بررسی اثرات ملکولی و خونی آبزیان در مواجهه با نانوذرات

الهه چهارده بالادهی[۱]، سید علی اکبر هدایتی[۱]

۱- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده شیلات و محیط زیست، گروه تولید و بهره برداری آبزیان، گرگان ، ایران

*baladehi.elahe@yahoo.com

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۴

چکیده

در دهه‌های اخیر نانوتکنولوژی، به‌عنوان یک فناوری کاربردی مورد توجه قرار گرفته است. نانو ذرات به ذراتی گفته می‌شود که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در محدوده ۱۰۰-۱ نانومتر باشد. ماهیان استخوانی ممکن است اندیکاتور مناسبی از آلودگی برای پایش آلودگی‌ها باشند چراکه پاسخ‌های بیوشمیایی آنها کاملاً مشابه پاسخ‌های موجود در پستانداران می‌باشد. پارامترهای خونی و شکستگی DNA به عنوان یک بیومارکر آلودگی‌های محیطی در ماهی و دیگر گونه‌های آبزی از جمله ماهیان زینتی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. از آنجا که تکنولوژی نانو در حال رشد است و شمار انواع نانو مواد و کاربردهای آن در حال افزایش است، بنابراین احتمال اینکه این مواد به میزان قابل توجهی به محیط زیست انتشار پیدا کنند یک واقعیت است که با افزایش نگرانی‌ها از جهت سلامت انسان و محیط زیست همراه است. اگر نانو ذره در سیتوپلاسم مستقر شود حضور برخی مواد درشت دانه می‌تواند باعث ایجاد آسیب مستقیم یا مرگ سلول در اثر این تعاملات شود و عکس‌العمل فیزیولوژیکی گونه‌های ماهی نسبت به نانو ذرات مختلف، متفاوت خواهد بود.

کلمات کلیدی: نانوتکنولوژی، بیوتکنولوژی، هماتولوژی، بیومارکر.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1394.2.4.1.9]

مقدمه

مطالعه بیولوژیکی و اکولوژیکی گونه‌های مختلف آبزیان در یک اکوسیستم آبی منجر به، شناخت و تحلیل اکولوژیکی زنجیره غذایی اکوسیستم می‌گردد، که این امر در اعمال مدیریت صحیح شیلاتی کاربرد فراوان دارد. آلودگی اکوسیستم‌های آبی به یکی از معضلات امروز جوامع بشری در سراسر جهان تبدیل شده است، چرا که این منابع دارای کاربری‌های متنوع‌اند. منابع آلاینده محیط‌های آبی شامل تخلیه فاضلاب‌ها، انتشار تصادفی از کارخانه‌ها و فرسایش محصولات حاوی نانوذرات مهندسی شده و...، می‌باشد (Rather *et al.*, 2011). در دهه‌های اخیر نانوتکنولوژی، به‌عنوان یک فناوری کاربردی مورد توجه قرار گرفته است. نانو ذرات به ذراتی گفته می‌شود که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در محدوده ۱۰۰-۱ نانومتر باشد. فناوری نانو توانایی کار در سطح اتم و ایجاد ساختارهایی که نظم مولکولی کاملاً جدیدی دارند را فراهم می‌آورد. ماده اصلاح شده در مقیاس نانو، خصوصیات جدید و مفیدی را دارا است که قبلاً در آن مشاهده نمی‌شد. این خواص جدید مربوط به نسبت سطح به حجم بالای آن‌هاست. امروزه از نانو ذرات در گستره وسیعی از علوم و صنایع مختلف استفاده می‌شود و به طور فزاینده‌ای در تولیدات صنعتی و زیستی و پزشکی مورد استفاده قرار گرفته است (Blaise *et al.*, 2008). یکی از شاخص‌های مهم و قابل اطمینان در بررسی وضعیت سلامتی و کنترل زیستی آبزیان بخش پارامترهای خون می‌باشد. چنانچه میزان طبیعی پارامترهای خون انواع ماهیان در شرایط اقلیمی یا فیزیوژیک هر منطقه در دسترس باشد، بررسی فاکتورهای خون‌شناسی می‌تواند نقش مهمی در تشخیص بیماری‌های آبزیان ایفا کند (Stentiford *et al.*, 2003). یک حوزه مدیریتی حساس در ارزیابی خطرات احتمالی نانو ذرات، ژنوتوکسیکولوژی آن‌ها می‌باشد، توسعه اخیر در ژنتیک و توکسیکولوژی توانسته است اثر مواد آلاینده را بر ژنوم موجودات تا حدودی تعیین کند. با کمک تکنولوژی‌های جدید هم تغییر در ساختار ژن‌ها و تغییر در بیان ژن به ارزیابی اثرات آلاینده‌ها در محیط زیست کمک می‌کند. سم‌شناسی ژنتیکی یا ژنوتوکسیکولوژی مطالعه اثرات مضر آلاینده ها وسموم بر پروسه وراثتی است. مواد ژنوتوکسیک دارای توانایی تغییر DNA بوده و این اثرات می‌تواند تثبیت شده و به نسل‌های بعدی منتقل شده و تاثیرات خود را بگذارد این نکته اهمیت مطالعات ژنوتوکسیک را نشان می‌دهد (Singh *et al.*, 2009). از آنجاکه تکنولوژی نانو در حال رشد است و شمار انواع نانو مواد و کاربردهای آن در حال افزایش است، بنابراین احتمال اینکه این مواد به میزان قابل توجهی به محیط زیست انتشار پیدا کنند، یک واقعیت است که با افزایش نگرانی‌ها از جهت سلامت انسان و محیط زیست همراه است. محیط‌های آبی به احتمال زیاد به طور ویژه‌ای نسبت به نانو مواد مهندسی شده آسیب پذیرتر است و به عنوان یک مخزن برای اغلب آلاینده‌های زیست محیطی عمل می‌کند. سیستم‌های آبی پیوسته با مشکلات ناشی از آلاینده‌ها مواجهه هستند در نتیجه ضرورت دارد در این تحقیق به بررسی اثرات ملکولی و خونی نانوذرات بر آبزیان پرداخته شود.

