، تهران*

[2] *پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاددانشگاهی، گروه مهندسی صنایع*

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ٩٣/٠٣/٢١
اصلاح: ٩٣/٠٩/٢٠
پذیرش: ٩٣/٠٩/٢٥

کلمات کلیدی:
تجزیه زیستی
سیانوباکتری
کروماتوگرافی گازی
نفتالن

چکیده

تجزیه زیستی یکی از رویکردهای نوین برای مقابله با مشکل رهاسازی هیدروکربن‌های نفتی به محیط زیست است. در این مطالعه به تاثیر شدت نور در تجزیه زیستی آلاینده نفتالن و نیز پاسخ‌های فیزیولوژیکی سیانوباکتری *Schizothrix vaginata* پرداخته شده است. سیانوباکتری مذکور پس از خالص‌سازی، به محیط BG_{11} مایع منتقل گردید. سپس جلبک تحت تیمار نفتالن ٠/٠٥٪ قرار گرفت. میزان OD، وزن خشک، کلروفیل و فیکوبیلی پروتئین‌ها از طریق اسپکتروفتومتری و نیز میزان تجزیه نفتالن به روش آنالیز گاز کروماتوگرافی GC انجام پذیرفت. داده‌های سنجش فیزیولوژیک با بهره‌گیری از روش داده‌های آزمایشگاهی توسط نرم افزار Design-Expert مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل حاکی از آن است که بیشترین میزان کلروفیل و فیکوبیلی‌پروتئین‌ها در روشنایی ٥٠٠٠ لوکس دیده شد. همچنین درصد کاهش نفتالن با افزایش روشنایی افزایش یافته و در ساعت سوم به حداکثر خود می‌رسد. وزن خشک تحت تیمار نفتالن با گذشت زمان کاهش یافته که حاکی از اثر منفی این آلاینده بر سیانوباکتری مورد آزمایش می‌باشد. نتایج نشان داد که تجزیه زیستی میکروبی آلاینده‌ها می‌تواند برای پاکسازی محیط استفاده گردد. زیست‌پالایی آلاینده‌ها به وسیله ریزجلبک‌ها یک روش سازگار با محیط، نسبتاً ساده و اقتصادی و جایگزین روش‌های فیزیکو- شیمیایی است و نور اثر مثبت بر این فرآیند دارد.

مقدمــه

گذشته از آسیب‌های جدی که هیدروکربن‌های نفتی به محیط وارد می‌کنند بررسی اثرات سمی آن‌ها روی میکروارگانیسم‌های خاک و فعالیت آن‌ها نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. میکروارگانیسم‌ها از لحاظ متابولیسمی توانایی استفاده از منابع هیدروکربنی را دارند، بنابراین می‌توانند در خاک‌های آلوده به آن زندگی کنند. در واقع هیدروکربن‌های نفتی نقش منابع کربنی را در تغذیه این موجودات بازی می‌کنند. عمل پاکسازی آلودگی‌ها توسط موجودات زنده که زیست پالایی نام دارد، فرآیندی است که از توانایی‌های کاتابولیکی ارگانیسم‌های زنده برای تقویت سرعت حذف آلودگی‌ها استفاده می کند. زیست‌پالایی از طریق استفاده از پتانسیل‌های متابولیکی موجود در میکروارگانیسم‌ها و عملکردهای کاتابولیکی آنها یا از طریق معرفی ژن‌های کد کننده‌ی این عملکردها به تجزیه دست پیدا می‌کند (Ilynia *et al*., 2003). سیانوباکتری‌ها و ریزجلبک‌های یوکاریوت قادر به بیوترانسفرماسیون نفتالن به ترکیبات فنلی با حلالیت بیشتر در آب هستند (Cerniglia, 1992) . این فرآیند با اکسیداسیون آنها به اجزایی با وزن مولکولی کمتر یا با تغییر آن به اجزایی با قطبیت بیشتر انجام می‌پذیرد

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: soltani6@yahoo.com

Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir at 2:28 +0430 on Monday July 23rd 2018

(El-Sheekh *et al*., 2012). اثرات هیدروکربن‌های نفتی به ویژه نفت خام در جلبک‌های دریا و آب شیرین مطالعه شده است (Kumar *et al*., 2009; Agbozu and Opuene, 2009; Atlas and Bragg, 2009). سیانوباکتری‌های *Phormidium corium* و *Microcoleus chthonoplastes* قادر به تجزیه زیستی n- آلکان‌ها هستند (Hasan *et al*. 1994) و نشان داده شده است که *Agmenellum quadruplicatum* و *Oscillatoria* sp. نفتالن را به ١-نفتول اکسید می‌کنند (Cerniglia, 1992). مطالعات دیگر حاکی از نقش *Phormidium tenue* در تجزیه زیستی نفتالن و آنتراسن در سواحل آلوده می‌باشد (Kumar *et al*. 2009). با این وجود اطلاعات کمتری درباره‌ی اثرات نفتالن بر سیانوباکتری‌ها و ریزجلبک‌ها در اکوسیستم‌های خاک در ایران و سطح بین‌المللی منتشر شده است. از جمله هیدروکربن‌های نفتی که ریز جلبک‌ها قادر به تجزیه آن‌ها می‌باشند، می‌توان به نفتالن اشاره کرد.

