نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر/ ISSN: 2008-0026 سال سیزدهم، شماره اول، بهار ۹۸ / صفحات: ۴۲-۳۵

قابلیت جذب زیستی آلودگی نانوذرات اکسید روی توسط دوکفه‌ای‌های *Maytilaster lineatus* و *Dressina polymorpha* در دوره کوتاه‌مدت

[*]فاطمه بهاروند[۱]، حمید ترنج‌زر[۲] و عبدالرحیم بهاروند[۳]

[۱]دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، گرایش آلودگی‌های محیط زیست، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، [۲]هیأت علمی گروه محیط زیست، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، [۳]هیأت علمی گروه فیزیک، دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۸

چکیده

هدف: در این مطالعه میزان جذب مستقیم آلودگی نانوذرات اکسید روی توسط دوکفه‌ای‌های *M. lineatus* و *D. polymorpha* در دوره کوتاه‌مدت ۹۶ ساعتی بررسی گردید.

مواد و روش‌ها: تعداد مورد نیاز دوکفه‌ای *D. polymorpha* با دامنه طولی ۰/۸ ± ۲/۵۳ cm و *M. lineatus* با دامنه طولی ۰/۵ ± ۲/۷ cm از محیط طبیعی استحصال گردید. نانوذرات با استفاده از دستگاه التراسونیک با ۴۰۰ دور در دقیقه پخش شد. جهت یک‌فاز شدن آب مخازن با محلول نانوذره از دستگاه هموژنایزر با ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه استفاده شد و تیمارها با غلظت‌های؛ ۰/۲۵، ۲۵ و ۵۰ppm تهیه گردید. انباشت نانوذرات در توده بافتی دوکفه‌ای با دستگاه ICP و نحوه توزیع نانوذرات در مخازن دوکفه‌ای با تست DLS سنجیده شد.

نتایج: نتایج مربوط به ICP نشان داد بیش‌ترین میزان انباشت نانوذرات در توده بافتی دوکفه‌ای‌ها در کم‌ترین غلظت مواجهه ($P>0/05$) می‌باشد و کم‌ترین میزان جذب در بالاترین غلظت مواجهه به‌صورت معنی‌داری ($P>0/05$) نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد همچنین دوکفه‌ای *D. polymorpha* نسبت به دوکفه‌ای *M. lineatus* در طول دوره مواجهه توان جذب بالاتری از خود نشان داد. نتایج تست DLS نشان داد که ذرات از لحاظ اندازه بین ۱۰۰-۱۰ نانومتر بوده‌اند که بیانگر عدم ترسیب و هموژن بودن نانوذرات در مخازن حاوی دوکفه‌ای‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری: هر دو گونه دوکفه‌ای به‌عنوان شاخص‌های بسیار مناسبی جهت پایش اثرات نانوذرات اکسید روی در محیط‌های آبی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جذب زیستی، نانوذرات اکسید روی، *Dreissena polymorpha*، *Maytilaster lineatus*

مقدمه

نانوتکنولوژی مواد را در مقیاس نانو (۱-۱۰۰ nm) دستکاری نموده (Moore، ۲۰۰۶). ویژگی‌های جدید ذرات نانو به‌طور گسترده برای استفاده در زمینه پزشکی (Barnett و همکاران، ۲۰۰۷؛ Cosmetics Lens، ۲۰۰۹)، انرژی‌های تجدیدپذیر (Wei و همکاران، ۲۰۰۸)، بازسازی زیستی (Tungittiplakorn و همکاران، ۲۰۰۴) و ابزارهای الکترونیکی (Kachynski و همکاران، ۲۰۰۸) استخراج شده است.

در دهه‌های اخیر گروه‌های مختلف موجوات زنده به‌طور گسترده جهت بررسی وقوع آلودگی‌های شیمیایی در محیط‌های طبیعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. دوکفه‌ای‌ها یکی از گروه‌های بسیار مهم در این رابطه به‌شمار می‌روند. این موجودات گروهی از نرم‌تنان می‌باشند که مطلوبیت بالایی جهت استفاده