نانوذرات

فناوری نانو به تکنیک طراحی، تولید، توصیف و کاربرد ساختارها، ابزارها و سیستم‌ها در مقیاس نانو اطلاق می‌شود. فناوری نانو در صنایع مختلف از قبیل صنعت کشاورزی، خودروسازی و حمل و نقل، پزشکی و داروسازی و .. کاربرد دارد. شیلات و آبزی‌پروری، از جمله علوم زیستی هستند که فناوری نانو می‌تواند در آن‌ها کاربردهایی داشته باشد به‌طور مثال: کاربرد نانومواد در تغذیه و بسته بندی و فراورده‌های آبزیان، نانو فیلتر و نانو سنسورها و سلول‌های خورشیدی، تجهیزات و ادوات و دستگاه‌ها، ضدعفونی کننده و ایجاد سطوح آنتی باکتریال، ساخت قفس و استخرها و...(Rainuzzo, 2010). اندازه کمتر از ۱۰۰نانومتر نانو ذرات یکی از ویژگی‌های اولیه است که آن‌ها را از ذرات با ترکیب مشابه بزرگتر متمایز می‌کند، زیرا در اندازه کوچک تعداد ذرات در واحد جرم افزایش می‌یابد با این وجود اندازه آن‌ها نیز می‌تواند یک خطر ایمنی را ایجاد کند زیرا ذرات با اندازه کوچکتر شانس بیشتری برای عبور از سدهای بیولوژیک دارند و راحتر به بدن وارد می‌شوند و سپس جذب، نشر، متابولیسم یا دفع انجام می‌شود و یا با ملکول‌های زیستی برهم کنش ایجاد کند، که این خود، پتانسیل برای برهم ریختن عملکرد سلولی می‌باشد (Ferrani, 2005). موضوع دیگر مرتبط با اثرات نامطلوب نانوذرات در سیستم‌های سلولی، شکل یا ریخت‌شناسی آن‌ها است. مطالعات بسیار کمی تنها بر ارتباط بین شکل و سمیت زائی نانو ذرات تمرکز کرده‌اند اما مطالعات (Mueller و همکاران ۲۰۰۸) ثابت کرده است که حذف نقص‌های ساختاری از MWCNT[1] برای کاهش پاسخ‌های التهابی و سمیت آن‌ها مناسب است. با توجه به نوظهور بودن فناوری نانو هنوز از خطرات احتمالی این ذرات برای محیط زیست و سیستم‌های زیستی ارزیابی دقیقی صورت نگرفته است. از آن جا که نانو ذرات صنعتی و غیرطبیعی تولید بشر هستند و در فرایند تکامل وجود نداشته‌اند، در حال حاضر، نگرانی زیادی پیرامون آلودگی موجودات زنده با آن‌ها وجود دارد (شبه‌رنگ هره‌دشت و میرواقفی، ۱۳۹۱). درمیان تعداد زیادی نانو ذرات از قبیل نانو اکسید روی، نانو اکسید تیتانیوم و ...، نانو ذرات نقره از توجه و نگرانی زیادی برای محیط