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH)، گروهی از ترکیبات با دو یا تعداد بیشتری حلقه آروماتیک هستند. نفتالن به گروه هیدروکربن‌های آروماتیک تعلق دارد که حالت جامد و رنگ سفیدی دارد (Kumar *et al*. 2009) .

سیانوباکتری *Schizothrix vaginata* که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است از خانواده Oscillatoriacae از سیانوباکتری‌های ریسه‌ای است (John *et al*., 2003). این سیانوباکتری از نظر قدرت تجزیه آلاینده هگزادکان توسط غفاری و همکاران (١٣٩٣)، مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین اثر نفتالن بر تغییرات فیزیولوژیک و تجزیه زیستی سیانوباکتری *Anabaena* sp. مورد بررسی قرار گرفته است (Babaei *et al*., 2013). بنابراین با توجه به اینکه در تحقیقات گذشته توانایی سیانوباکتری‌ها از جمله سیانوباکتری *Schizothrix* جدا شده از مناطق آلوده ایران محرز شده است، در تحقیق حاضر به بررسی عامل محیطی میزان شدت نور بر روی توانمندی زیست پالایی ریزجلبک مذکور و نیز پاسخ‌های فیزیولوژیک این جلبک در مقابل این تیمارها پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

نمونه سیانوباکتری *Schizothrix vaginata* از کلکسیون ریزجلبک پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاددانشگاهی تهیه گردید. این نمونه از خاک‌های آلوده به نفت مسجد سلیمان جمع‌آوری شده است. نمونه برای اطمینان از خلوص، پس از انتقال به آزمایشگاه بر روی محیط‌های کشت جامد BG_{11} کشت داده شد. پس از پاساژهای متوالی کلنی‌های خالص مربوط به نمونه، جداسازی شده و بر روی پلیت‌های مجزا قرار داده شدند (Andersen, 2005). سپس نمونه‌ها به محیط کشت تخصصی مایع مشابه منتقل شدند. پس از آن نمونه سیانوباکتری بر اساس نتایج به دست آمده از پیش تیمار تحت تیمار ٪٠/٠٥ نفتالن در شدت‌های مختلف نوری (٠، ٢٠٠٠ و ٥٠٠٠ لوکس) تحت هوادهی قرار گرفت. دما در حدود ٣٠±٢°C و pH حدود ٧ تنظیم شد.

رشد سیانوباکتری از طریق میزان جذب نوری در طول موج ٧٥٠ nm در طول یک روز، در ساعت‌های مختلف اندازه‌گیری شد. برای سنجش مقدار کلروفیل از روش Marker (١٩٧٢) استفاده شد. به این منظور پس از عصاره‌گیری با متانول، جذب در طول موج ٦٦٥ nm خوانده شد و مقدار کلروفیل محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری میزان فیکوبیلی‌پروتئین‌های مختلف از روش Wyman و Fay (١٩٨٦) استفاده شد. به این ترتیب که نمونه سیانوباکتری به مدت ٢٤ ساعت در تاریکی و یخچال (٤ درجه سانتیگراد)، با کمک گلیسرول تحت فشار اسمزی شدید قرار گرفت. جذب آن‌ها در مقابل شاهد مناسب در طول موج‌های٧٥٠، ٦٥٢، ٦١٥ و ٥٦٢ نانومتر خوانده شد.

به منظور بررسی توانمندی سیانوباکتری مورد نظر در تجزیه نفتالن به عنوان شاخص آلاینده نفتی در این مطالعه، سنجش توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی و با ستون و استانداردهای تخصصی مربوط به نفتالن در سه ساعت متوالی (با فواصل ٤ ساعته) در یک روز مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه گاز کروماتوگرافی مورد استفاده در این پژوهش Shimadzu مدل 15A، با دتکتور یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون Rtx-5Ms به طول ٣٠ متر و قطر ٠/٢٥ میلی متر بود.

Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir at 2:28 +0430 on Monday July 23rd 2018

اطلاعات به‌دست آمده توسط نرم افزارهای Excel، SPSS و Design- expert مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. آنالیزهای آماری بر اساس روش Historical data و آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA انجام شد.