[*] نویسنده مسئول: f.baharvand95@iau-arak.ac.ir

به‌عنوان بیواندیکاتورهای آلودگی در محیط‌های آبی دارند (Martins و همکاران، ۲۰۰۷). این گروه از نرم‌تنان به‌دلیل آن که از فراوانی بالایی در محیط‌های آبی شیرین، مصبی و دریایی برخوردارند، به‌عنوان یک موجود مدل مناسب در مطالعه اثرات بالقوه نانوذرات بر موجودات آبزی مطرح شده‌اند. Wang و همکاران (۲۰۰۸) اولین بار پیشنهادی را مطرح نمود مبنی بر این‌که بی‌مهرگان تغذیه‌کننده از مواد معلق در آب، به‌خصوص نرم‌تنان دوکفه‌ای به‌عنوان گروه هدف منحصر به فرد برای مطالعات سم‌شناسی نانوذرات در نظر گرفته شوند؛ زیرا این موجودات با توجه به این‌که در تماس مستقیم با بخش‌های آلوده شده زیستگاه‌های آبی (رسوبات و آب) قرار دارند و می‌توانند سطوح بالایی از فلزات را در بافت‌های خود ذخیره سازند، شواهد مناسبی در رابطه با وقوع آلودگی‌های محیطی با مقیاس زمانی از طریق بررسی پاسخ‌های سلولی و فیزیولوژیکی فراهم می‌سازند (Andujar و همکاران، ۲۰۱٤). موردی از تجمع زیستی است که در آن غلظت ماده شیمیایی در موجود زنده در اثر جذب از طریق مواد مورد تغذیه افزایش می‌یابد و تغلیظ زیستی آن بخش از فرآیند جذب آلاینده را شامل می‌شود که آلاینده از محیط پیرامونی به‌صورت مستقیم از آب یا رسوبات جذب می‌شوند و به‌صورت انتقال آلاینده از فاز آبی به درون پیکر یک موجود قابل تعریف است و زمانی که نرخ جذب از نرخ دفع بالاتر باشد، رخ می‌دهد. نقش هر یک از مسیرهای جذب وابسته به رفتار تغذیه‌ای، چرخه زندگی، سایز بدن موجود و طول دوره مواجهه است (Gerhard، ۱۹۹۳).

تجمع زیستی یک پروسه مهم جهت پی بردن به این موضوع است که چه زمانی خطر ناشی از ذرات نانو مورد ارزیابی قرار گیرد. ارزیابی خطر نیازمند مطرح کردن هر دو مبحث مواجهه و اثرات است؛ زیرا مواجهه و تجمع زیستی متعاقب حضور یک زنوبیوتیک همواره پیش‌نیاز سمیت است (بدین معنی که ماده شیمیایی باید قبل از این که باعث ایجاد سمیت شود، باید توسط موجود دریافت گردد). نانوذرات به‌طور غیرمحتمل مستثنی از این تعمیم هستند. تجمع زیستی یک راه مستقیم جهت ارزیابی پروسه‌هایی است که دسترسی زیستی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، به‌طوری‌که دسترسی زیستی به‌صورت غلظت آلاینده‌ای که یک موجود از مدیای محیطی از کل مسیرهای ممکن جذب شامل آب و غذا دریافت می‌کند، تعریف می‌گردد (Luoma و Rainbow، ۲۰۰۵). تاریخچه طولانی مطالعه اثرات زنوبیوتیک‌ها نشان داده است تشخیص و تنظیم مواجهه‌های محیط زیستی سموم بالقوه، نیازمند مطرح کردن دسترسی زیستی است. جذب فلزات سنگین در صدف *Anodonta cygnea* در تالاب انزلی مورد بررسی قرار گرفته است (بابایی سیاهگل، ۱۳۸۳). دوکفه‌ای‌ها دارای فرآیندهای توسعه یافته‌ای جهت درونی‌سازی سلولی ذرات با اندازه نانو و میکرو (به‌ترتیب اندوسیتوز و فاگوسیتوز) دارند که در عملکرد و وظایف فیزیولوژیکی آن‌ها مانند هضم درون‌سلولی و ایمنی‌سلولی اهمیت فراوانی دارند (Golovanova و Frolova، ۲۰۰۵). دوکفه‌ای‌ها قادر به تجمع زیستی فلزات ضروری و غیرضروری تا سطوح بالایی در بافت‌های خود هستند در موجودات فیلترفیدر عمدتاً جذب فلزات از طریق آب صورت می‌گیرد (Barata و همکاران، ۲۰۰۲). دوکفه‌ای‌ها فلزات را در شرایطی جذب می‌کنند که غلظت محیطی آلاینده نسبتی از غلظت آلاینده موجود در جاندار باشد (Farris & Van.). بنابراین هدف از این پژوهش معرفی این دوکفه‌ای‌ها به‌عنوان جاذب آلاینده‌های نوظهور مانند نانوذرات و همچنین مشخص کردن غلظت‌های مختلف مواجهه نانوذرات اکسید روی بر میزان جذب در این دوکفه‌ای‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برداشت نمونه‌های زنده دوکفه‌ای از محیط طبیعی: تعداد موردنیاز دوکفه‌ای *M. lineatus* و *D. poly morpha* از محیط طبیعی برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در آزمایشگاه دوکفه‌ای‌ها به‌مدت ۲ هفته جهت تطابق با شرایط در مخازن فایبرگلاس ٤٠ لیتری نگهداری شدند. جهت تأمین آب مورد استفاده در این مخازن، از آب کلرزدایی شده سیستم شهری استفاده می‌شود. دما و pH آب در طول دوره مطالعه ثابت نگه داشته شد. غذادهی در طول دورهی تطابق با مخمر صورت گرفت. نمونه‌هایی از آب جهت بررسی سطوح نانوذرات در آب مخازن دوکفه‌ای‌ها برداشت شده و جهت آنالیزهای شیمیایی فیکس گردید.