[1] نانو چندجداره

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1394.2.4.1.9]

زیست آبی برخوردار است، چرا که نقره یونی به عنوان یکی از مهم-ترین فلزات سمی برای ماهی و دیگر جانداران آبزی محسوب می‌شود که حتی در غلظت‌های بسیار پایین در حد میکروگرم بر لیتر هم کشنده می‌باشد (Davies *et al*., 1987). از تاثیرات منفی احتمالی نانوذرات بر جاندران آبزی، می‌توان به آسیب وارده به محتوای ژنتیکی (آسیب به DNA از طریق رادیکال‌های آزاد و صدمات کروموزومی)، تاثیر بر رشد (فاکتور وضعیت)، تاثیر بر رفتار (مهاجرت، فرار و رفتارهای تولیدمثلی)، تاثیر بر تولیدمثل (هماوری و کاهش انرژی تولید مثل) و تاثیر بر سیستم ایمنی (اختصاصی و غیراختصاصی) اشاره کرد (Singh *et al*., 2009).

بیواندیکاتور

ماهیان استخوانی ممکن است اندیکاتور مناسبی از آلودگی برای پایش آلودگی‌ها باشند چرا که پاسخ‌های بیوشیمیایی آنها کاملاً مشابه پاسخ‌های موجود در پستانداران می‌باشد. علاوه بر ماهی پاسخ برخی از ارگانیسم‌های آبی به آلاینده‌ها از طریق سنجش پارامترهای خون‌شناسی و فیزیولوژیکی مطالعه شده است. دلیل اصلی انجام آزمایشات سمیت توسط ماهی و دیگر ارگانیسم‌های آبی تعیین غلظت موادی است که برای ارگانیسم‌ها مضر هستند و اثر مشخصی ندارند، می‌باشد (بنایی و همکاران، ۲۰۰۸).

بیومارکر ملکولی

شکستگی DNA به عنوان یک بیومارکر آلودگی‌های محیطی در ماهی و دیگر گونه‌های آبزی در نظر گرفته شده است و توجه زیادی را به خود جلب کرده است. چرا که صدمه به DNA ممکن است آغاز کننده و تسریع کننده جهش و سرطان زایی باشد یا بر باروری تاثیر بگذارد (Singh *et al*., 2009). در سال‌های اخیر توجه قابل ملاحظه ولی دیرهنگام به سمیت نانوذرات مهندسی شده متمرکز شده است اما اهمیت پتانسیل ژنوتوکسیک نانوذرات بر سلامت آبزیان تاحد زیادی نادیده گرفته شده است. وقتی که شکستگی DNA ترمیم نشود، می‌تواند به صورت آسیب دیده خود را در مواد ژنتیکی حفظ کرده و در نهایت بیماری‌های ناشی از آلودگی‌های ژنتیکی را ایجاد نماید، مانند: از بین رفتن عملکرد پروتئین‌ها، oncogene activation (ژنی که پتانسیل بالایی برای ایجاد سرطان دارد)، chromosomal aberrations (ایجاد کروموزوم‌های غیرطبیعی) و بسیاری از نواقص دیگر که شانس بقای موجود را کاهش می‌دهد (Benton *et al*., 2001). نانوذرات یک ترکیب ژنوتوکسیک هستند که توانایی تخریب DNA را دارند و این شکستگی می‌تواند ناشی از آسیبDNA، شکستگی‌های یک یا دو رشته DNA، تغییر یا حذف بازها، ترکیبات اضافی DNA و یا اتصال عرضی بین رشته DNA – DNA و یا DNA- protein باشد (Mitchelmore and Chipman, 1998).