نتایــج

نتایج بررسی‌های پیشین در این زمینه که حکایت از سمی بودن نفتالن در بلند مدت برای سیانوباکتری مورد آزمایش داشت، باعث طراحی آزمایش در ساعات مختلف یک روز گردید. جدول ۱ نتایج مربوط به سنجش‌های کاهش نفتالن (Naph.Red)، نرخ رشد ویژه (SGR)، OD (Optical density)، وزن خشک (DW)، کلروفیل و فیکوبیلی‌پروتئین‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقادیر فاکتورهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در *Schizothrix vaginata* در شرایط آزمایش در ساعت سوم

شدت نور	PBP	Chl	DW	OD	SGR	Naph. Red.†
Lux	μg mL^{-1}		mg mL^{-1}		d^{-1}	%
۰	۳/۷۶±۰/۰۵^{c}	۲/۰۲±۰/۱۱^{a}	۲/۰۸±۰/۰۷^{c}	۰/۳۶±۰/۰۲^{c}	-۰/۲۰	۱۹/۵±۰/۵۷^{c}
۲۰۰۰	۵/۶۷±۰/۵۷^{b}	۲/۲۷±۰/۱^{a}	۲/۸۱±۰/۰۷^{b}	۰/۵۹±۰/۰۲^{b}	-۰/۲۶	۳۸/۶۲±۰/۰۱^{b}
۵۰۰۰	۱۰/۵۲±۰/۱۸^{a}	۲/۲۵±۰/۱۷^{a}	۳/۲۷±۰/۰۷^{a}	۰/۷۴±۰/۰۲^{a}	-۰/۱۲	۴۷/۹۵±۰/۶^{a}

* حروف یکسان نشان دهنده‌ی عدم تفاوت معنی دار است. داده ها X ±SE را نشان می‌دهند.

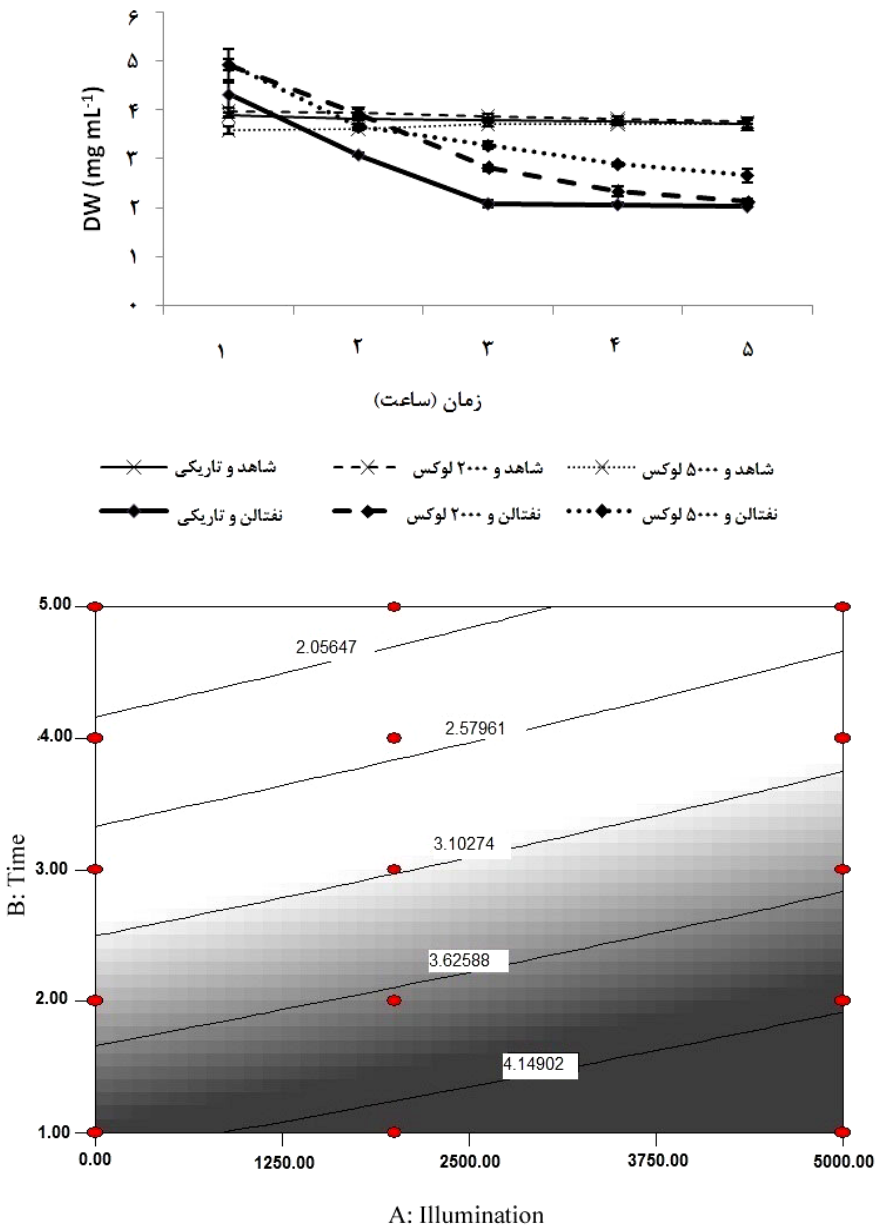
† Naphtalene Reduction

همانطور که از جدول ۱ استنتاج می‌شود، رنگیزه‌های فتوسنتزی رفتار متفاوتی را در مقابل تغییرات نوری از خود نشان می‌دهند. با افزایش شدت نور از تاریکی به ۵۰۰۰ لوکس تغییرات معنی‌داری در میزان کلروفیل دیده نمی‌شود، در حالی که فیکوبیلی‌پروتئین‌ها روند افزایش معنی‌داری را در سطح ۰/۰۵ از خود نشان می‌دهند.