مواجهه آزمایشگاهی: سطوح LC_{50} نانوذراتروی بر اساس مطالعات پیشین تعیین گردیده و سه غلظت جهت مواجهه دوکفه‌ای‌ها با نانوذرات روی با توجه به مقادیر LC_{50} آن‌ها انتخاب گردید. به‌منظور تهیه محلول‌های نانوذره از محصولات نانوذرات تجاری موجود استفاده شد. جهت تعیین پراکندگی اندازهای نانوذرات موردنظر، نمونه‌هایی از محلول‌های تهیه شده با غلظت‌های انتخابی جهت آنالیز با دستگاه DLS برداشت شده و پراکندگی اندازهای آن‌ها تعیین گردید. همچنین نانوذرات محلول‌های مواجهه پیش از به‌کارگیری با استفاده از دستگاه التراسوند به‌صورت همگن در آمده بودند. در طول دوره مواجهه آب مخازن حاوی دوکفه‌ای باید در تناوب‌های ٤٨ ساعتی تعویض گردد تا نانوذرات ترسیب یافته از محیط خارج و آب حاوی ذرات محلول مورد استفاده قرار گیرد.

پس از اتمام دوره تطابق دوکفه‌ای‌ها با شرایط آزمایشگاهی، مواجهه دوکفه‌ای‌ها با غلظت‌های انتخابی از نانوذرات در طول زمان‌های ۰، ٢٤، ٤٨، ٧٢، ٩٦ ساعتی پس از مواجهه از دوکفه‌های مواجهه یافته نمونه‌برداری به‌عمل آمده و توده بافتی موردنظر از آن‌ها استخراج شد. در هر بار نمونه‌برداری در هر یک از سطوح مواجهه سه تکرار در نظر گرفته شد. در هر یک از زمان‌های نمونه‌برداری، از آب موجود در مخازن نیز نمونه برداشت گردید تا سطوح نانوذرات در آن‌ها اندازه‌گیری شود.

تعیین سطوح تجمع زیستی: نمونه‌های دوکفه‌ای برداشت‌شده جهت به‌دست آوردن وزن تر توزین شدند. سپس، پوسته‌های آن‌ها جدا شده و توده بافتی برداشت گردید. به‌منظور به‌دست آوردن نمونه‌های خشک، توده‌های بافتی به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده می‌شوند. عصاره‌گیری از نمونه‌های بافتی خشک بر اساس پروتکل Fukunaga و Anderson (۲۰۱۱) انجام گردید. سطوح نانوذرات در عصاره‌های به‌دست آمده با استفاده از دستگاه (VG PlasmaQuad 3-VG Elemental, Winsford, ICPMS(Cheshire, UK تعیین شد.

روش فیکس کردن نمونه‌های آب و آنالیز آن‌ها: در هر بار نمونه‌گیری از آب، مقدار ۲۰ سی‌سی از توده آبی درون مخازن برداشت شده و با کاغذ صافی واتمن صاف گردید. ظروف حامل نمونه‌های آب قبل از وارد کردن نمونه آب به آن‌ها، ۱۲ ساعت در محلول pH (HCl < ۲) نگه داشته شدند. به‌منظور تثبیت نمونه‌های آب جهت آنالیز ذرات نانو، از HNO_3 با pH < ۲ به‌عنوان تثبیت‌کننده استفاده شد و ظروف حاوی این نمونه را تا زمان آنالیز آن‌ها با دستگاه ICP در دمای کم‌تر از ٤ درجه سانتی‌گراد و در محیط تاریک نگه داشته شدند (Marcovecchio، ۲۰۰۷).

