Downloaded from jmb.iauahvaz.ac.ir at 8:28 +0430 on Monday August 10th 2020

غلظت مؤثر میانی (EC50) آلکیل بنزن سولفونات خطی بر ریز جلبک سبز دریایی *Nannochloropsis oculata*

محسن مختاریان[۱]
رسول زمانی احمدمحمودی[۲*]
مهرداد فتح‌الهی[۳]

۱، ۲ و ۳. گروه شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

***مسئول مکاتبات:**
zamani@nres.sku.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۸۰۲۰۶۷۷
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۸
این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

در مطالعه‌ی حاضر غلظت مؤثر میانی EC_{50} آلکیل بنزن سولفونات خطی بر ریزجلبک *Nannochloropsis oculata* بررسی شد. آزمایش با ۲۱ گروه شامل ۱ گروه شاهد و ۶ تیمار (هر یک با سه تکرار) در یک دوره‌ی ۷۲ ساعته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و pH ۶/۹ در تیر ۱۳۹۶ انجام شد. غلظت آلکیل بنزن سولفونات خطی در تیمارهای اول تا ششم به ترتیب برابر ۲، ۲/۵، ۳، ۴، ۵ و ۷ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شد. پس از انجام آزمایش و شمارش جلبک‌ها، درصد بازدارندگی در هر غلظت محاسبه گردید. همچنین مقادیر غلظت مؤثر میانی با استفاده از آزمون رگرسیون پروبیت محاسبه شد. غلظت مؤثر میانی EC_{50} آزمایش برابر با ۳/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. ازآنجایی‌که میزان شوینده‌ها در اکوسیستم-های دریایی رو به افزایش است؛ بنابراین به‌منظور کاهش اثرات جبران‌ناپذیر آن‌ها بر موجودات اکوسیستم‌های آبی به‌ویژه ریز جلبک‌ها باید با کاربرد شوینده‌هایی با تجزیه‌پذیری بالا به‌جای شوینده‌هایی که ماندگاری بالایی در طبیعت دارند، اثرات شوینده‌ها بر موجودات را کاهش داد.

واژگان کلیدی: ریزجلبک *Nannochloropsis oculata*، سورفاکتانت‌ها، آلکیل بنزن سولفونات خطی، غلظت‌های بازدارنده.

مقدمه

آلودگی دریا به‌عنوان یک مشکل زیست‌محیطی مهم در سرتاسر دنیا تبدیل‌شده است. تحقیقات گسترده جهت کاهش اثرات آلایندگی بر محیط های دریایی نیز صورت گرفته است. به دلیل حساسیت زیاد آب‌های ساحلی به آلاینده‌ها، زیستگاه‌های ساحلی نسبت به دیگر زیستگاه‌های دریایی استعداد بیشتری برای اثرات آلودگی دارند (چگینی‌فر و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به افزایش چشمگیر مصرف شوینده‌ها توسط انسان، افزایش غلظت این مواد در فاضلاب‌های شهری و صنعتی دیده می‌شود. استفاده‌ی گسترده از شوینده‌ها، باعث افزایش غلظت سورفاکتانت‌ها در مخازن آب، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها می‌گردد (Zhu, *et al.*, 2016). ازآنجایی‌که امروزه سورفاکتانت‌ها بخش عظیمی از پساب صنایع شوینده را شامل می‌شوند لذا بررسی اثرات آن‌ها و حذف آن‌ها از محیط امری ضروری به نظر می‌رسد (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۲). سورفاکتانت‌ها ترکیباتی‌اند که باعث کاهش کشش سطحی در محلول می‌شوند (Adak, *et al.*, 2005). بیشترین سورفاکتانت‌های مورداستفاده، سورفاکتانت‌های آنیونی می‌باشند که درجه‌ی کف‌کنندگی بالایی دارند و کاربرد بسیار وسیعی داشته و در تولید خمیردندان، صابون، شامپو، لوازم‌آرایشی بهداشتی، مواد ضد آفت و صنعت کاغذ و غیره کاربرد دارند (Holmberg, *et al.*, 2003). الکل سولفات، اتوکسی سولفات الکل، آلکیل بنزن سولفونات خطی و متیل استر سولفونات، سورفاکتانت‌های آنیونی هستند که به‌طور گسترده‌ای در مواد شوینده خانگی و محصولات مصرفی مورداستفاده قرار می‌گیرند (McDonough *et al.*, 2016). از سال ۱۹۶۰ آلکیل بنزن سولفونات‌های خطی (LAS: Linear Alkyl Benzene Sulfonate) جایگزین آلکیل بنزن سولفونات‌های شاخه‌ای (ABS: Alkyl Benzene Sulfonate) شدند زیرا گروه آلکیلی شاخه‌ای تجزیه‌پذیری پایین و

