(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130910

مقاله پژوهشی

بررسی قابلیت جذب زیستی نانوذرات اکسید روی توسط دوکفه‌ای‌های *Maytilaster lineatus* و *Dressina poly morpha* در دوره کوتاه‌مدت

- **عبدالرحیم بهاروند***: گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
- **فاطمه بهاروند**: گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی و کشاورزی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

تاریخ دریافت: آبان ١٣٩٨ تاریخ پذیرش: بهمن ١٣٩٨

چکیده

در این مطالعه میزان جذب مستقم نانوذرات اکسیدروی توسط دوکفه‌ای‌های *M. lineatus* و *D. poly morpha* در دوره کوتاه مدت ٩٦ ساعتی بررسی گردید. ٦٠عدد دوکفه‌ای *D.polymorpha* با دامنه طولی ٠/٨±٢/٥٣ سانتی‌متر و ٦٠ عدد *M. lineatus* با دامنه طولی ٠/٥±٢/٧ سانتی‌متر از محیط طبیعی استحصال گردید. نانوذرات با استفاده از دستگاه التراسونیک با ٤٠٠ دور در دقیقه پخش شد. جهت یک فاز شدن آب مخازن با محلول نانوذره از دستگاه هموژنایزر با ١٤٠٠٠ دور در دقیقه استفاده شد و تیمارها با غلظت‌های ٠/٢٥، ٢٥ و٥٠ بخش در میلیون تهیه گردید. انباشت نانوذرات در توده بافتی دوکفه‌ای با دستگاه ICP و نحوه توزیع نانوذرات در مخازن دوکفه‌ای با تست DLS سنجیده شد. نتایج مربوط به ICP نشان داد بیش‌ترین میزان انباشت نانوذرات در توده بافتی دوکفه‌ای‌ها در بالاترین غلظت مواجهه (P<٠/٠٥) می‌باشد و کم‌ترین میزان جذب درکم‌ترین غلظت مواجهه به‌صورت معنی‌داری (P<٠/٠٥) 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 ١٠٠-١٠ نانومتر بوده‌اند که موید عدم ترسیب و هموژن بودن نانوذرات در مخازن بوده است. هر دو گونه دوکفه‌ای به‌عنوان شاخص‌های بسیار مناسبی جهت پایش اثرات نانوذرات اکسیدروی در محیط‌های آبی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: *Dreissena polymorpha*، *Maytilaster lineatus*، جذب زیستی، نانوذرات اکسیدروی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: baharvand.dr@gmail.com

