

مقاله پژوهشی

بررسی قابلیت جذب زیستی نانوذرات اکسید روی توسط دوکفه‌ای‌های *Dreissena polymorpha* و *Maytilaster lineatus* در دوره کوتاه مدت

- 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 ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

چکیده

در این مطالعه میزان جذب مستقیم نانوذرات اکسیدروی توسط دوکفه‌ای‌های *D. polymorpha* و *M. lineatus* در دوره کوتاه مدت ۹۶ ساعته بررسی گردید. ۶۰ عدد دوکفه‌ای *D. polymorpha* با دامنه طولی $2/53 \pm 0/8$ سانتی‌متر و ۶۰ عدد *M. lineatus* با دامنه طولی $2/7 \pm 0/5$ سانتی‌متر از محیط طبیعی استحصال گردید. نانوذرات با استفاده از دستگاه تراسونیک با ۴۰۰ دور در دقیقه پخش شد. جهت یک فاز شدن آب مخازن با محلول نانوذره از دستگاه هموژنایزر با ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه استفاده شد و تیمارها با غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ 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 ($P < 0/05$) می‌باشد و کم‌ترین میزان جذب در کم‌ترین غلظت مواجهه به صورت 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 مویید 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



مقدمه

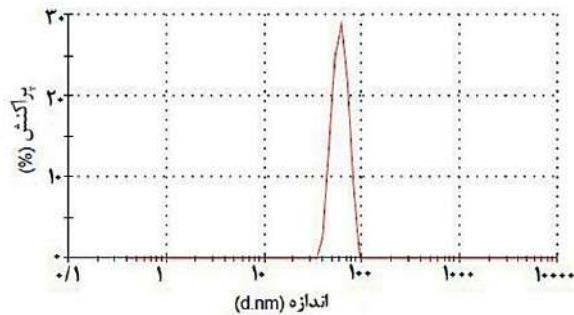
دسترسی زیستی است. جذب فلزات سنگین در صدف *Anodonta cygnea* در تالاب انزلی مورد بررسی قرار گرفته است (بابایی سیاهگل، ۱۳۸۳). دوکفه‌ای‌ها دارای فرآیندهای توسعه یافته‌ای جهت درونی‌سازی سلولی ذرات با اندازه نانو و میکرو (به ترتیب اندوسیتوز و فاگوسیتوز) دارند که در عملکرد و وظایف فیزیولوژیکی آن‌ها نظیر هضم درون سلولی و ایمنی سلولی اهمیت فراوانی دارند (Frolova و Golovanova، ۲۰۰۵). دوکفه‌ای‌ها قادر به تجمع زیستی فلزات ضروری و غیر ضروری تا سطوح بالایی در بافت‌های خود هستند در موجودات فیلتر فیدر 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 این تحقیق معرفی این دوکفه‌ای‌ها به عنوان جاذب آلاینده‌های نوظهور از قبیل نانوذرات و همچنین مشخص کردن غلظت‌های مختلف مواجهه نانوذرات اکسیدروی بر میزان جذب در این دوکفه‌ای‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