www.SID.ir

Downloaded from jmb.iauahvaz.ac.ir at 8:28 +0430 on Monday August 10th 2020

ماندگاری طولانی در محیط دارند (Dabiri, 1996; Scott and Jones, 2000). شوینده‌ها به لحاظ ساختاری، مولکول‌های آلی بزرگی هستند که به‌وسیله‌ی ایجاد کف در سطح آب، انتقال اکسیژن به داخل آب را کاهش داده و درنتیجه اثرات مخربی در اکوسیستم‌های آبی برجای می‌گذارند (بابائی و خداپرست، ۱۳۸۹). این آلاینده‌ها در بسیاری از موارد باعث مسمومیت و مرگ‌ومیر بسیاری از موجودات آبزی ازجمله ماهی‌ها و جلبک‌ها و بسیاری از موجودات آبزی دیگر می‌شوند (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۴). جلبک‌ها و ریز جلبک‌ها که تشکیل‌دهنده‌ی اولین لایه از زنجیره‌ی غذایی آب‌ها می‌باشند و نقشی حیاتی در تغذیه دوران لاروی بسیاری از ماهیان دریایی ایفا می‌کنند، نیز تحت تأثیر این آلاینده‌ها قرارگرفته و آسیب‌های جبران‌ناپذیری را متحمل می‌شوند. جلبک‌ها گروه بزرگی از گیاهان هستند که قدیمی‌ترین موجودات فتوسنتز کننده و تولیدکننده‌ی اکسیژن بر روی کره زمین به شمار می‌روند. تخمین‌ها حاکی از آن است که حدود ۱۴ میلیون گونه جلبک تا امروز شناسایی‌شده است که بیشتر آن‌ها را ریز جلبک‌ها شامل می‌شوند (Chu, 2012). ریز جلبک‌ها موجودات میکروسکوپی هستند که به‌طور گسترده‌ای در آب‌های شیرین و شور وجود دارند (Meireles *et al*., 2003; Coelho *et al*., 2013) .ریز جلبک‌ها موجوداتی تک‌سلولی فتوسنتز کننده هستند و به‌عنوان اولین حلقه‌ی زنجیره‌ی غذایی، از تولیدکنندگان اصلی اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند (Xia-li, *et al*., 2007). در حال حاضر برخی از ریز جلبک‌ها به‌عنوان مکمل‌های غذایی نیز مورداستفاده قرار می‌گیرند و به دلیل دارا بودن مقدار زیادی از رنگ‌دانه‌های طبیعی، در بسیاری از مواد غذایی ازجمله نوشیدنی‌ها، شکلات، آدامس و غیره از آن‌ها استفاده می‌شود (Goh, *et al*., 2009). یکی از ریز جلبک‌های موجود در اکوسیستم-های دریایی جنس (*Nannochloropsis*) است که در حال حاضر شش گونه از آن شناسایی‌شده است (Fawley, 2007). این ریز جلبک سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع و حاوی مقدار فراوانی ایکوزوپنتا نوئیک اسید (EPA: Eicosapentaenoic acid) می‌باشد (Abu-Rezq *et al*,. 1999, Chini-Zitelli *et al*., 1999; Sukenik, 1999; Rocha *et al*., 2003). همچنین این ریز جلبک حاوی منابع خوبی از رنگ‌دانه‌های آستاگزانتین، کانتاگزانتین، زاگزانتین و کلروفیل a می‌باشد (Rocha *et al*., 2003). به‌منظور غنی‌سازی غذای زنده‌ی لارو ماهیان دریایی از ریز جلبک‌های موجود در این جنس استفاده می‌شود (Lavens and Sorgeloos, 1996). گونه‌ی *Nannochloropsis oculata* شاخص‌ترین گونه در بین گونه‌های این جنس می‌باشد (Fawley, 2007) و جزء جلبک‌های Eustigmatophyceae می‌باشد. علت انتخاب این ریز جلبک اندازه‌ی بسیار کوچک آن (۲–۴ میکرون) (Hibberd, 1981) و کاربرد بسیار آن در کارگاه‌های تکثیر لارو ماهیان دریایی بود. با توجه به اینکه در داخل کشور تاکنون هیچ مطالعه‌ای در مورد تأثیر LAS ها بر ریز جلبک *N. oculata* انجام‌نشده است لذا مطالعه‌ی حاضر به بررسی میزان اثرات حاد LAS بر ریز جلبک *N. oculata* پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در تیرماه ۱۳۹۶ انجام شد. به‌منظور تهیه‌ی استوک اولیه‌ی ریز جلبک *N. oculata* جهت انجام آزمایش‌های لازم، جلبک موردنظر در ارلن‌مایرهای ۴ لیتری با محیط‌کشت کانوی (AL-Ansari, 2007) در شوری ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر پرورش داده شد. ریز جلبک‌ها در یک محیط کنترل‌شده با دمای ۲۰–۲۵ درجه سانتی‌گراد و۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ساعت تاریکی پرورش داده شدند (Nichols, 1973). در آغاز آزمایش برای تعیین محدوده‌ی کشندگی LAS، پیش تست به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. بدین منظور با توجه به نتایج آزمایش‌های گذشته، ریزجلبک *N. oculata* در پنج غلظت ۰/۱، ۰/۵، ۱/۲، ۱/۸ و ۵ میلی‌گرم در لیتر تحت تأثیر LAS قرار گرفت. در غلظت ۱/۸ میلی‌گرم در لیتر و غلظت‌های کمتر از این مقدار مرگ‌ومیر مشاهده نشد و در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر تقریباً تمام جمعیت جلبکی از بین رفت. با توجه به این نتیجه، دامنه‌ی غلظت‌های مورداستفاده برای تعیین غلظت مؤثر میانی (EC_{50}:Halfmaximal effective concentration) بین ۲ پی‌پی‌ام الی ۷ پی‌پی‌ام در نظر گرفته شد. به‌منظور ضدعفونی کردن ظروف و شیشه‌آلات، قبل از انجام آزمایش از اسیدنیتریک ۱۰ درصد و سپس از آب