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130910

مقدمه

فناوری‌نانو یا نانوتکنولوژی‌موادرادرمقیاس نانو (۱-۱۰۰ نانومتر) دستکاری نموده است(Moore، ۲۰۰۶). این فرایند به موادویژگی‌های جدیدی را می‌دهد که کاربردهای زیادی دارند. امروزه ذرات نانو به‌طور گسترده برای استفاده در زمینه‌های پزشکی (Barnett و همکاران، ۲۰۰۷؛ Cosmetics و Lens، ۲۰۰۹)، انرژی‌های تجدیدپذیر (Wei و همکاران، ۲۰۰۸)، بازسازی زیستی (Tungittiplakorn و همکاران، ۲۰۰۴)وابزارهای‌الکترونیکی(Kachynskiوهمکاران،۲۰۰۸) استخراج شده‌و به‌کارگرفته شده‌اند. در دهه‌های اخیرگروه‌های مختلف موجوات زنده به‌طور گسترده جهت بررسی وقوع آلودگی‌های شیمیایی در محیط‌های طبیعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. دوکفه‌ای‌ها یکی از گروه‌های بسیارمهم‌در این‌رابطه به‌شمار می‌روند. این‌موجودات گروهی از نرم‌تنان می‌باشند که مطلوبیت بالایی جهت استفاده به‌عنوان بیواندیکاتورهای‌آلودگی‌در 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 نمودند مبنی بر این که بی‌مهرگان تغذیه‌کننده از مواد معلق در آب، به‌خصوص نرم‌تنان دوکفه‌ای به‌عنوان گروه هدف منحصر به فرد برای مطالعات سم‌شناسی نانوذرات درنظر 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 مقیاس‌زمانی از طریق بررسی‌پاسخ‌های سلولی و فیزیولوژیکی فراهم می‌سازند (قادرمرزی و همکاران، ۱۳۹۵). تجمع زیستی یک پروسه مهم جهت پی بردن به این موضوع است که چه زمانی خطر ناشی از نانوذرات مورد ارزیابی قرار گیرد. ارزیابی خطر نیازمند مطرح کردن هر دو مبحث مواجهه و اثرات است، زیرا مواجهه و تجمع‌زیستی متعاقب حضور یک زنوبیوتیک همواره پیش‌نیاز سمیت است (بدین‌معنی که ماده شیمیایی باید قبل از این که باعث ایجاد سمیت شود، باید توسط موجود دریافت گردد). نانوذرات به‌طور غیر محتمل مستثنی از این تعمیم هستند. تجمع زیستی یک راه مستقیم جهت ارزیابی پروسه‌هایی‌ست که دسترسی زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به‌طوری‌که دسترسی زیستی به‌صورت غلظت آلاینده‌ای که یک موجود از مدیای‌محیطی 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 محیط‌زیستی سموم بالقوه، نیازمند مطرح کردن دسترسی زیستی است. جذب فلزات سنگین در صدف *Anodonta cygnea* در تالاب انزلی مورد برررسی قرار گرفته است (بابایی‌سیاهگل، ۱۳۸۳).دوکفه‌ای‌ها دارای‌فرآیندهای‌توسعه‌یافته‌ای‌جهت درونی‌سازی سلولی ذرات با اندازه نانو و میکرو (به‌ترتیب اندوسیتوز و فاگوسیتوز) دارندکه‌در عملکردو وظایف فیزیولوژیکی‌آن‌ها نظیر هضم درون‌سلولی وایمنی‌سلولی اهمیت‌فراوانی دارند(Golovanova و Frolova، ۲۰۰۵). دوکفه‌ای‌ها قادربه تجمع‌زیستی 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.. بنابراین هدف از این‌تحقیق‌معرفی این‌دوکفه‌ای‌ها به‌عنوان جاذب‌آلاینده‌های نوظهور ازقبیل نانوذرات و هم‌چنین مشخص‌کردن غلظت‌های مختلف مواجهه نانوذرات اکسیدروی بر میزان جذب در این دوکفه‌ای‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برداشت نمونه‌های زنده دوکفه‌ای از محیط طبیعی: در اردیبهشت سال ۱۳۹۸ تعداد ۶۰ عدد دوکفه‌ای *M. lineatus* و ۶۰ عدد *D. poly morpha* از محیط‌طبیعی (سمسکنده ساری) برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در آزمایشگاه دوکفه‌ای‌ها به‌مدت ۲ هفته جهت تطابق با شرایط در مخازن فایبرگلاس ۴۰ لیتری نگه‌داری شدند. جهت تأمین آب مورد استفاده در این مخازن، از آب کلرزدایی شده‌سیستم شهری استفاده می‌شود.دما و pH آب‌در‌طول‌دوره مطالعه ثابت نگه‌داشته شد. غذادهی در طول دوره‌تطابق 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} نانوذرات روی براساس مطالعات‌پیشین تعیین گردیده و سه غلظت جهت مواجهه دوکفه‌ای‌ها با نانوذرات روی (تهیه شده از شرکت نانومواد پیشگامان مشهد)، با توجه به مقادیر LC_{50} آن‌ها انتخاب گردید. نانوذرات روی از شرکت نانو مواد پیشگامان مشهد تهیه شد. جهت تعیین پراکندگی اندازه‌ای نانوذرات موردنظر، نمونه‌هایی از محلول‌های تهیه شده با غلظت‌های انتخابی جهت آنالیز با دستگاه DLS برداشت‌شده و پراکندگی اندازه‌ای آن‌ها تعیین گردید. هم‌چنین نانوذرات محلول‌های مواجهه پیش از به‌کارگیری‌با استفاده‌ازدستگاه‌التراسوند به‌صورت‌همگن‌درآمده بودند. در طول دوره مواجهه آب مخازن حاوی دوکفه‌ای باید در تناوب‌های ۴۸ ساعتی تعویض گردد تا نانوذرات ترسیب یافته از محیط خارج و آب‌حاوی ذرات‌محلول مورداستفاده قرارگیرد. پس از اتمام‌دوره تطابق دوکفه‌ای‌ها با شرایط آزمایشگاهی، مواجهه دوکفه‌ای‌ها با