محاسبه فاکتور انباشتگی زیستی (BCF): نمونه‌های صدف برداشت‌شده را طبق روش ذکر شده در بخش‌های قبل برای به‌دست آوردن وزن خشک در آون قرار گرفتند. توده خشک بافتی در نیتریک اسید ۷۵ درصد برای مدت ٢٤ ساعت هضم شده و سپس، به‌مدت ۳۰ دقیقه جهت تبخیر نیتریک اسید حرارت داده شدند. توده خشک به‌دست آمده را مجدداً در نیتریک اسید ۰/۵ درصد به حالت تعلیق درآورده شد

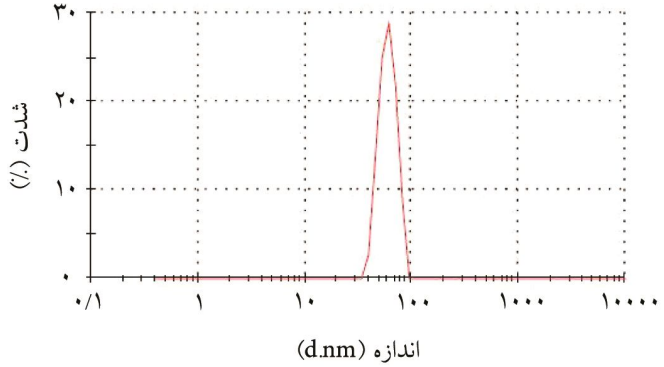
و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری مقدار فلز نگه داشته شدند (Raftopoulou و Dimitriadis، ۲۰۱۱). محلول‌های هضم‌شده به‌دست آمده با استفاده از (Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (AA-300 puls آنالیز گردیدند (Moloukhia و Sleem، ۲۰۱۱). داده‌های به‌دست آمده به‌صورت mg/g weight بیان گردید و فاکتور انباشتگی زیستی (BCF) نیز با استفاده از رابطه (Moloukhia و Sleem، ۲۰۱۱) محاسبه می‌گردد:

BCF = (غلظت فلز در هر گرم وزن تر جاندار) / (غلظت فلز در هر گرم آب)

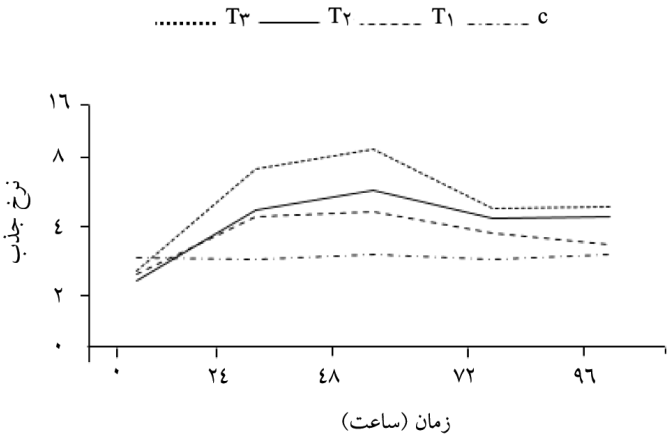
آنالیزهای آماری: در این مطالعه جهت آنالیز از نرم‌افزار spss ورژن ۱۹ استفاده گردید، داده‌های برگرفته از شاهد و تیمار نانوذرات اکسید آهن توسط آنالیز واریانس (ANOVA) نرم‌افزار spss ورژن ۱۹ مورد مقایسه قرار گرفتند. تفاوت معنی‌داری در آن، (P>۰/۰۵) بود، سپس مقادیر میانگین با آزمون LSD مقایسه شد.

نتایج

اندازه ذرات در نمونه محلول نانو اکسید روی در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۹۵ درصد حجمی ذرات در محلول کلوییدی دارای قطر ۸۵ نانومتر که این امر گواه بر نانو بودن اندازه ذرات به‌کار گرفته شده می‌باشند. بر این اساس، نحوه پراکنش نانوذرات اکسید روی در آب مخازن حاوی دوکفه‌ای‌ها یکسان بوده است و تمامی‌دوکفه‌ای‌ها به‌طور یکنواخت در مواجهه با نانوذرات اکسید روی قرار گرفته‌اند، در نتیجه نانوذرات در کف مخازن ترسیب نکرده‌اند است.