www.SID.ir

Downloaded from jmb.iauahvaz.ac.ir at 8:28 +0430 on Monday August 10th 2020

مقطر استفاده شد. همچنین دما، اکسیژن، نور و میزان پی اچ در مدت‌زمان انجام آزمون سمیت کنترل شد (OECD,۲۰۱۱). آزمایش با ۶ تیمار اصلی و ۱ گروه شاهد، در سه تکرار و در یک دوره‌ی ۷۲ ساعته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و pH ۶/۹ انجام شد. غلظت LAS در تیمارهای اول تا ششم به ترتیب برابر ۲، ۲/۵، ۳، ۴، ۵ و ۷ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شد که هرکدام در سه تکرار انجام گرفت. گروه شاهد (کنترل) عاری از هرگونه ماده‌ی سمی بود. اولین شمارش ریز جلبک‌ها پس از گذشت ۲۴ ساعت پس از اضافه کردن LAS انجام گرفت و دومین و سومین شمارش نیز به ترتیب پس از گذشت ۴۸ و ۷۲ ساعت انجام شد. در طول دوره‌ی آزمایش به‌طور مرتب به‌منظور جلوگیری از ته‌نشین شدن جلبک‌ها، ارلن‌ها تکان داده می‌شدند.

برای تجزیه‌وتحلیل میزان رشد و یا مرگ‌ومیر ریز جلبک *N. oculata*، بعد از اضافه کردن غلظت‌های موردنظر از LAS، شمارش ریز جلبک به‌وسیله‌ی لام هموسایتومتر و میکروسکوپ نوری مدل N-180M ساخت شرکت صاایران و با استفاده از روش پیشنهادشده توسط مارتینز و چاکروف در سال ۱۹۷۵ انجام گرفت. به‌منظور رعایت استانداردهای لازم پروتکل، شمارش ریز جلبک در طول دوره‌ی کشت هرروز رأس ساعت مشخصی (در این آزمایش ساعت ۲ بعدازظهر) انجام شد. داده‌های به‌دست‌آمده از شمارش ریزجلبک‌ها طی اولین و دومین و سومین روز شمارش، وارد نرم‌افزار اکسل شده و پس از مرتب و دسته‌بندی کردن آن‌ها، میانگین‌گیری از تکرارهای مختلف انجام گرفت. سپس با واردکردن داده‌های موردنظر به نرم‌افزار SPSS ویرایش شانزدهم و با استفاده از آزمون رگرسیون پروبیت، مقادیر غلظت مؤثر میانی محاسبه شد. همچنین درصد بازدارندگی متوسط (I٪) با استفاده از رابطه‌ی ۱ به دست آمد که در آن MC مقدار متوسط نرخ رشد در گروه شاهد و MT مقدار متوسط نرخ رشد در هر یک از گروه‌های در معرض LAS بعد از ۷۲ ساعت است.