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130910

غلظت‌های انتخابی از نانوذرات در طول زمان‌های ۷۲،۴۸،۲۴،۰ و ۹۶ ساعتی انجام‌شدو پس‌ازمواجهه‌ازدوکفه‌های‌مواجهه‌یافته‌نمونه‌برداری به‌عمل آمده و توده بافتی مورد نظر 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.

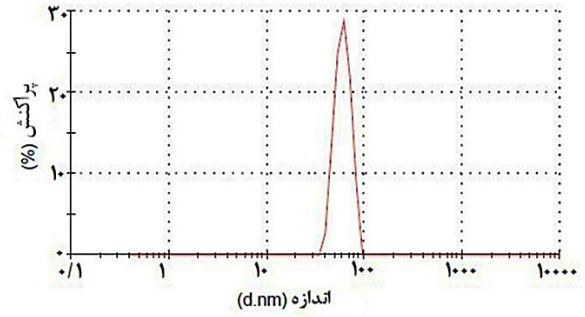
تعیین‌سطوح تجمع زیستی: نمونه‌های دوکفه‌ای برداشت شده جهت به‌دست آوردن وزن تر توزین‌شدند. سپس پوسته‌های آن‌ها جدا شده و توده بافتی برداشت گردید. به‌منظور به‌دست آوردن نمونه‌های خشک،توده‌های بافتی به‌مدت۴۸ ساعت‌در‌دمای ۷۵ درجه‌سانتی‌گراد در آون قرار داده می‌شوند. عصاره‌گیری از نمونه‌های بافتی خشک بر اساس پروتکل Fukunaga و Anderson (۲۰۱۱) انجام گردید. سطوح نانوذرات در عصاره‌های به‌دست آمده با استفاده از دستگاه ICPMS (VG PlasmaQuad 3-VG Elemental, Winsford, Cheshire, UK) تعیین شد.

روش فیکس‌کردن نمونه‌های آب و آنالیز آن‌ها: در هر بار نمونه‌گیری از آب، مقدار ۲۰ سانتی‌متر مکعب از توده آبی درون مخازن برداشت شد و با کاغذ صافی واتمن صاف گردید. ظروف حامل نمونه‌های آب‌قبل از واردکردن نمونه آب به آن‌ها،۱۲ ساعت‌در محلول HCl (pH< 2) نگه داشته شدند. به‌منظور تثبیت نمونه‌های آب جهت آنالیز ذرات نانو، از HNO3 با pH<2 به‌عنوان تثبیت‌کننده استفاده شد و ظروف حاوی این نمونه را تا زمان آنالیز آن‌ها با دستگاه ICP در دمای کم‌تر از ۴ درجه سانتی‌گراد و در محیط تاریک نگه‌داشته شدند (Marcovecchio، ۲۰۰۷).

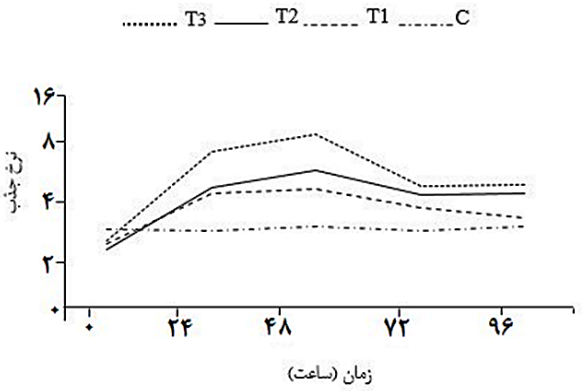
آنالیزهای آماری: در این مطالعه داده‌های برگرفته از شاهد و موجودات در معرض نانوذرات اکسیدروی توسط آنالیز واریانس (ANOVA) نرم‌افزار Spss ورژن ۱۹ مورد مقایسه قرار گرفتند. تفاوت معنی‌داری در آن (P<۰/۰۵) بود، سپس مقادیر میانگین با آزمون LSD مقایسه شد.