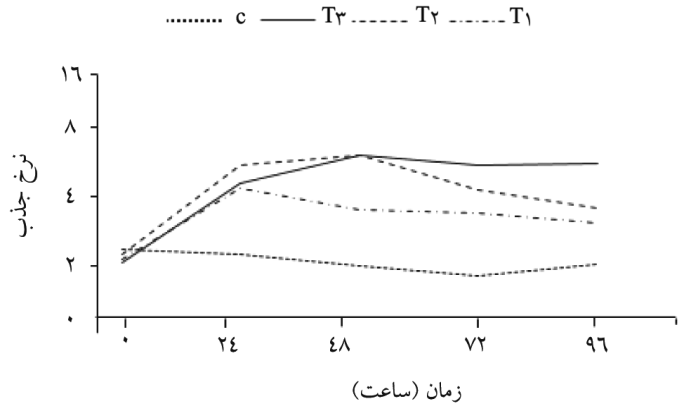


شکل ۱- توزیع اندازه‌ای نانوذرات اکسید روی در آب مخازن حاوی دوکفه‌ای‌ها



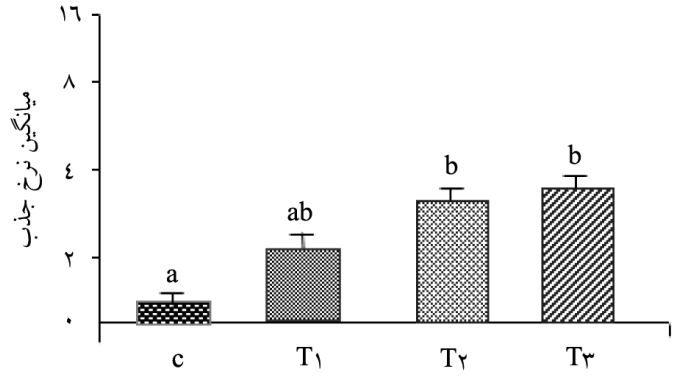
شکل ۲- میزان جذب نانوذرات اکسید روی در دوکفه‌ای *M. lineatus* را نشان می‌دهد

با توجه به شکل ۲ دوکفه‌ای *M. lineatus* توانایی جذب نانوذرات اکسیدروی را داشته به‌طوری‌که در هر سه تیمار فرآیند جذب اتفاق افتاده اما بالاترین نرخ جذب در تیمار سوم بوم شاهده گردید چون که میزان غلظت مواجهه در این تیمار از سایر تیمارها بیش‌تر بوده و به مرور زمان از روند صعودی جذب نانوذرات در تیمار سوم کاهش مشاهده گردید که ممکن است ناشی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی دوکفه‌ای نسبت به آلاینده بوده باشد.



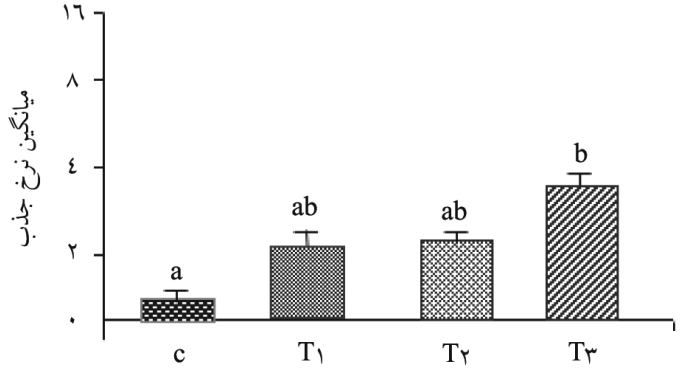
شکل ۳- میزان جذب نانوذرات اکسید روی در دوکفه‌ای *D. polymorpha* را نشان می‌دهد

با توجه به شکل ۳ دوکفه‌ای *D. polymorpha* قادر به جذب آلاینده نانوذره اکسید روی بوده است. به‌طوری‌که در تیمار دوم و سوم روند جذب در سطح بالایی رخ داده است که نشان‌دهنده توانایی بالای این دوکفه‌ای در غلظت‌های متفاوت ار نانوذرات می‌باشد.



شکل ٤- میانگن جذب نانوذرات اکسیدروی توسط دوکفه‌ای *D. polymorpha* را در دوره جذب ۹٦ ساعتی

میانگین جذب نانوذرات (Mean ± SD)	شاهد	تیمار اول-۹٦ ساعت	تیمار دوم-۹٦ ساعت	تیمار سوم-۹٦ ساعت
	۰	۱/٥٤ ± ۲/۱۱	۱/۱۱ ± ٤/۰۷	۰/۱۲ ± ٤/٥٦



شکل ۵- میانگین جذب نانوذرات اکسیدروی توسط دوکفه‌ای *M. lineatus* را در دوره جذب ۹٦ ساعتی