رابطه ۱:

$$I= (MC – MT)/ MC \times 100$$

نتایج

تراکم اولیه‌ی سلول‌های ریزجلبک *N. oculata* در ابتدای شروع تست حاد، برابر با ۱۰^۵ × ۵/۴ سلول بر میلی‌لیتر بود. ارلن‌هایی که تحت تأثیر تیمارهای با غلظت بالاتر از LAS قرارگرفته بودند رنگ آن‌ها به سفیدی تغییر می‌کرد. ارلن‌های حاوی تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر و ۷ میلی‌گرم در لیتر پس از گذشت ۲۴ ساعت بیشتر جلبک‌های خود را ازدست‌داده بودند و رنگ آن‌ها سفیدکمی مایل به سبز به نظر می‌رسید. با واردکردن داده‌های موردنظر به نرم‌افزار SPSS ویرایش شانزدهم و با استفاده از آزمون رگرسیون پروبیت، EC_{50} آزمایش برابر با ۳/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. نتایج آنالیز رگرسیون پروبیت در جدول ۱ و نمودار درصد بازدارندگی متوسط ریز جلبک *N. oculata* بعد از گذشت ۷۲ ساعت رویارویی با غلظت‌های مختلف LAS، در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

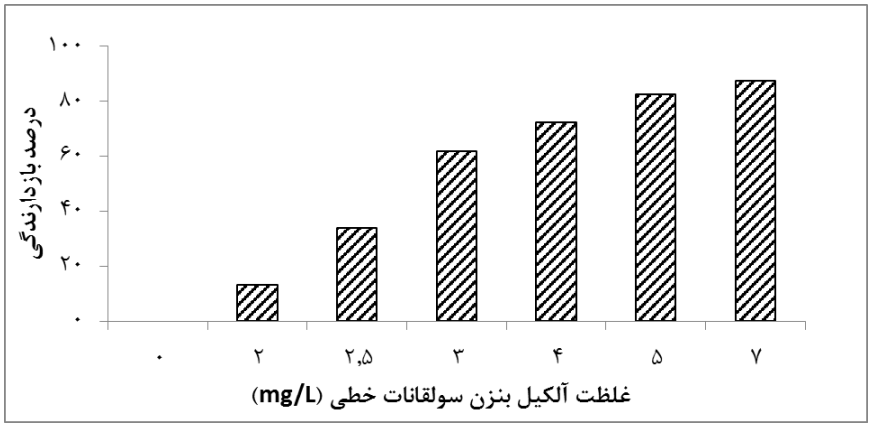
جدول ۱: مقادیر غلظت‌های بازدارنده ۷۲ ساعته LAS در ریز جلبک *Nannochloropsis oculata*.

غلظت‌های مؤثره	غلظت LAS (میلی‌گرم در لیتر)	حدود اطمینان در سطح ۰/۹۵	
		حد بالا	حد پایین
EC_{10}	۱/۴۹	۲/۰۳۵	۰/۶۷۴
EC_{20}	۱/۹۱	۲/۴۳۹	۱/۰۶۶
EC_{30}	۲/۲۸	۲/۸۰۴	۱/۴۶۹
EC_{40}	۲/۶۵	۳/۲۰۰	۱/۹۰۸
EC_{50}	۳/۰۵	۳/۶۹۸	۲/۳۸۵
EC_{60}	۳/۵۲	۴/۴۱۳	۲/۸۸۷

www.SID.ir

Downloaded from jmb.iauahvaz.ac.ir at 8:28 +0430 on Monday August 10th 2020

غلظت‌های مؤثره	غلظت LAS (میلی‌گرم در لیتر)	حدود اطمینان در سطح ۰/۹۵	
		حد بالا	حد پایین
EC_{70}	۴/۰۹	۵/۵۴۳	۳/۴۰۷
EC_{80}	۴/۸۸	۷/۴۹۲	۳/۹۹۵
EC_{90}	۶/۲۴	۱۱/۷۰۴	۴/۸۴۴
EC_{99}	۱۱/۱۷	۳۵/۱۶۱	۷/۳۴۹



شکل ۱: درصد بازدارندگی متوسط رشد ویژه ریزجلبک *Nannochloropsis oculata* بعد از گذشت ۷۲ ساعت رویارویی با غلظت‌های مختلف LAS.