نتایج

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



شکل ۱: توزیع اندازه‌ای نانوذرات اکسیدروی در آب مخازن حاوی دوکفه‌ای‌ها

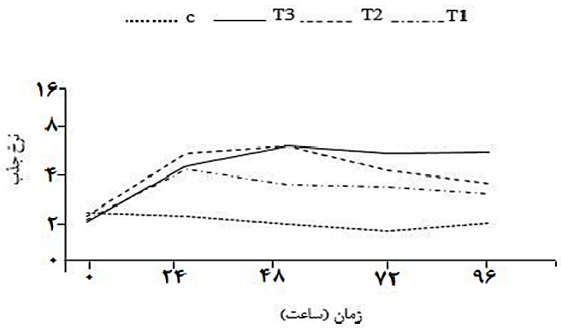


شکل۲: میزان جذب نانوذرات اکسیدروی در دوکفه‌ای *M. lineatus*

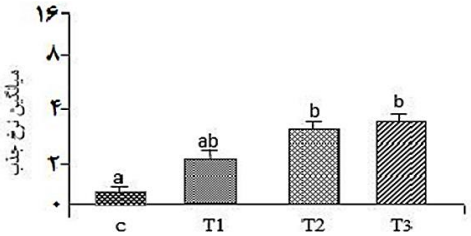
با توجه به شکل ۲، دوکفه‌ای *M. lineatus* توانایی جذب نانوذرات اکسیدروی را داشته به‌طوری‌که در هر سه تیمار فرآیند جذب اتفاق افتاده اما بالاترین نرخ جذب در تیمار سوم مشاهده گردید چون میزان غلظت مواجهه در این تیمار از سایر تیمارها بیش‌تر بوده و به مرور زمان از روند صعودی جذب نانو ذرات در تیمار سوم کاهش مشاهد گردیدکه ممکن است ناشی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی دوکفه‌ای نسبت به آلاینده باشد. با توجه به شکل ۳، دوکفه‌ای *D. polymorpha* قادر به جذب آلاینده نانوذره اکسیدروی 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. در تیمارهای اول تا سوم جذب نانوذرات توسط هر دو گونه دوکفه‌ای اتفاق افتاده است به‌طوری‌که با گذشت‌زمان میزان جذب افزایش یافته است. در گونه *D. polymorpha* در هر سه تیمار روند جذب افزایش بوده اما بیش‌ترین میزان جذب (۴/۵۶±۰/۱۲) میکروگرم در لیتر در بالاترین غلظت از نانوذرات مشاهد شد و کم‌ترین میزان 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 ۵۰ بخش در میلیون نانو اکسیدروی بوده به‌صورت معنی‌داری (P<۰/۰۵) بیش‌تر از سایر

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130910

غلظت‌ها مشاهده شد و در ۰/۲۵ (P<۰/۰۵) کم‌تر از سایرغلظت‌ها بوده است و در دوکفه‌ای *M. lineatus* بالاترین نرخ جذب برابر با ۳/۹۲±۱/۰۶ میکروگرم‌دربالاترین‌غلظت 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 از این تحقیق نشان‌داد‌که هردو 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 موید 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.