روند افزایشی نه تنها در رنگیزه‌های فیکو بیلی‌پروتئینی دیده می‌شود، بلکه بالاترین مقادیر جذب نوری و وزن خشک به عنوان پارامترهایی از رشد در شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس (به ترتیب ۰/۷۴ و ۳/۲۷ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) دیده می‌شود. این تفاوت بین تمام شدت‌های نوری معنی‌دار بوده است. این افزایش در حالی است که زمان اثر کاهشی بر میزان وزن خشک تحت شرایط آزمایشگاهی داشته است. نتایج حاصل از تجزیه زیستی نشان‌دهنده افزایش روند تجزیه با افزایش شدت‌های نوری است. به طوری که توانایی سیانوباکتری *Schizothrix vaginata* در تجزیه زیستی این آلاینده آروماتیک (نفتالن) در تاریکی به کمترین مقدار (۱۹/۵٪) تنزل کرده است. کلیه مقادیر در این سنجش دارای تفاوت معنی‌دار است.

در شکل ۱ منحنی رشد نمونه مورد بررسی بر اساس وزن خشک در تیمارهای مختلف و نیز شاهد (فاقد نفتالن) نشان داده شده است. طبق این نمودار، منحنی رشد در تاریکی پایین‌تر از شرایط نوری قرار گرفته است، گرچه در نمونه‌های فاقد نفتالن تفاوت معنی‌داری بین شدت‌های نوری مختلف مشاهده نمی‌گردد. همچنین مشاهده می‌گردد که بیشینه وزن خشک در شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس در ساعت اول (۴/۹۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) می‌باشد. نکته‌ی دیگر آنکه با گذشت زمان روند کاهشی در رشد دیده می‌شود به طوری که کمترین میزان وزن خشک در ساعت پنجم در تاریکی مشاهده شده است. نرخ ثابت رشد (جدول ۱) تأیید دیگری بر این مسئله است.

Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir at 2:28 +0430 on Monday July 23rd 2018

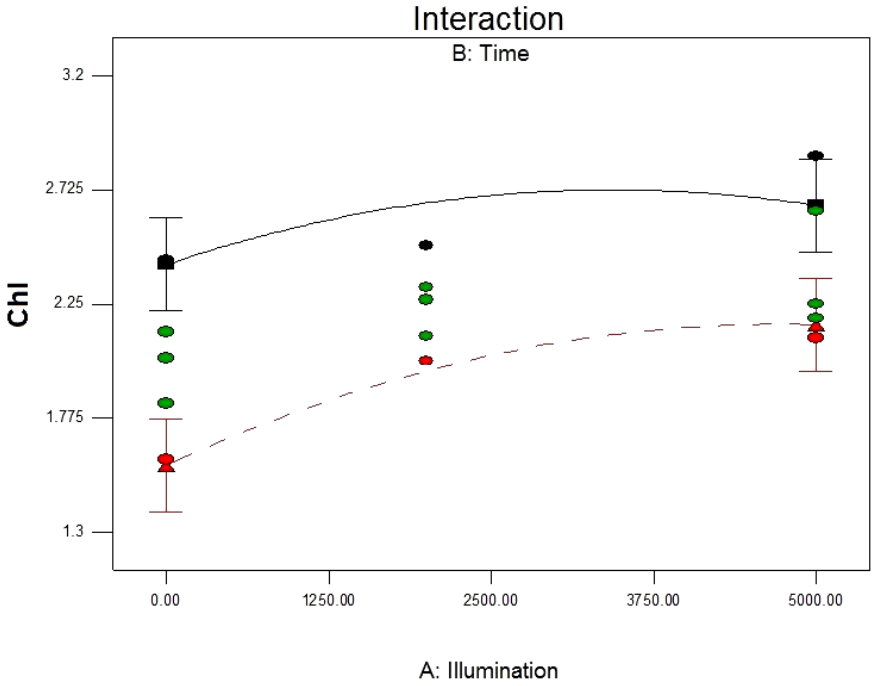


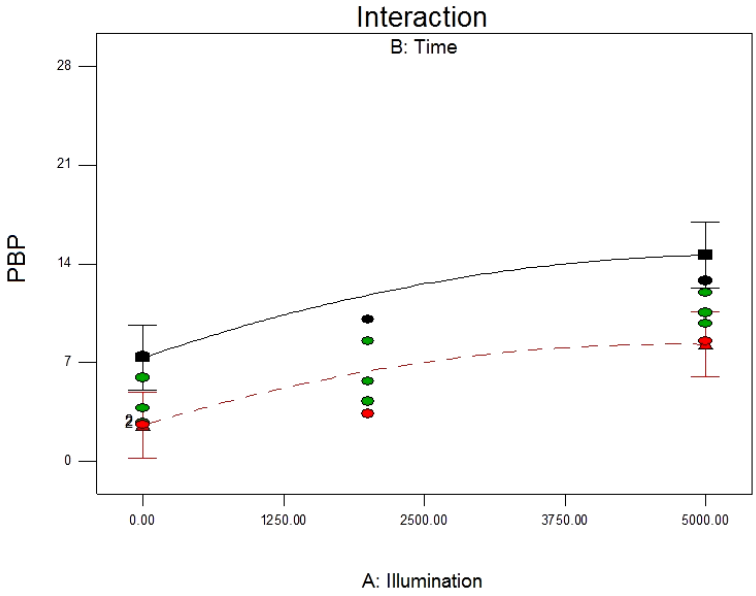
شکل ۱. منحنی رشد (بالا) و میزان تغییرات وزن خشک (پایین) در شرایط آزمایش در سیانوباکتری *Schizothrix vaginata*