آسیب‌های ملکولی ناشی از نانوذرات

یکی از مهمترین و نخستین اثرات ناشی از نانوذرات بر جانداران آبزی، آسیب وارده به محتوای ژ نتیکی است. نانوذرات با ورود به پیکره یک موجود می‌توانند به ماکرو ملکول‌هایی مثل اسیدنوکلئیک (DNA) آسیب رسانده و موجبات تخریب آن‌ها را فراهم نماید. نانوذرات گوناگونی نظیر نانوذرات نقره، نانوذرات اکسید روی، نانوذرات اکسیدتیتانیوم و ... به علت خاصیت ژنوتوکسیک خود می‌توانند با اتصال به رشته DNA موجب شکستگی تک رشته یا دو رشته‌ای ملکول DNA شود. همچنین رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) ناشی از آن‌ها می‌توانند با اکسید کردن ترکیبات ساختاری DNA به ویژه بازآلی موجب شکست DNA شود. به نظر می‌رسد آسیب DNA ناشی از مواد ژنوبیوتیک، عمدتاً به صورت تغییرات در ستون فسفات، قند و یا تغییرات پایه‌ای مانند آلکیلاسیون‌ها، پیوندهای متقاطع و یا ایجاد ترکیب‌های اضافی DNA باشد (Frenzilli *et al*., 2009).

Wise و همکاران (۲۰۱۰) اثرات سمیت سلولی و سمیت ژنتیکی نانوذره نقره را بر روی سلول‌های لاین ماهی مداکا (*Oryzias latipes*) موردبررسی قرار دادند. نتایج ثابت کرد که در تیمارها که در معرض ۰.۰۵، ۰.۳، ۳ و ۵ میکروگرم بر سانتی مترمربع اختلالات کروموزومی و آنئوپلوپیدی (تعداد غیرطبیعی کروموزوم) افزایش داشتند، نتایج حاصل از این تحقیق اثرات سمیت سلولی و ژنتیکی نانوذره نقره را برای سلول ماهی در محیط کشت سلولی به اثبات می‌رساند.

در مطالعه‌ای که تاثیر نانوذره نقره و طلا بر روی سلول‌های کبدی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مورد بررسی قرار گرفتند، مشاهده شد که این نانوذرات حتی در غلظت‌های بسیارکم هم اثرات منفی زیادی برکبد ماهی می‌گذارد و در فعالیت‌های مختلف سلول‌های کبدی اختلال ایجاد می‌کند و باعث آسیب به غشای سلول و تخریب DNA سلولی می‌شود که یکی از دلایل آن افزایش سه برابری ROSها در تیمارهای در معرض نانوذرات در مقایسه با تیمار شاهد بوده است (Farkas *et al*., 2010).

بیوماکر خونی

شاخص‌های خونی به عنوان بیومارکری از آلودگی برای پایش آلودگی شناخته شده است. این پارامترها برای مطالعه تاثیرات سموم بسیار مهم است و نسبت به تغییرات درون محیطی بسیار

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1394.2.4.1.9]

مستعد است و به مانند تابلوی سلامت موجود زنده عمل می‌کند. تغییرات پارامترهای خونی دلالت بر تغییرات نامطلوب کیفیت آب محیط دارد و این تغییرات با افزایش و یا کاهش برخی از پارامترهای خونی در ایجاد بیماری اثرگذار می‌باشد (بنایی و همکاران، ۲۰۰۸). فاکتورهای خونی شامل اریتروسیت (گلبول قرمز) و لکوسیت (گلبول سفید) می‌باشد. شاخص‌های گلبول قرمز شامل MCV، MCH، MCHC، هماتوکریت و هموگلوبین می‌باشد. هموگلوبین پروتئین قرمز رنگ گلبول های قرمز خون مهره‌داران و سایر جانوران است و از زنجیره های پروتئین یا گلوبین ساخته شده است. هموگلوبین از یک قسمت پروتئینی به نام گلوبین و یک رنگدانه آهن دار به نام (هم) تشکیل شده است. هموگلوبین نه تنها در انتقال اکسیژن مؤثر است بلکه در شکل، اندازه و بدشکلی گلبول‌های قرمز خون مؤثر است. هماتوکریت نسبت حجم گلبول‌های خون به حجم خون تام است که بر حسب درصد بیان می‌شود.

Mean Corpuscular Volume (MCV)[1]: MCV = PCV (%) x 10 = reported in nm^3
RBC (10^6 mm^3)

Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH)[2]: MCH = Hb (g/L) = reported in µg/cell
RBC (10^6 mm^3)

Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC)[3]: MCHC = Hb (g/100 mL) = reported in g/100 mL

گلبول سفید شامل لنفوسیت، مونوسیت، نوتروفیل، ائوزونوفیل، بازوفیل می‌باشد. سلول های خونی بدون رنگدانه هستند که وظیفه اصلی آن ها دفاع از بدن در برابر عفونت، فاگوسیتوز و هضم مواد خارجی می‌باشد. لکوسیت‌ها براساس حضور یا فقدان گرانول‌های اختصاصی در سیتوپلاسم به دو دسته گرانولیست (دانه‌دار) و آگرانولیست (بدون دانه) تقسیم می شوند. آگرانولسیت‌ها هسته بزرگ و فشرده دارند هسته گرانولسیت‌ها کوچک‌تر و طویل و چند بخشی هستند.