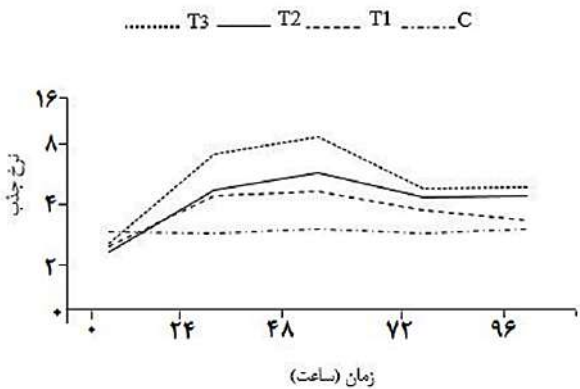
برداشت نمونه‌های زنده دوکفه‌ای از محیط طبیعی: در اردیبهشت سال ۱۳۹۸ تعداد ۶۰ عدد دوکفه‌ای *M. lineatus* و ۶۰ عدد *D. poly morpha* از محیط طبیعی (سمسکنده ساری) برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در آزمایشگاه دوکفه‌ای‌ها به مدت ۲ هفته جهت تطابق با شرایط در مخازن فایبرگلاس ۴۰ لیتری نگهداری شدند. جهت 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 دوره 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 LC₅₀ نانوذرات روی براساس مطالعات پیشین تعیین گردیده و سه غلظت جهت مواجهه دوکفه‌ای‌ها با نانوذرات روی (تهیه شده از شرکت نانومواد پیشگامان مشهد)، با توجه به مقادیر LC₅₀ آن‌ها انتخاب گردید. نانوذرات روی از شرکت نانو مواد پیشگامان مشهد تهیه شد. جهت تعیین پراکندگی اندازه‌های نانوذرات مورد نظر، نمونه‌هایی از محلول‌های تهیه شده با غلظت‌های انتخابی جهت آنالیز با دستگاه DLS برداشت شده و پراکندگی اندازه‌های آن‌ها تعیین گردید. همچنین نانوذرات محلول‌های مواجهه پیش از به کارگیری با استفاده از دستگاه التراسوند به صورت همگن درآمده بودند. در طول دوره مواجهه آب مخازن حاوی دوکفه‌ای باید در تناوب‌های ۴۸ ساعته 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

فناوری نانو یا نانوتکنولوژی مواد رادر مقیاس نانو (۱-۱۰۰ نانومتر) دستکاری نموده است (Moore، ۲۰۰۶). این فرایند به مواد ویژگی‌های جدیدی را می‌دهد که کاربردهای زیادی دارند. امروزه ذرات نانو به طور 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) و ابزارهای الکترونیکی (Kachynski و همکاران، ۲۰۰۸) استخراج شده و به کار گرفته شده‌اند. در دهه‌های اخیر گروه‌های مختلف موجودات زنده به طور گسترده جهت بررسی وقوع آلودگی‌های شیمیایی در محیط‌های طبیعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. دوکفه‌ای‌ها یکی از گروه‌های بسیار مهم در این رابطه به شمار می‌روند. این موجودات گروهی از نرم‌تنان می‌باشند که مطلوبیت بالایی جهت استفاده به عنوان بیواندیکاتورهای آلودگی در محیط‌های آبی دارند (Martins و همکاران، ۲۰۰۷). این گروه از نرم‌تنان به دلیل آن که از فراوانی بالایی در محیط‌های آبی شیرین، مصبی و دریایی برخوردارند، به عنوان یک موجود مدل مناسب در مطالعه اثرات بالقوه نانوذرات بر موجودات آبی مطرح شده‌اند. Wang و همکاران (۲۰۰۸) اولین بار پیشنهادی را مطرح نمودند مبنی بر این که بی‌مهرگان تغذیه کننده از مواد معلق در آب، به خصوص نرم‌تنان دوکفه‌ای به عنوان گروه هدف منحصر به فرد برای مطالعات سم‌شناسی نانوذرات در نظر گرفته شوند، زیرا این موجودات با توجه به این که 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 (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 تجمع زیستی متعاقب حضور یک زنبیوتیک همواره پیش‌نیاز سمیت است (بدین معنی که ماده شیمیایی باید قبل از این که باعث ایجاد سمیت شود، باید توسط موجود دریافت گردد). نانوذرات به طور غیر محتمل مستثنی از این تعمیم هستند. تجمع زیستی یک راه مستقیم جهت ارزیابی پروسه‌هایی است که دسترسی زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به طوری که دسترسی زیستی به صورت غلظت آلاینده‌ای که یک موجود از مدیای محیطی از کل مسیرهای ممکن جذب شامل آب و غذا دریافت می‌کند، تعریف می‌گردد (Rainbow و Luoma، ۲۰۰۵). تاریخچه طولانی مطالعه اثرات زنبیوتیک‌ها نشان داده است تشخیص و تنظیم مواجهه‌های محیط زیستی سموم بالقوه، نیازمند مطرح کردن