در خصوص تغییرات کلروفیل روند یکنواختی با افزایش شدت نوری مشاهده نگردید. به طوری که ابتدا یک روند افزایشی و سپس روند کاهشی مشاهده شد، اما همانطور که در جدول ۱ نیز نشان داده شده است، این تغییرات از تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ برخوردار نمی‌باشد. البته میزان کلروفیل با افزایش زمان تنزل نشان داده است (شکل ۲).

مشاهده اندرکنش‌های مربوط به فاکتورهای نور و زمان حکایت از این دارد که در مورد تمام رنگیزه‌های مورد سنجش، با افزایش زمان میزان رنگیزه‌ها کاهش پیدا کرده است. همچنین مشاهده تغییرات نشان می‌دهد که با افزایش شدت نور از تاریکی (۰ لوکس) تا حداکثر نور (۵۰۰۰ لوکس)، روند افزایشی در مورد رنگیزه‌های فیکوبیلی‌پروتئینی وجود دارد. نتایج مربوط به فیکوسیانین، آلوفیکوسیانین و فیکواریترین به تنهایی نیز همین روند افزایشی را با روند رو به بالای شدت نوری نشان می‌دهد (شکل ۲).

Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir at 2:28 +0430 on Monday July 23rd 2018



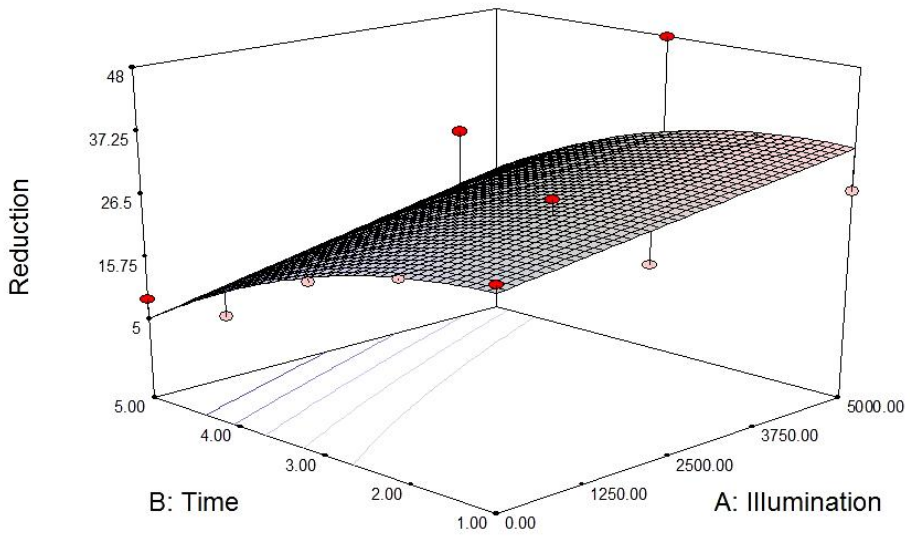


شکل ۲. اندرکنش تاثیر فاکتورهای نور و زمان بر میزان رنگیزه‌ها در سیانوباکتری *Schizothrix vaginata*؛ بالا: کلروفیل، پایین: فیکوبیلی‌پروتئین‌ها (خطوط ممتد مربوط به ساعت اول و خط چین مربوط به ساعت پنجم است)

از آنجا که یکی از اهداف مهم این تحقیق بررسی توانمندی سیانوباکتری *Schizothrix vaginata* برای تجزیه زیستی نفتالن به عنوان یک آلاینده نفتی است، لذا در ادامه بررسی‌ها، این مهم مورد آنالیز آماری قرار گرفت. نتایج این بخش در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج دلالت بر آن دارد که این میزان در تاریکی کمتر از شرایط نوری است، گرچه این اختلاف بین تاریکی و شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس در ساعات اول و چهارم و پنجم معنی‌دار نیست و بیشترین اختلاف در ساعت سوم ملاحظه می‌گردد. همچنین روند تغییرات درصد کاهش نفتالن در تاریکی در ساعات مختلف حاکی از یک روند کاهشی با افزایش زمان است. ضمن آنکه اختلاف بین درصد کاهش نفتالن بین شدت نوری ۰ و ۵۰۰۰ لوکس معنی‌دار است. علاوه بر این، بررسی تغییرات در شدت‌های نوری ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ لوکس نشان می‌دهد که این روند با افزایش زمان ابتدا افزایش یافته، به طوری که بیشترین

Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir at 2:28 +0430 on Monday July 23rd 2018

میزان درصد کاهش نفتالن در شدت نوری ۵۰۰۰ لوکس در ساعت سوم مشاهده می‌شود و پس از آن روند نزولی پیدا می‌کند. اختلاف بین میزان کاهش در شدت‌های نوری در ساعت سوم معنی‌دار است.