آسیب‌های خونی ناشی از نانوذرات

در مطالعاتی که در گذشته برای بررسی اثر نانوذرات بر پارامترهای خونی انجام شد، میزان گلبول قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین ماهی‌ها که در معرض نانوذرات قرار داشتند کاهش یافت. کاهش شاخص اریتروسیتی خون به دلیل کم خونی رخ می‌دهد. عوامل کاهش هماتوکریت را می‌توان همان عوامل کاهش اندازه یا تعداد گلبول قرمز برشمرد و اگر آلاینده‌ای توانایی ایجاد تاثیرات را در گلبول قرمز داشته باشد، هماتوکریت خون هم کاهش می‌یابد. از آنجایی که افزایش تعداد گلبول سفید خون یک واکنش در برابر ورود مواد آلاینده یا خارجی در بدن ماهی می‌باشد، بنابراین تعداد کل گلبول‌های سفید با افزایش غلظت نانو افزایش معنی‌داری داشته است. افزایش گلبول سفید در ابتدا به معنی قرار گرفتن در معرض عفونت است. تعداد این گلبول‌ها ممکن است در موارد مختلف کاهش یا افزایش یابد. کاهش گلبول‌های سفید می‌تواند به دلیل کاهش عملکرد بافت‌های خون‌ساز از قبیل طحال، کلیه یا بیماری‌های عفونی باشد. از پاسخ‌های ایمنی بدن ماهی در دوره استرس، افزایش تعداد کل گلبول سفید و افزایش رهاسازی گلبول سفید به جربان خون می‌باشد (بنائی و همکاران، ۲۰۰۸). طبق تحقیقی که توسط Goel و همکاران (۱۹۸۵) انجام شد، کاهش چشمگیر تعداد گلبول قرمز و مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت را که منجر به کم خونی ماکروسیتیک در(*Heterop fossilis*) در اثر تماس با نانوذره اکسید روی گزارش شده است. ازآنجا که افزایش تعداد گلبول سفید خون یک واکنش در برابر ورود مواد مواد آلاینده یا خارجی در بدن ماهی می‌باشد، بنابراین تعداد گلبول سفید با افزایش غلظت نانواکسیدروی افزایش معنی‌داری داشته است. در بررسی اثر نانواکسید روی بر روی شاخص‌های خونی سیاه ماهی میزان MCV و MCH افزایش یافت ولی نوتروفیل و لنفوسیت در ماهی‌های در معرض نانو اختلاف معناداری نداشتند (Remyla, 2008). در تحقیقی که توسط هدایتی و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد، اثرات سمیت کشنده نانواکسید روی، نانواکسید مس، نانواکسید تیتانیوم و بررسی اثرات سمیت تحت کشنده آنها بر فاکتورهای خون ماهی قرمز و کپور معمولی و کلمه بررسی شد. پارامترهای خونی ماهیانی که در معرض غلظت تحت کشنده نانوذرات بودند تغییراتی مشاهده شد که شاخص‌های خونی معنی‌دار بودند.

در بررسی اثرات سمیت نانو اکسید مس بر ماهی قزل‌آلای رنگین کمان که پارامترهای خونی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد به جز مونوسیت، سایر پارامترهای خونی تغییر معنی‌داری در مواجهه با نانو ذره مس دارند. در غلظت‌های مختلف مورد استفاده در تماس با نانومس گلبول قرمز و گلبول سفید کاهش نشان داده شد به‌صورتی که منجر به کم خونی شده و به دنبال آن منجر به کاهش هماتوکریت و هموگلوبین گردید. کاهش هموگلوبین سبب می‌گردد انتقال اکسیژن در بدن ماهی خوب انجام نشود. در بیشتر تیمارهایی که ماهیان در معرض غلظت تحت کشنده نانو مواد بودند

[1] حجم متوسط گویچه‌ای
[2] همو گلوبین متوسط گویچه‌ای
[3] میانگین غلظت هموگلوبین گویچه‌ای

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1394.2.4.1.9]