شکل ۱: توزیع اندازه‌های نانوذرات اکسیدروری در آب مخازن حاوی دوکفه‌ای‌ها



شکل ۲: میزان جذب نانوذرات اکسیدروری در دوکفه‌ای *M. lineatus*

با توجه به شکل ۲، دوکفه‌ای *M. lineatus* توانایی جذب نانوذرات اکسیدروری را داشته به طوری که 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 بیش تر بوده و به مرور زمان از روند صعودی جذب نانو ذرات در تیمار سوم کاهش مشاهده گردید که ممکن است ناشی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی دوکفه‌ای نسبت به آلاینده باشد. با توجه به شکل ۳، دوکفه‌ای *D. polymorpha* قادر به جذب آلاینده نانوذره اکسیدروری بوده است. به طوری که در تیمار دوم و سوم روند جذب در سطح بالایی رخ داده است که نشان دهنده توانایی بالای این دوکفه‌ای در غلظت‌های متفاوت از نانوذرات می‌باشد. در تیمارهای اول تا سوم جذب نانوذرات توسط هر دو گونه دوکفه‌ای اتفاق افتاده است به طوری که با گذشت زمان میزان جذب افزایش یافته است. در گونه *D. polymorpha* در هر سه تیمار روند جذب افزایش بوده اما بیش‌ترین میزان جذب ($4/56 \pm 0/12$) میکروگرم در لیتر در بالاترین غلظت از نانوذرات مشاهده 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 به طور کلی میزان جذب نانوذرات در غلظت‌های که به صورت ۵۰ بخش در میلیون نانو اکسیدروری بوده به صورت معنی‌داری ($P < 0/05$) بیش‌تر از سایر

غلظت‌های انتخابی از نانوذرات در طول زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعتی انجام شد و پس از مواجهه از دوکفه‌های مواجهه یافته نمونه برداری به عمل آمده و توده بافتی مورد نظر از آن‌ها استخراج شد. در هر بار نمونه برداری در هر یک از سطوح مواجهه سه تکرار در نظر گرفته شد. در هر یک از زمان‌های نمونه برداری، از آب موجود در مخازن نیز نمونه برداشت گردید تا سطوح نانوذرات در آن‌ها اندازه‌گیری شود.

تعیین سطوح تجمع زیستی: نمونه‌های دوکفه‌ای برداشت شده جهت به دست آوردن وزن تر توزین شدند. سپس پوسته‌های آن‌ها جدا شده و توده بافتی برداشت گردید. به منظور به دست آوردن نمونه‌های خشک، توده‌های بافتی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده می‌شوند. عصاره‌گیری از نمونه‌های بافتی خشک بر اساس پروتکل Anderson و Fukunaga (۲۰۱۱) انجام گردید. سطوح نانوذرات در عصاره‌های به دست آمده با استفاده از دستگاه ICPMS (VG PlasmaQuad 3-VG Elemental, Winsford, Cheshire, UK) تعیین شد.

روش فیکس کردن 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 آب قبل از وارد کردن نمونه آب به آن‌ها، ۱۲ ساعت در محلول HCl ($pH < 2$) نگه داشته شدند. به منظور تثبیت نمونه‌های آب جهت آنالیز ذرات نانو، از HNO_3 با $pH < 2$ به عنوان 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 اکسیدروری توسط آنالیز واریانس (ANOVA) نرم‌افزار Spss ورژن ۱۹ مورد مقایسه قرار گرفتند. تفاوت معنی‌داری در آن ($P < 0/05$) 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 گواهی بر نانو بودن اندازه ذرات به کار گرفته شده است. بر این اساس، نحوه پراکنش نانوذرات اکسیدروری در آب مخازن حاوی دوکفه‌ای‌ها یکسان بوده است و تمامی دوکفه‌ای‌ها به طور یکنواخت در مواجهه با نانوذرات اکسیدروری قرار گرفته‌اند، در نتیجه نانو ذرات در کف مخازن ترسیب نکرده‌اند.