میانگین جذب نانوذرات (Mean ± SD)	شاهد	تیمار اول-۹٦ ساعت	تیمار دوم-۹٦ ساعت	تیمار سوم-۹٦ ساعت
	۰	۱/۱۵ ± ۲/۳۱	۱/۲٤ ± ۲/۲۱	۱/۰٦ ± ۳/۹۲

در تیمارهای اول تا سوم جذب نانوذرات توسط هر دو گونه دوکفه‌ای اتفاق افتاده است به‌طوری‌که با گذشت زمان میزان جذب افزایش یافته است. در گونه *D. polymorpha* در هر سه تیمار روند جذب افزایش بوده اما بیش‌ترین میزان جذب (٤/۰±٥٦/۱۲) میکروگرم در لیتر در بالاترین غلظت از نانوذرات مشاهده شد و کم‌ترین مزان جذب نیز در کم‌ترین غلظت اتفاق افتاده است. در دوکفه‌ای *D. polymorpha* بین تیمار دوم و سوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد به‌طورکلی میزان جذب نانوذرات در غلظت‌های که به‌صورت ppm ۵۰ نانواکسید روی بوده به‌صورت معنی‌داری ($P>0/05$) بیش‌تر از سایر غلظت‌ها مشاهده شد و در ($P>0/05$) کم‌تر از سایر غلظت‌ها بوده است و در دوکفه‌ای *M. lineatus* بالاترین نرخ جذب برابر با ۳/۹۲±۱/۰٦ میکروگرم در بالاترین غلظت مشاهده شد و بین تیمارهای اول و دوم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما در تیمار سوم با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. نتایج حاصل ار این پژوهش نشان داد که هر دو گونه دوکفه‌ای قادر به جذب آلاینده نانوذرات اکسید روی را دارند اما دوکفه‌ای *D. polymorpha* نسبت به *M. lineatus* توانایی جذب بالاتری داشته است. همچنین نتایج تست DLS بیانگر این امر بوده است که نحوه پخش شدن ذرات نانو در مخازن حاوی دوکفه‌ای‌ها هموژن بوده در نتیجه مواجهه دوکفه‌ای‌ها با نانوذرات در مخازن یکسان بوده است.

بحث

مطالعه حاضر نشان داد در تیمارهای اول تا سوم جذب نانوذرات توسط *D. polymorpha* اتفاق افتاده است به‌طوری‌که با گذشت زمان این میزان جذب افزایش یافته که بیش‌ترین آن برابر با ٤/۰±٥٦/۱۲ میکروگرم بر لیتر که در بالاترین غلظت‌ها مواجهه از نانوذرات ۲۵ و ppm۵۰ مشاهده شد. همچنین کم‌ترین میزان جذب برابر با ۲/۱۱±۱/٥٤ میکروگرم بر لیتر در بالاترین غلظت مواجهه نانوذرات، ppm ۰/۲۵ مشاهده شد. در گذر زمان روند جذب در ابتدا سریع و افزایشی بوده با توجه به تجمع نانوذرات در اندام‌ها تونایی موجود در جذب نانوذرات به مرور کاهش پیدا کرده که این کاهش ناشی از پاسخ فیزیولوژیکی موجود و یا حتی تخریب و نکروز بافتی بوده باشد. همچنین مطالعه حاضر نشان داد که دوکفه‌ای *M. lineatus* قادر به جذب نانوذرات

اکسید روی هستند اما میزان جذب در این دوکفه‌ای نسبت به دوکفه‌ای *D. polymorpha* پایین‌تر بوده که نشان‌دهنده توانایی بالاتر دوکفه‌ای *D. polymorpha* در جذب ذرات فلزی می‌باشد.