بحث و نتیجه‌گیری

در جدول ۱ مقادیر غلظت‌های بازدارنده ۷۲ ساعته LAS در ریز جلبک ارائه‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود EC_{50} آزمایش برابر با ۳/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد که این بدان معناست که زمانی که غلظت LAS برابر با ۳/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد، ۵۰ درصد از جمعیت جلبکی از بین خواهند رفت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه مشاهده شد که وجود LAS موجب ایجاد سمیت بر ریز جلبک *N. oculata* شده و مانع انجام تقسیمات سلولی و درنتیجه مانع رشد و افزایش عادی تعداد سلول‌های این ریز جلبک می‌شود. از نتایج به‌دست‌آمده استنباط می‌شود که هر چه غلظت LAS بیشتر می‌شود رشد جلبک‌ها بیشتر کاهش می‌یابد که این امر نشان‌دهنده‌ی تأثیر میزان غلظت این ماده‌ی سمی بر ریز جلبک مذکور است. ازجمله فاکتورهای تأثیرگذار دیگر می‌توان به زمان اشاره کرد، چراکه مشاهده شد که هرچه مدت‌زمان رویارویی با ماده‌ی سمی بیشتر شود، اختلاف رشد جلبک‌های گروه شاهد با گروه‌های تحت تیمار بیشتر به نظر می‌رسد. همچنین مطالعات حاکی از این است که عوامل محیطی متفاوت مانند شوری، pH و مواد آلی محلول در آب و غیره بر سمیت مواد شیمیایی گوناگون ازجمله سورفاکتانت‌ها تأثیر می‌گذارند (Lapresta-Fernández *et al.*, 2012). اگرچه مکانیسم سمیت سورفاکتانت‌ها در آزمایش‌های گوناگون، گونه‌های مختلف و غلظت‌های مختلف و غیره ممکن است تغییراتی داشته باشد (Venhuis and Mehrvar 2004; Ivankovic´ and Hrenovic,´ 2010) اما این مورد که سورفاکتانت‌ها بر لیپید و پروتئین غشا تأثیر می‌گذارند امری پذیرفته‌شده است. سورفاکتانت‌ها همچنین باعث افزایش نفوذپذیری غشا و نشت ترکیبات مهم و قابل‌توجه سلولی مانند پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و رنگ‌دانه‌ها و غیره می‌شوند که این امر موجب بروز اختلال در

www.SID.ir

Downloaded from jmb.iauahvaz.ac.ir at 8:28 +0430 on Monday August 10th 2020

فرایندهای اکسیداتیو و ایجاد اختلال در بسیاری از متابولیسم‌های سلولی می‌شود (Cserha´ti, 1995; Gustafsson *et al*., 1997; Groot and Rabone 2001; Cserha´ti 2002; Masakorala, 2008).

Renaud و همکاران (۲۰۱۱) بر روی فرایند جذب و دفع و غلظت سلول سمی در ریزجلبک‌ها و فیتوپلانکتون‌های دریایی در معرض LAS قرارگرفته شده، مطالعه‌ای را انجام دادند و با بررسی میزان جذب LAS در غشاهای بیولوژیکی جلبک‌های موردمطالعه پی‌بردند که میزان غلظت سلول سمی ۰/۳۸ میلی‌گرم‌برگرم خواهد بود و این منجر به اختلال در رشد جلبک‌ها می‌شود (Renaud, *et al.*, 2011).

مواد شوینده باعث کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در پارامترهای حرکتی مانند درصد سلول‌های حرکتی و سرعت شناوری سلول‌ها می‌شوند (Mikolajczyk and Diehn 1978) و گزارش‌ها نشان می‌دهد که مواد پاک‌کننده به تاژک‌ها در Euglena gracilis آسیب رسانده و با به هم ریختن میکروتوبول‌های تاژک‌دار، باعث ایجاد اختلال در تحرک حرکتی سلول می‌شوند. علاوه بر این، مواد شوینده می‌توانند به علت کاهش و کمبود منبع ATP، باعث کاهش تحرک شوند و نیز باعث انسداد سنتز ATP و همچنین تغییرات در هوموستازی یونی سلول می‌شوند (Aizdaicher and Markina, 2006).