شکل ۳. تصویر سه بعدی تغییرات درصد کاهش نفتالن در سیانوباکتری *Schizothrix vaginata*

بحث

نفت مخلوطی از ترکیبات مختلف است که میکروارگانیسم‌های مختلف در تجزیه زیستی ترکیبات متشکله آن تمایلات متفاوتی دارند. تجزیه زیستی ترکیبات نفتی عموماً به ترتیب زیر کاهش می‌یابد: n- آلکان‌ها، آلکان‌های زنجیره‌ای منشعب، آلکان‌های منشعب، آروماتیک‌های n۰- آلکیل با وزن مولکولی پایین، منوآروماتیک‌ها، آلکان‌های حلقوی، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) و آسفالتن‌ها (Atlas, 1981). مسیر اصلی تجزیه، فرآیندهای هوازی است؛ بنابراین بقای شرایط هوازی برای تجزیه زیستی اهمیت دارد (Atlas, 1991; Boufadel *et al*., 2010).

توانایی اکسید کردن هیدروکربن‌های نفتی به طور گسترده نه تنها در بین باکتریها و قارچها بلکه بین سیانوباکتریها و جلبکها نیز وجود دارد. تحقیقات Cerniglia (۱۹۹۲) نشان داد که توانایی اکسید کردن هیدروکربن‌های آروماتیک در بین این موجودات وجود دارد. آنها توانایی تجزیه نفتالن بین نه سیانوباکتری، پنج جلبک سبز، یک جلبک قرمز، یک جلبک قهوه ای و دو دیاتمه را نشان دادند. نتایج آزمایشات آن‌ها نشان می دهد که *Oscillatoria* spp., *Anabaena* spp., *Microcoleus* sp., *Agmenellum* sp., *Cylindretheca* sp.,*Coccochloris* sp., *Ulva* sp., *Nostoc* sp., *Aphanocapsa* sp., *Chlorella* spp., *Dunaliella* sp., *Chlamydomonas* sp., *Amphora* sp., *Porphyridium sp.*, *Petalonia* قادرند نفتالن را اکسید کنند (Gibson *et al*., 1980). به جز مواد آلی مختلف با وزن مولکولی کم، جلبک‌ها می توانند هیدروکربن‌های چندآروماتیکی با وزن مولکولی زیاد را نیز تجزیه کنند مانند بنزو پیرن (Naidu and Juhasz, 2000). تعدادی از دانشمندان نیز علاوه بر ترکیبات منفرد، بر روی توانایی سیانوباکتری‌ها/جلبک‌ها در تجزیه نفت تحقیق کرده اند (نفت خام سبک مصر، گراویته مخصوص ۰/۸۵). آنها دریافتند که دیاتمه *Nitzschia linearis* و جلبک سبز *Scenedesmus obliquus* که با نفت خام ۰/۱٪ تیمار شده اند، توانایی مشابهی را در تجزیه هیدروکربن‌های نفتی از خود نشان دادند. جالب اینکه آنها تاثیر نفت خام را بر روی صفات مورفولوژیک این دو جلبک بررسی کردند. شاخص ترین ویژگی سلولهای جلبکی در دو سوش، تجمع آنها در خوشه‌هایی حاوی قطرات نفت در بین سلولهای خود بود که تشکیل شکل غیرطبیعی در مقایسه با کشت شاهد می دادند. همچنین در تحقیقی که در ایران (عباس پناه و همکاران، ۱۳۹۱) صورت گرفته است، این توانمندی به وسیله سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. بومی ایران نیز نشان داده شده است. غفاری و همکاران (۱۳۹۳) نیز توانایی جلبک *Schizothrix* sp. را در تجزیه زیستی نفت خام و هگزادکان نشان داده است. با این پیش‌فرض در این تحقیق به بررسی تاثیر شدت های نوری مختلف بر روی این توانمندی

Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir at 2:28 +0430 on Monday July 23rd 2018

پرداخته شد. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که میزان کاهش نفتالن با افزایش نور افزایش می‌یابد. علت این تاثیرگذاری این است که با افزایش نور تا حد مشخص (نقطه اشباع نوری و در منطقه محدود شونده توسط نور) فتوسنتز افزایش می یابد (Lambers *et al*., 2008). با این افزایش میزان تولید اکسیژن بالاتر می‌رود. از آنجا که آنزیم‌های درگیر در روند تجزیه زیستی هیدروکربن‌های نفتی از نوع اکسیژناز هستند، بنابراین اکسیژن در فعالیت این آنزیم‌ها نقش کلیدی دارد؛ بنابراین با افزایش فتوسنتز توان تجزیه نفتالن بالا می‌رود. این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعه (Qingxia *et al*., 2011) مطابقت دارد. آنها در تحقیق خود اثر برهم کنش عوامل محیطی و نفتالن بر میزان کلروفیل a و b را بررسی کردند.