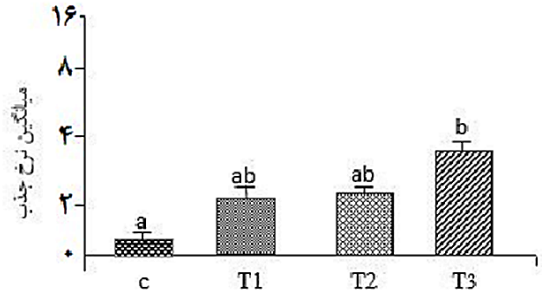


شکل ۳: میزان جذب نانوذرات اکسید روی در دوکفه‌ای *D. polymorpha*



شکل۴: میانگین جذب نانوذرات اکسیدروی توسط دوکفه‌ای *D. polymorpha* در دوره جذب ۹۶ ساعتی

میانگین جذب نانوذرات (mean±SD)	شاهد	تیمار اول ۹۶ ساعت	تیمار دوم ۹۶ ساعت	تیمار سوم ۹۶ ساعت
	۰	۲/۱±۱۱/۵۴	۴/۱±۰۷/۱۱	۴/۰±۵۶/۱۲



شکل۵: میانگین جذب نانوذرات اکسیدروی توسط دوکفه‌ای *M. lineatus* در دوره جذب ۹۶ ساعتی

میانگین جذب نانوذرات (mean±SD)	شاهد	تیمار اول ۹۶ ساعت	تیمار دوم ۹۶ ساعت	تیمار سوم ۹۶ ساعت
	۰	۲/۳۱±۱/۱۵	۲/۲۱±۱/۲۴	۳/۹۲±۱/۰۶

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 ۴/۵۶±۰/۱۲ میکروگرم بر لیتر که در بالاترین غلظت‌ها مواجهه از نانوذرات ۲۵ و ۵۰ بخش در میلیون مشاهده شد. هم‌چنین کم‌ترین میزان جذب برابر با ۲/۱±۱۱/۵۴ میکروگرم بر لیتر در بالاترین غلظت مواجهه نانوذرات، ۰/۲۵ بخش در میلیون مشاهده شد. در گذر زمان روند جذب در ابتدا سریع و افزایشی بوده با توجه به تجمع نانوذرات در اندام‌ها توانایی موجود درجذب نانوذرات به‌مرور کاهش پیدا کرده که این کاهش ناشی از پاسخ فیزیولوژیکی موجودو یا حتی تخریب و نکروز بافتی‌بوده باشد. هم‌چنین مطالعه حاضر نشان داد که دوکفه‌ای *M. lineatus* قادر به جذب نانوذرات اکسید روی هستند اما میزان جذب در این دوکفه‌ای نسبت به‌دوکفه‌ای *D. polymorpha* پایین‌تر بوده که‌نشان‌دهند توانایی بالاتر دوکفه‌ای *D. polymorpha* درجذب‌ذرات‌فلزی می‌باشد. مطالعات فراوانی‌در رابطه با تجمع‌زیستی فلزات‌سنگین‌در نرم‌تنان‌و دوکفه‌ای‌ها انجام گرفته است و نشان داده است که این موجودات قابلیت تجمع مقادیر زیادی‌از فلزات‌سنگین‌رادارند(Fukunaga‌و 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 (۱۹۷۶) هم‌سو بوده است. Shi و Wang، ۲۰۰۴) نشان دادند که مواجهه با فلز سنگین مس کاهش معنی‌داری را در نرخ فیلتراسیون دوکفه‌ای‌ها به‌همراه دارد که این امر منجر به کاهش‌میزان جذب‌شده است‌که بامطالعه‌حاضر مطابقت‌دارد. 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 زئوپلانکتون‌مشاهده شد‌که با مطالعه‌حاضر 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

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130910

است که با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. Azarbad (۱۳۸۹) جهت بررسی میزان جذب فلزات سنگین در کوتاه مدت 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. Moezzi و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که مواجهه کوتاه مدت 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 اکسیدروی) 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 (نانو ذرات و فلزات سنگین...) در سیستم‌های تصفیه پساب‌ها یا محیط‌های آبی طبیعی آلوده شده پیشنهاد می‌گردد.

منابع

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

۲. **بابایی‌سیاهگل، ه.، ۱۳۸۳.** بررسی جذب فلزات سنگین در صدف آنودونت (*Anodonta cygnea*) در تالاب بین‌المللی انزلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته شیمی دریا. دانشگاه آزاداسلامی- واحدتهران شمال.