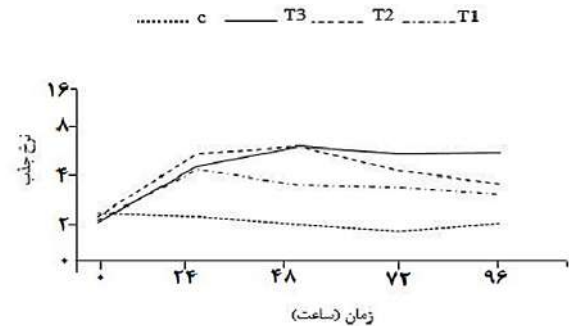


میانگین جذب نانوذرات (mean±SD)	شاهد	تیمار اول ۹۶ ساعت	تیمار دوم ۹۶ ساعت	تیمار سوم ۹۶ ساعت
۰	۰	۲/۳۱±۱/۱۵	۲/۲۱±۱/۲۴	۳/۹۲±۱/۰۶

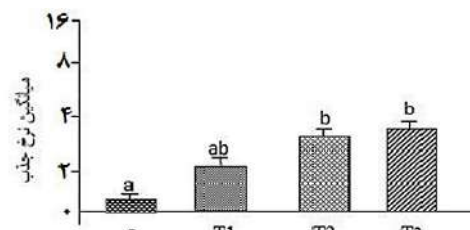
بحث

مطالعه حاضر نشان داد در تیمارهای اول تا سوم جذب نانوذرات توسط *D. polymorpha* اتفاق افتاده است به طوری که 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 $۲/۱±۱/۵۴$ 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 در جذب نانوذرات به مرور کاهش پیدا کرده که این کاهش ناشی از پاسخ فیزیولوژیکی موجود و یا حتی تخریب و نکرز بافتی بوده باشد. هم‌چنین مطالعه حاضر نشان داد که دوکفه‌ای *M. lineatus* قادر به جذب نانوذرات اکسیدروی هستند اما میزان جذب در این دوکفه‌ای نسبت به دوکفه‌ای *D. polymorpha* پایین‌تر بوده که نشان دهند 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 (Anderson و Fukunaga، ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر، نتایج به دست 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. Wang و Shi (۲۰۰۴) 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 مطابقت دارد. 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 ژنوپلانکتون 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 به طوری که بیشترین غلظت‌ها در آبشش‌ها و غده گوارشی دیده شده است که نشان دهنده نقش عمده این بافت‌ها در جذب Cu

غلظت‌ها مشاهده شد و در ۰/۲۵ ($P<۰/۰۵$) کم‌تر از سایر غلظت‌ها بوده است و در دوکفه‌ای *M. lineatus* بالاترین نرخ جذب برابر با $۳/۹۲±۱/۰۶$ 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 از این تحقیق نشان داد که هر دو گونه دوکفه‌ای قادر به جذب آلاینده نانوذرات اکسیدروی 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 هم‌وزن بوده در نتیجه مواجهه دوکفه‌ای‌ها با نانوذرات در مخازن یکسان بوده است.



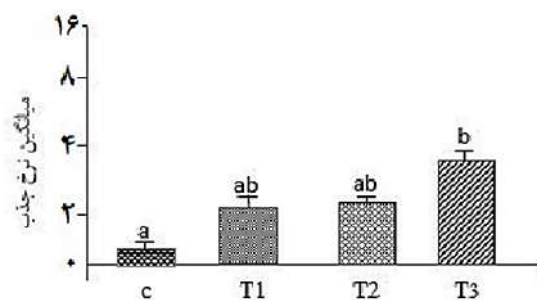
شکل ۳: میزان جذب نانوذرات اکسیدروی در دوکفه‌ای *D. polymorpha*



شکل ۴: 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	۰	۲/۱±۱/۵۴	۴/۱±۰/۷/۱۱	۴/۰±۵۶/۱۲



شکل ۵: میانگین جذب نانوذرات اکسیدروی توسط دوکفه‌ای

M. lineatus در دوره جذب ۹۶ ساعتی

- 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 carbohydase 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
- 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 *Saccostrea 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: جنگل‌های مانگرو لافت). پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته شیلات. دانشگاه تهران.
۲. بابایی‌سیاهگل، ه.، ۱۳۸۳. بررسی جذب فلزات سنگین در صدف آلودون (*Anodonta cygnea*) در تالاب بین‌المللی انزلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته شیمی دریا. دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران 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 مانند 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 bulletin. 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



- 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.



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