از طرفی بالاترین میزان تجزیه نفتالن در ساعت سوم اتفاق افتاده و بعد از آن میزان تجزیه کم می‌گردد. مطالعات قبلی نشان داده اند که نفتالن خود اثر سمی بر روی رشد سیانوباکتری‌های مورد آزمایش داشته است. به نظر می‌رسد به همین دلیل از آنجا که رشد با گذشت زمان کاهش پیدا کرده است، بنابراین بیومس باقیمانده توانایی حفظ مقدار تجزیه زیستی را به میزانی که در ساعات ابتدایی اتفاق افتاده است، ندارد. در تیمار تاریکی هم از ابتدا روند نزولی در درصد کاهش نفتالن دیده شد که این موضوع به علت عدم فعالیت فتوسنتزی سیانوباکتری به دلیل عدم حضور نور بوده است (Taiz and Zeiger, 2010). البته تحقیقات گذشته نشان داده است، که با تغییر مواد غذایی محیط کشت، جلبک توانایی بازگشت به زندگی عادی بعد از ۷ روز از تیمار نفتالن را دارد (Qingxia *et al*., 2011).

نتایج حاصل از مطالعه تاثیر نفتالن و شدت‌های مختلف نور بر رشد که در شکل ۱ نشان داده شده است، گویای تاثیر بسیار مهم و مثبت نور از یک طرف و تاثیر سمی نفتالن از طرف دیگر است. مقایسه روند یکنواخت رشد در شاهد (فاقد نفتالن) و روند کاهشی در تیمار (شکل ۱ بالا) موید این نکته است. بدون شک سیانوباکتری *Schizothrix vaginata* قدرت تغییر استراتژی غذایی از اتوتروفی به هتروتروفی را دارد (سلطانی و غفاری، ۱۳۹۱). از آنجا که نفتالن در این آزمایشات تنها منبع تامین کربن برای رشد این جلبک بوده است، بنابراین با حذف این منبع در شاهد، هیچگونه رشد مثبتی صورت نگرفته است. از طرفی به دلیل نبود اثر سمیت، کاهش رشد هم در چند ساعت چشمگیر نیست. بهترین میزان وزن خشک (شکل ۱ پایین) در شدت‌های بالای نور و در ساعات اولیه بوده است، زیرا هنوز نفتالن تاثیر بسزایی در کاهش نداشته است. این نتایج با نتایج گزارشات گذشته (Babaei *et al*. 2013؛ غفاری و همکاران، ۱۳۹۳؛ عباس پناه و همکاران، ۱۳۹۱) مطابقت دارد.

در خصوص رنگیزه‌ها، نور تاثیر معنی‌داری بر روی کلروفیل نگذاشته است، گرچه افزایش جزئی در مقدار آن مشاهده می‌شود. در سیانوباکتری‌ها مانند گیاهان سایه پسند نسبت کلروفیل a به کلروفیل b کاهش می‌یابد. به عبارتی آنتن گیرنده نوری در مجاورت فتوسیستم II بزرگتر از گیاهان آفتاب پسند است. از آنجا که در سیانوباکتری‌ها کلروفیل b وجود ندارد، بنابراین نقش این کلروفیل در فتوسنتز کمتر از نوع اول است (Lambers *et al*., 2008). بنابراین در افزایش نور تفاوت محسوسی لااقل در حضور نفتالن دیده نمی‌شود. ولی رنگیزه‌های فیکوبیلی پروتئین با افزایش نور بیشتر شده است. فیکوبیلی پروتئین‌ها رنگیزه‌های کمکی هستند که در جذب نور و تولید انرژی برانگیختگی (در محل فتوسیستم II) برای تجزیه آب و حرکت الکترون در غشای تیلاکوئیدی نقش بسزایی دارند (Lee, 2008) . بنابراین به دلیل وجود تنش ناشی از نفتالن در محیط، سیانوباکتری سعی می‌کند که کاهش رشد ناشی از آسیب به متابولیسم را با افزایش جذب نور جبران نماید.

به طور کلی مرور نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که نور اثر مثبت بر رشد سیانوباکتری و نیز تجزیه زیستی نفتالن داشته اما این جلبک در درازمدت، به دلیل سمیت زیاد نفتالن قادر به حفظ بقا در حضور این آلاینده نیست. تحقیقات بیشتری برای فهم دقیق‌تر مکانیسم(های) تجزیه و سیستم(های) آنزیمی که جلبک‌ها برای تجزیه آلاینده‌ها از آن استفاده می‌کنند مورد نیاز می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان از دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی به واسطه حمایت مالی از طرح مصوب شماره ۱۱-۲۱۵۹ که این مقاله حاصل انجام آن است، تشکر و قدردانی می‌نماید.

Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir at 2:28 +0430 on Monday July 23rd 2018

منابــع

سلطانی، ن.، غفاری، ر. ١٣٩١. بیولوژی و فیزیولوژی جلبک‌ها. انتشارات جهاددانشگاهی شهید بهشتی. ٢٣٤ ص.

عباس‌پناه، ب.، نجفی، ف.، سلطانی، ن.، خاوری نژاد، ر. ١٣٩١. اثر نفتالن بر فیکوبیلی‌پروتئین‌ها، همگون‌سازی کربن و نیتروژن در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25. مجله علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی. سال نهم، ویژه نامه بهار.

غفاری، ر.، سلطانی، ن.، مظاهری اسدی، م. ١٣٩٣. پتانسیل کاهش آلودگی نفت خام توسط جلبک سبز *Chlorella vulgaris* و پاسخ‌های فیزیولوژیک ناشی از آن. مجله بوم‌شناسی آبزیان. سال چهارم، شماره ٢، صفحات ١٨-١٢.

Agbozu, I., Opuene, K. 2009. Occurrence and diagenetic evolution of perylene in the sediments of Oginigba Creek, Southern Nigeria. International Journal of Environmental Research. 3(1): 117-120.

Andersen, R.A. 2005. Algal culturing techniques. Elsevier Academic Press. 578 p.

Atlas, R. 1981. Microbial-degradation of petroleum-hydrocarbons-an environmental perspective. Microbiology Review. 45: 180-209.

Atlas, R. 1991. Microbial hydrocarbon degradation-bioremediation of oil spills. Journal of Chemical Technology & Biotechnology. 52: 149-156.

Atlas, R., Bragg, J. 2009. Bioremediation of marine oil spills: when and when not–the Exxon Valdez experience. Microbial Biotechnology. 2(2): 213-221.

Babaei, S., Najafi, F., Soltani, N., Khavari-Nejad, R.A., Abbaspanah, B. 2013. Physiological responses of *Anabaena* sp. ISC55 to crude oil and potential for biodegradation. International Journal on Algae. 15(3): 264-273.

Boufadel, M., Sharifi, Y., Van Aken, B., Wrenn, B., Lee, K. 2010. Nutrient and Oxygen Concentrations within the Sediments of an Alaskan Beach Polluted with the Exxon Valdez Oil Spill. Environmental Science Technology. 44: 7418-7424.

Cerniglia, C.E. 1992. Biodegradatation of polycyclic aromatic hydrocarbons. Biodegradation. 3: 351-368.

Gibson, D., Vanbaalen, C., Cerniglia, C. 1980. Oxidation of naphthalene by cyanobacteria and microalgae. Journal of General Microbiology. 116(2): 485-494.

Hasan, R., Sorkhoh, N., Bader, D., Radwan, S. 1994. Utilization of hydrocarbons by cyanobacteria from microbial mats on oily coasts of the Gulf. Applied microbiology and biotechnology.41 (5): 615-619.

Ilynia, A., Castillo Sanchez, M.I., Villarreal Sanchez, J.A., Ramirez Esquivel, G., Candelas Ramirez, J. 2003. Isolation of Soil Bacteria for Bioremediation of Hydrocarbon Contamination. Вестник Московского университета. Серия. 44(1): 88-91.

John, D.M., Whitton, B.A., Brook, A.J. 2003. The freshwater algal flora of the British Isles, an identification guide to freshwater and terrestrial algae. Cambridge University Press. 702 p.

Kumar, M.S., Muralitharan, G., Thajuddin, N. 2009. Screening of a hypersaline cyanobacterium, Phormidiumtenue, for the degradation of aromatic hydrocarbons: Naphthalene and Anthracene. Biotechnology Letters. 31(12): 1863-1866.

Taiz, L., Zeiger, E. 2010. Plant physiology. Sinauer Associates. 672 p.

Lambers, H., Chapin, III, F.S., Pons, T.L. 2008. Plant physiological ecology. Springer. 623 p.

Lee, R.E. 2008. Phycology. Cambridge University Press. 561 p.

Marker, A.F.H. 1972. The use of acetone and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of phaeophytin. Freshwater Biology. 2: 361-385.

El-Sheekh, M.M., Ghareib, Abou-EL-Souod, G.W. 2012. Biodegradation of Phenolic and Polycyclic Aromatic Compounds by Some Algae and Cyanobacteria. Journal of Bioremediation and Biodegradation. 3(1): 2-9.

Naidu, R., Juhasz, A. 2000. Bioremediation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons: a review of the microbial degradation of benzo-a-pyrene. International Biodeterioration and Biodegradation. 45: 57-88.

Qingxia, K., Lizhong, Z., Xueyou, S. 2011. Effect of nutrient conditions on the toxicity of naphthalene to *Chlorella pyrenoidosa*. Journal of Environmental Sciences. 23(2): 307–314.

Wyman, M., Fay, P. 1986. Underwater light climate and the growth and pigmentation of planktonic blue-green algae (cyanobacteria). I. The influence of light quantity. Proceedings of the Royal Society of London. 227: 367-380.