مطالعات فراوانی در رابطه با تجمع زیستی فلزات سنگین در نرم‌تنان و دوکفه‌ای‌ها انجام گرفته است و نشان داده است که این موجودات قابلیت تجمع مقادیر زیادی از فلزات سنگین را دارند (Fukunaga و Anderson، ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر، نتایج به‌دست آمده نشان داد که با افزایش مدت زمان مواجهه با نانوذرات، میزان جذب در دوکفه‌ای‌ها روند کاهشی داشته که با مطالعه Abel (۱۹۷٦) همسو بوده است (Shi و Wang، ۲۰۰٤). نشان دادند که مواجهه با فلز سنگین مس کاهش معنی‌داری را در نرخ فیلتراسیون دوکفه‌ای‌ها به همراه دارد که این امر منجر به کاهش میزان جذب شده است که با مطالعه حاضر هم‌سو است. مطالعات Cashike و همکاران (۱۹۸۷) بر روی روتیفر آب شیرین *Brachionus calyciflorus* و کلادوسر *Daphnia magna* در معرض سطوح تحت کشنده متیل پارازیون برای تعیین اثرات آن بر نرخ فیلتراسیون و بلعیدن قرار گرفتند که کاهش چشمگیری در میزان جذب در هر دو زئوپلانکتون مشاهده شد که با مطالعه حاضر همخوانی دارد. Hamerlad و همکاران (۱۹۹۰) گزارش دادند که مرگ و میر *Anodonta cygnea* در مواجهه با Cd برای مدت ۵ روز بالا بوده که با مطالعه حاضر مغایر بوده است (Viarengo و همکاران، ۱۹۸۱). تفاوت‌های معنی‌داری در انباشتگی Cu بین بافت‌های مختلف در *M. edulis* گزارش شده است به‌طوری‌که بیش‌ترین غلظت‌ها در آبشش‌ها و غده گوارشی دیده شده است که نشان‌دهنده نقش عمده این بافت‌ها در جذب Cu است که با پژوهش حاضر همخوانی دارد. آذرباد (۱۳۸۹) جهت بررسی میزان جذب فلزات سنگین در کوتاه‌مدت و استرس‌های آن‌ها بر میزان فعالیت‌های فیلتراسیونی اویستر *Saccostera cucullata* مقادیر جذب را مورد مطالعه قرار داد و نتایج او نشان‌دهنده کاهش نرخ جذب در پاسخ به حضور فلزات سنگین در محیط بود که نتایج این مطالعه با مطالعه حاضر همخوانی داشته است. معزی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که مواجهه کوتاه‌مدت دوکفه‌ای *Anodonta cygnea* با ذرات فلزی کروم و مس باعث تجمع این ذرات فلزی در اندام‌های آبشش، هپاتوپانکراس و جبه شده است که با مطالعه حاضر همخوانی دارد.

در مجموع می‌توان بیان نمود که دوکفه‌ای *D. polymorpha* و *M. lineatus* دو گونه مناسب جهت مطالعات پایش زیستی وقوع آلودگی‌های ناشی از ذرات فلزی و به‌طور خاص ذرات فلزی مورد بررسی در این مطالعه (نانوذره اکسید روی) می‌باشد. سطح عوارض مورد بررسی (تجمع زیستی)، شاخص مناسبی برای پایش آلودگی‌ها و همچنین مطالعات مربوط به روابط اکوفیزیولوژیک این گونه و نیز موجودات مشابه با نانوذرات در محیط‌های آبی هستند. از طرف دیگر این گونه‌ها به‌عنوان دو گونه مناسب جهت حذف ذرات فلزی (نانوذرات و فلزات سنگین) در سیستم‌های تصفیه پساب‌ها یا محیط‌های آبی طبیعی آلوده شده پیشنهاد می‌گردد.

منابع

آذرباد، ح.، ۱۳۸۹. مطالعه صحرایی جذب فلزات سنگین توسط صدف *Saccostrea cucullata* (مطالعه موردی: جنگل‌های‌مانگرو لافت). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته شیلات. دانشگاه تهران.

بابایی سیاهگل، ه.، ۱۳۸۳. بررسی جذب فلزات سنگین در صدف آنودونت (*Anodonta cygnea*) در تالاب بین‌المللی انزلی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته شیمی دریا. دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران شمال.

Abel, P.D., 1976. Effects of some pollutants on the filtration rate of Mytilus. Marine pollution bulletine, 7, 228-231.

Andujar, P., Simon-Deckers, A., Galateau-Sallé, F., Fayard, B., Beaune, G., Clin, B., and Lanone, S., 2014. Role of metal oxide nanoparticles in histopathological changes observed in the lung of welders. Particle and Fiber Toxicology, 11 (1), 1-13.

Barnett, B.P., Arepally, A., Karmarkar, P.V., Qian, D., Gilson, W.D., Walczak, P., ... & Bulte, 2007. Magnetic resonance guided, real time targeted delivery and imaging of magnetocapsules immunoprotecting pancreatic islet cells. Nature medicine, 13 (8), 986-991.

Cashike, J.A., and Ward, J.V., 1995. Nitrate (NO_3–N) toxicity to aquatic life: a proposal of safe concentrations for two species of Nearctic freshwater invertebrates.Chemosphere. 31, 3211-3216.