نتایج به‌دست‌آمده برای پارامترهای فلورسانس طی مطالعه‌ای، نشان می‌دهد که در E. gracilis فتوسنتز توسط مواد شوینده مختل شد. گزارش‌های مختلفی در مورد اینکه سورفاکتانت‌های موجود در مواد شوینده در گونه‌های مختلف جلبکی، اثرات متفاوتی بر فتوسنتز دارد، وجود دارد (Chattopadhyay and Konar 1985; Sanchez-Fortun et al., 2008). بااین‌حال، مکانیسم مهار فتوسنتز توسط مواد شوینده به‌طور کامل شناخته‌شده نیست و احتمالاً به عوامل بسیاری بستگی داشته باشد. Liu and Wu (۲۰۱۷) یک آزمایش ۲ هفته‌ای برای بررسی سمیت LAS بر گیاه شناور Chara vulgaris طراحی کردند و به بررسی اثرات LAS بر رشد، محتوای رنگ‌دانه، فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پرداختند. نتایج نشان داد که هنگامی‌که C. vulgaris در معرض دوز پایین LAS (کمتر از ۱ میلی‌گرم برلیتر) قرار می‌گیرد، وزن خشک آن به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت. همچنین فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز، در مقایسه با گروه کنترل، به میزان قابل‌توجهی افزایش یافت، درحالی‌که هیچ اثر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم کاتالاز نداشت (Liu and Wu, 2017). همچنین تأثیرات آلاینده‌های دیگر بر این ریز جلبک نیز تا حدودی بامطالعه‌ی حاضر همخوانی دارد. به‌عنوان‌مثال نتایج تحقیق جوهری و همکاران در سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که نانو ذرات نقره حتی در غلظت‌های پایین هم بر رشد ریزجلبک *N. oculata* تأثیر کاهشی می‌گذارد. با توجه به اینکه انواع مختلفی از آلاینده‌ها وارد آب‌های طبیعی می‌شوند و در حالت مخلوط با آلاینده‌های دیگر اثرات ویران‌کننده‌تری بر موجودات آبزی می‌گذارند، لذا بررسی اثرات مجموعه‌ی آلاینده‌ها بر موجودات آبزی نسبت به بررسی سمیت انفرادی آن‌ها مناسب‌تر به نظر می‌رسد (غلامی و فلاحی، ۱۳۸۷). LAS نیز در ترکیب با مواد مختلف، تأثیرات متفاوتی بر موجودات آبزی می‌گذارد. نتایج مطالعه‌ی تیزکار در سال ۱۳۷۸ نشان می‌دهد که ترکیب LAS با فرمالین و دی اتانول آمین در مایع ظرف‌شویی حاوی ۱۷ درصد LAS، در مقایسه با دو شوینده‌ی دیگر که فاقد فرمالین و دی اتانول آمین بودند، تأثیر بیشتری در مرگ‌ومیر ماهی سوف و سیم دریایی داشت. با توجه به اینکه مواد کف‌کننده غلظت بالایی در فاضلاب‌های شهری دارند و علاوه بر کاهش نفوذ اکسیژن به درون فاضلاب، حاوی مواد شیمیایی مقاوم به تجزیه‌ی بیولوژیکی هستند، لذا اعمال روش مناسب برای تصفیه‌ی این‌گونه فاضلاب‌ها بسیار حائز اهمیت است. یکی از بهترین و کاراترین روش‌های تصفیه‌ی فاضلاب‌های حاوی مواد شوینده، فرآیند اکسیداسیون پیشرفته و یا همان فرآیند فنتون است که هم ازلحاظ کارایی، سهولت روش و هزینه‌های پایین، برای تصفیه‌ی شوینده‌ها توصیه می‌شود (سمرقندی و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به مطالعات انجام‌شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مواد شوینده اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلفی دارند؛ همچنین مقدار حساسیت و مسمومیت مواد شوینده برای جلبک‌های مختلف، متفاوت است، بنابراین مطالعات و بررسی‌های بیشتری در این زمینه موردنیاز است. ازآنجایی‌که میزان شوینده‌ها در اکوسیستم‌های دریایی رو به افزایش است و همچنین با توجه به اینکه ریزجلبک‌ها ساختار بسیار کوچکی دارند، بنابراین تغییرات محیطی می‌تواند بر رشد، فتوسنتز، ساختار و بیومس جامعه‌ی جلبکی تأثیرات مخربی برجای بگذارد. بنابراین

www.SID.ir

به‌منظور کاهش اثرات جبران‌ناپذیر شوینده‌ها بر موجودات اکوسیستم‌های آبی به‌ویژه ریزجلبک‌ها پیشنهاد می‌شود که شوینده‌هایی که دارای سرعت تجزیه‌پذیری بالاتر و ماندگاری کوتاه‌تر در طبیعت هستند، موردتوجه بیشتری قرار گیرند.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه شهرکرد انجام‌شده است.

منابع

بابائی، ه. و خداپرست، ح.، ۱۳۸۹. بررسی و تعیین غلظت آلودگی شوینده آلکیل بنزن سولفونات خطی در آب رودخانه سفیدرود (استان گیلان)، مجله علوم آبزیان، سال اول، شماره ۳، صفحات ۴۵-۳۵.

بهمنی، م.، راه نوردکیسمی، ز.، علیا، م. ا. و کاسه‌گری، ح.، ۱۳۹۲. بررسی میزان حذف سورفاکتانت آنیونی LABS با جاذب‌های معدنی پرلیت و کربن فعال، نشریه‌ی پژوهش‌های کاربردی در شیمی (JARC)، سال هفتم، شماره ۲، صفحات ۷۳-۶۷.

تیزکار، م.، ۱۳۷۸. تعیین حداقل میزان کشنده دتر جنت آنیونی خطی بر روی دو گونه ماهیان استخوانی تالاب انزلی (سیم و سفید)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران، ۱۱۵ ص.

جوهری، س. ع.، قادرسربازی، ژ. و سوری‌نژاد، ا.، ۱۳۹۵. مطالعه اثر سمیت نانوذرات کلوئیدی بر ریزجلبک دریایی *N.oculata*، مجله بوم‌شناسی آبزیان، دوره ششم، شماره ۲، صفحات ۹۰-۸۳.