۳. **قادرمرزی، ا.؛ هدایتی، ع.؛ معزی، ف. و حسینی، ع .، ۱۳۹۵.** مطالعه پیامدهای اثرات بافتی و فراساختاری مواجهه با نانو ذرات اکسید مس در اندام‌های آبشش و مانتل در دوکفه‌ای آب شیرین *Anodonta cygnea*. فصلنامه سلول و بافت. دوره ۷، شماره ۲، صفحات ۲۰۱ تا ۲۰۸.

4. **Abel, P.D., 1976.** Effects of some pollutants on the filtration rate of *Mytilus*. Marine pollution bulletine. Vol. 7, No. 12, pp: 228-231

5. **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. Vol. 11, No. 1, pp: 1-13.

6. **Barnett, B.P.; Arepally, A.; Karmarkar, P.V.; Qian, D.; Gilson, W.D.; Walczak, P. and Bulte, A., 2007.** Magnetic resonance guided, real time targeted delivery and imaging of magnetocapsules immunoprotecting pancreatic islet cells. Nature medicine. Vol. 13, No. 8, pp: 986-991.

7. **Cashike, J.A. and Ward, J.V., 1995.** Nitrate (NO3–N) toxicity to aquatic life: a proposal of safe concentrations for two species of Nearctic freshwater invertebrates. Chemosphere. Vol. 31, pp: 3211-3216.

8. **Fukunaga, A. and Anderson, M.J., 2011.** Bioaccumulation of copper, lead, zinc by the bivalve Macomona liliana and *Austrovenus stutchburyi*. Journal of experimental marine biology and ecology. Vol. 396, pp: 244-252.

9. **Gerhard, A., 1993.** Review of impact of heavy metals on stream invertebrates with special emphasis on acid conditions. Water, air, and soil pollution. Vol. 66, No. 3, pp: 289-314.

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

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

12. **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 Journal of Physical Chemistry. Vol. 112, No. 29, pp: 10721-10724

13. **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. Vol. 37, No. 2, pp: 517-531

14. **Martins, J.; Oliva, T.L. and Vasconcelos, V., 2007.** Assays with *Daphnia magna* and *Danio rerio* as alert systems in aquatic toxicology. Environ Int. Vol. 33, No. 3, pp: 414-425.

15. **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). Scientific journal of animal sciences. Vol. 2, No. 4, pp: 89-94.

16. **Moore, M.N., 2006.** Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130910

environment. Environment International. Vol. 32, No. 8, pp: 967-976.

17. **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. Vol. 132, pp: 265-277.

18. **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. Vol. 1, pp: 147-157.

19. **Wei, H. and Wang, E., 2008.** Fe3O4 magnetic nanoparticles as peroxidase mimetics and their applications in H2O2 and glucose detection. Analytical chemistry. Vol. 80, No. 6, pp: 2250-2254.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130910

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 4, Winter 2020

Investigation of bioavailability of zinc oxide nanoparticles by *Maytilaster lineatus* and *Dressina poly morpha* bivalves in short term

- **AbdulRahim Baharvand*:** Department of Physics, Faculty of Basic Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran
- **Fatemeh Baharvand:** Department of Environment, Faculty of Engineering and Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

Received: October 2019 Accepted: January 2020

Key words: *Dreissena polymorpha, Maytilaster linearatus*, Biosorption, Zinc oxide nanoparticles

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. Sixty *D. polymorpha* legs with a range of 2.53±0.85 cm and sixty *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 showed the highest accumulation of nanoparticles in bilayer tissue mass at the highest exposure concentration ($P<0.05$). The lowest uptake was observed at the lowest exposure concentration ($P<0.05$) compared to other treatments. *D. polymorpha* bivalve showed higher uptake ability than the bivalve *M. lineatus* during the exposure period. The DLS test results showed that the particles were in the range of 10-110 nm in size, confirming the non-segregation and homogeneity of the nanoparticles in the tanks. Both bivalve species are suggested as very good indicators for monitoring the effects of zinc oxide nanoparticles in the aquatic ecosystem.

* Corresponding Author's email: baharvand.dr@gmail.com