Fukunaga, A., and Anderson, M.J., 2011. Bioaccumulation of copper, lead, zinc by the bivalve *Macomona liliana* and *Austrovenus stutchburyi*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 396, 244-252.

Gerhard, A., 1993. Review of impact of heavy metals on stream invertebrates with special emphasis on acid conditions. Water, air and soil pollution, 66 (3), 289-314.

Golovanova, I.L., and Frolova, T.V., 2005. Influence of copper, zinc and cadmium upon carbohydrase activities in aquatic invertebrates. Biologica Vnutrennih Vod., 4, 73-83.

Hakanson, L., 1984. Metals in fish and sediment from the river kolbacksan water system, Sweden. Archive for hydrobiology, 101, 373-400.

Kachynski, A.V., Kuzmin, A.N., Nyk, M., Roy, I., and Prasad, P.N., 2008. Zinc oxide nanocrystals for nonresonant nonlinear optical microscopy in biology and medicine. The J. Physic. Chem. 112 (29), 10721-10724.

Luoma, S.N., Tyler, C.R., Fabrega, L., Galloway, T.S., and Lead, J.R., 2011. Silver nanoparticles. Behavior and effects in the aquatic environment. Environment international, 37 (2), 517-531.

Martins, J., Oliva, T.L., and Vasconcelos, V., 2007. Assays with Daphnia magna and Danio rerio as alert systems in aquatic toxicology. Environ. Int. 33 (3), 414-25.

Moezzi, F., Javanshir, A., Eagderi, S., Pourbagher, H., and Sallaki, M., 2013. Evaluation of bivalve clearance (CR) as a physiological indicator of heavy metal toxicity in freshwater mussel, *Anodonta cygnea* (Linea, 1876). Sci. J. Anim. Sci. 2 (4), 89-94.

Moore, M.N., 2006. Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment. Environment International, 32 (8), 967-976.

Shi, D., and Wang, W.X., 2004. Modification of trace metal accumulation in the green mussel Perna viridis by exposure to Ag, Cu and Zn. Environmental pollution. 132, 265-277.

Viarengo, A., Zinicchi, G., Moore, M.N., and Orunesu, M., 1981. Accumulation and detoxification of copper by the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam: a study of the subcellular distribution in the digestive gland cells. Aquatic toxicology. 1, 147-157.

Wei, H., and Wang, E., 2008. Fe_3O_4 magnetic nanoparticles as peroxidase mimetics and their applications in H_2O_2 and glucose detection. Analytical chemistry, 80 (6), 2250-2254.

New Technologies in Aquaculture Development, Islamic Azad University, Azadshahr Branch
Vol. 13, No. 1, Spring 2019

Bioavailability of zinc oxide nanoparticles by *Maytilaster lineatus* and *Dressina polymorpha* bivalves in short term

***F. Baharvand[1], H. Toranjzar[2] and A. Baharvand[3]**
[1]Ph.D. Student, Environmental Engineering, Environmental Pollution, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, [2]Faculty of Member, Dept. of Environmental, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, [3]Faculty of Member, Dept. of Physics, Lorestan University

Abstract

In this study, the direct absorption of zinc oxide nanoparticles by *M. linearatus* and *D. polymorpha* was investigated over a short period of 96 hours. The number of *D. polymorpha* legs with a range of 2.52 ± 0.85 cm and *M. linearatus* with a range of 2.7 ± 0.5 cm was taken from the natural environment. The nanoparticles were spread using an ultrasonic device at 400 rpm. In order to phase together water reservoirs with nanoparticle solution by homogenizer device with 14000 rpm was used and Treatments were prepared at concentrations of 0.25, 25 and 50 ppm. The accumulation of nanoparticles in bivalve tissue mass with an ICP device and the distribution of nanoparticles in bivalve reservoirs were measured by DLS test. The results of ICP indicated that the highest accumulation of nanoparticles in the tissue mass of the bivalve was at the lowest concentration of exposure ($P<0.05$) and the lowest amount of adsorption at the highest concentration of exposure was significant ($P<0.05$) ratio Other treatments were observed and Also, *D. polymorpha* showed a higher absorption capacity during the exposure period than *M. linearatus*. The results of the DLS test showed that the particles were in the size range of 10-100 nm, indicating that the nanoparticles were non-trapped and homogeneous in The tanks contain ducts. Both bivalve species are suggested as very good indicators for monitoring the effects of zinc oxide nanoparticles in the aquatic ecosystem

Keywords: Biosorption; Zinc oxide nanoparticles; *Dreissena polymorpha*; *Maytilaster linearatus*

* Corresponding author; f.baharvand95@iau-arak.ac.ir