چگینی‌فر، م. ب.، ماشینچیان مرادی، ا. و مقدسی، ب.، ۱۳۹۵. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین (سرب،کادمیوم و مس) در رسوبات منطقه بندر امیرآباد و ارتباط آن با تنوع و تراکم روزنه‌داران کفزی، فصلنامه علوم و فناوری دریا، شماره ۸۰، صفحات ۶۹-۶۲.

سمرقندی، م.، ضرابی، م. و صفری، غ. م.، ۱۳۸٦. بررسی کارایی فرآیند فنتون در حذف دتر جنت آنیونی ستیل تری متیل آمونیم بروماید (C-TAB) از محلول آبی و بهبود قابلیت تجزیه‌پذیری بیولوژیکی آن، یازدهمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان.

شاهسونی، د.، مهری، م. و بیجارچی، ا.، ۱۳۸٤. بررسی تأثیر آلکیل بنزن سولفونات خطی (LABS) بر برخی از پارامترهای بیوشیمیایی سرم خون ماهی قرمز (*Carassius auratus*)، مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره ۲، صفحات ۵۷-۵۱.

غلامی، م. و فلاحی، م.، ۱۳۸۷. بررسی میزان انتقال انفرادی و مخلوط فلزات سنگین مس و کادمیوم باشوینده Linear Alkyl Solfonate در زنجیره غذایی بچه ماهی سفید یک‌گرمی (*Rutilus frisii kutum*)، مجله دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی، سال دوم، شماره ۴، صفحات ۲۱- ۱۵.

Abu-Rezq, T.S., Al-Musallam, L., Al-Shimmari, J. and Dias, P., 1999. Optimum production conditions for different high-quality marine algae. Hydrobiologia, 403: 97–107.

Adak, A., Bandayopadhyay, M. and Pal, A., 2005. Colloid surface A, 254 (1-3): 165-171.

Aizdaicher, N. A. and Markina Z. V., 2006. Toxic effects of detergents on the alga Plagioselmis prolonga (Cryptophyta). Russian Journal of Marine Biology, 32: 45–49.

AL-Ansari, A., 2007. Technical manual for live food production. 1-31.

Chattopadhyay, D. N. and Konar, S. K., 1985. Chronic effects of linear alkyl benzene sulfonate on aquatic ecosystem. Environment and Ecology, 3: 428–433.

Chini-Zitelli, G., Lavista, F., Bastianini, A., Rodolfo, L., Vincenzini, M. and Tredici, M. R., 1999. Production of eicosapentaenoic acid by *Nannochloropsis* sp. cultures in outdoor tubular photobioreactors. Journal of Biotechnology, 70: 299-312.

Chu, W-L., 2012. Biotechnological applications of microalgae. IeJSME, 6(1): 24-37.

Downloaded from jmb.iauahvaz.ac.ir at 8:28 +0430 on Monday August 10th 2020

www.SID.ir

Downloaded from jmb.iauahvaz.ac.ir at 8:28 +0430 on Monday August 10th 2020

Coelho, A. A. D. C., Barros, C. U. M., Bezerra, J. H., Sillva, J. W. A. D. Moreira R. L. and Farias W. R. L., 2013. Growth of the microalgae *Tetraselmis tetrathele* and nitrate depletion in culture medium guillard f/2 and Conway. Acta Science and Biochemistry Science, 35 (2): 163- 168.

Cserha´ti, T., 1995. Alkyl ethoxylated and alkylphenol ethoxylated nonionic surfactants: Interaction with bioactive compounds and biological effects. Environmental Health Perspectives, 103: 358–364.

Cserha´ti, T., Forga´cs, E. and Oros, G., 2002. Biological activity and environmental impact of ionic surfactants. Environment International, 28: 337– 348.

Dabiri, M., 1996. Environmental pollution - Air – Water - Soil- Sound. Ettehad Publisher, 400 pp.

Fawley, K. P. and Fawley, M. W., 2007. Observations on the diversity and ecology of Freshwater *Nannochloropsis* (Eustigmatophyceae), with descriptions of new taxa. *Protist*, 158: 325-336.

Goh, L. P., Loh, S. P., Fatimah, M. Y. and Perumal, K., 2009. Bioaccessibility of Carotenoids and Tocopherols in Marine Microalgae, *Nannochloropsis sp.* and *Chaetoceros sp.* Malaysian Journal of Nutrition, 15(1): 77-86.

Groot, R. D. and Rabone, K. L., 2001. Mesoscopic simulation of cell membrane damage, morphology change and rupture by non-ionic surfactants. Biophysical Journal, 81: 725–736.

Gustafsson, J., Oradd, G. and Almgren, M., 1997. Disintegration of the lecithin lamellar phase by cationic surfactants. Langmuir, 13: 6956– 6963.

Hibberd, D. J., 1981. Notes on the taxonomy and nomenclature of the algal classes Eustigmatophyceae and Tribophyceae (synonym Xanthophyceae). Journal of the Linnean Society of London, Botany, 82: 93-119.

Holmberg, k., Jonsson, B., kronberg, B. and Lindman, B., 2003. Surfactants and polymers in aqueous solution, Wiley, Chichester, England.

Ivankovic´, T. and Hrenovic´, J., 2010. Surfactants in the environment. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 61: 95–110.

Lapresta-Fernández, A., Fernández, A. and Blasco, J., 2012. Nanoecotoxicity effects of engineered silver and gold nanoparticles in aquatic organisms. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 32: 40-59.

Lavens, P. and Sorgeloos, P., 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical paper, No. 361, FAO, Rome, pp. 305.

Liu, N. and Wu, Z., 2017. Toxic effects of linear alkylbenzene sulfonate on Chara vulgaris L. Environmental Science and Pollution Research, 25: 4934-4941.

Martinez, M. P. and Chakroff, J. B. P., 1975. Direct phytoplankton counting technique using the hemacytometer. Philippine Agriculture Science, 59: 43-50.

Masakorala, K., Turner, A. and Brown, M. T., 2008. Influence of synthetic surfactants on the uptake of Pd,Cd and Pb by the marine macroalga, Ulva lactuca. Environmental Pollution, 156: 897–904.

McDonough, k., Casteel, K., Itrich, N., Menzies, J., Belanger, S., Wehmeyer, K. and Federle, T., 2016. Evaluation of anionic surfactant concentrations in US effluents and probabilistic determination of their combined ecological risk in mixing zones. Science of the Total Environment, 572: 434–441.

Meireles, L. C., Catarina, A., Guedes, A. C. and Malcata, F. X., 2003. Lipid class composition of the microalgae *Pavlova lutheri*: Eicosapentaenoic and Docosahexaenoic acids. Agriculture Food Chemistry, 51 (18): 2237-2241.

Mikolajczyk, E. and Diehn, B., 1978. Morphological alteration in *Euglena gracilis* induced by treatment with CTAB (Cetyltrimethylammonium bromide) and Triton X-100: correlations with effects on photophobic behavioral responses. Journal of Protozoology, 25: 461–470.

Nichols, H. W., 1973. Growth media – freshwater. In: Stein, JR. (Editor), Handbook of Phycological Methods– Culture Methods and Growth Measurements Cambridge University Press Cambridge, 7-24.

OECD., 2011. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. Test No. 201: Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, France.

Renaud, F., Miramand, P., Oberhansli, F., Temara, A., Teyssie, J. L. and Warnau, M., 2011 . Sorption–desorption kinetics and toxic cell concentration in marine phytoplankton microalgae exposed to Linear Alkylbenzene Sulfonate. Marine Pollution Bulletin, 62: 942–947.

www.SID.ir

Rocha, J. M. S., Garcia, J. E. C., and Henriques, M. H. F., 2003. Growth aspects of the marine microalga *Nannochloropsis gaditana*. Biomolecular Engineering, 20: 237-242.

Sanchez-Fortun, S., Marva, F., D'ors, A. and Costas, E., 2008. Inhibition of growth and photosynthesis of selected green microalgae as tools to evaluate toxicity of dodecylethyldimethyl-ammonium bromide. Ecotoxicology, 17: 229–234.

Scott, M. J. and Jones, M. N., 2000. The biodegradation of surfactants in the environment. BBA- Biomembranes, 1508: 235-251.

Sukenik, A., 1999. Production of eicosapentaenoic acid by the marine eustigmatophyte *Nannochloropsis*. In *Chemicals from microalgae*, (Cohen, Z., ed.). pp. 41-56. London, Taylor & Francis Ltd.

Venhuis, S. H. and Mehrvar, M., 2004. Health effects, environmental impacts and photochemical degradation of selected surfactants in water. International Journal of Photoenergy, 6: 115–125.

Xia-li, Y., Xiao-qing, Y., Yong-hong, L. and Yuan-yan, D., 2007. Effect of Bensulfuron-Methyl on growth of *Chlorella pyrenoidosa*. Agricultural Sciences in China, 6: 316-321.

Zhu, W., Chen, H., Guo, L. and Li, M., 2016. Effects of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) on the interspecific competition between Microcystis and Scenedesmus. Environmental Science and Pollution, 23:16194–16200.

Downloaded from jmb.iauahvaz.ac.ir at 8:28 +0430 on Monday August 10th 2020

www.SID.ir