افزایش گلبول‌های سفید نسبت به گروه ماهیان شاهد مشاهده شد که بیان می‌دارد در ابتدا بدن در جهت مقابله با نانو ذرات ورودی تولید گلبول‌های سفید را افزایش می‌دهد، که با تضعیف بدن در غلظت‌های بالا با کاهش تولید گلبول‌های سفید مواجه هستیم (خبازی و همکاران، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

امروزه آلودگی‌های ناشی از نانو ذرات به عنوان مساله‌ای جدید و خطرناک مطرح شده است. هر چند استفاده از نانو ذرات بسیار کمتر از سایر مواد با اثرات مشابه به محیط زیست آسیب و بهداشت انسانی را تهدید می‌کند. اما ماندگاری نانوذرات اکسید فلزی در محیط و زنجیره غذایی زیاد می‌باشد، که تداوم مسمومیت‌های ناشی از آن‌ها را به دنبال دارد. اگر نانو ذره در سیتوپلاسم مستقر شود حضور برخی مواد درشت دانه می‌تواند باعث ایجاد آسیب مستقیم یا مرگ سلول در اثر این تعاملات شود. عکس‌العمل فیزیولوژیکی گونه‌های ماهی نسبت به نانوذرات مختلف، متفاوت است. با توجه به این‌که نگرانی فزاینده‌ای در مورد ایمنی نانوذرات و مسئله‌ی سمیت آن‌ها وجود دارد، در کنار تمامی مزایای خاص حاصل از نانو ذرات، به خطرسازبودن آن‌ها برای موجودات زنده هم توجه داشت و نباید با مشاهده برخی دستاوردهای فناوری نانو از مضرات احتمالی آن‌ها چشم پوشی کرد. این پژوهش با توجه به توسعه نانوتکنولوژی در کشور و استفاده از محصولات این تکنولوژی در صنایع مختلف که امکان راه‌یابی فاضلاب حاوی نانوذرات به منابع آبی طبیعی را تایید می‌نماید، قابل استفاده می‌باشد.

منابع

خبازی، م.، هرسیج، م.، قلی پور، ح.، و هدایتی، ع. ا.، ۱۳۹۲. بررسی اثر سطوح کشنده و تحت کشنده نانو ذرات مس بر برخی شاخص‌های هماتولوژیک ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنبد کاووس. ۸۲ صفحه.

شبه‌رنگ هره‌دشت، م. و میرواقفی، ع.ر. ۱۳۹۱. کاربردهای فناوری نانو در شیلات. ماهنامه فناوری نانو، ۱۱. ۱۵-۱۳.

هدایتی، ع.، قربانی، ر.، باقری، ط.، احمدوند، ش.، و جهانبخشی، ع.، ۱۳۹۲. بررسی اثرات سمیت کشنده نانواکسید روی (ZnO NPs)، نانو اکسید مس (CuO NPs) و نانو دی‌اکسید تیتانیوم (TiO2 NPs) و بررسی اثرات سمیت تحت کشنده آنها بر فاکتورهای خون و بافت آبشش ماهی قرمز (*Carassius auratus*)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کلمه (*Rutilus rutilus*)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان معاونت پژوهشی و فناوری دانشکده شیلات و محیط زیست- گروه شیلات. ۲۹صفحه.

Banaee, M., Mirvaghefi, A. R., Rafei, G. R., and Majazi Amiri, B., 2008. Effect of sub-lethal diazinon concentration on blood plasma¬ biochemistry. International Journal of Environmental Research, 2: 2, 189-198.

Benton, J.M., Malott, M.L., Trybula, J., Dean, D.M., and Guttman, SH.I., 2001. Genetic effects of mercury contamination on aquatic snail populations: Allozyme genotypes and DNA strand brakage. Journal of Environmental Toxicology and Chemistry, 21(3): 584-589.

Blaise, C., Gagne, F., Ferard, J.F., Eullaffroy, P. 2008. Ecotoxicity of selected nanomaterials to aquatic organisms. Environmental Toxicology, 23: 591-598.

Davise P.H., Goetti J.R., Smiley J.R.1987. Toxicity of silver to Rainbow trout. 12:1113-1117

Farkas, J., Christian, P., Urrea J.A.G., Roos, N. 2010. Effect of Silver and gold nanoparticles on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocyteses. Aquatic toxicology. 96:44-52

Ferrari, M. 2005. Cancer nanotechnology: opportunities and challeng. Nat rey cancer. 5: 161-171.

Frenzilli, G., Nigro, M., Lyons, B.P.2009. The comet assay for the evaluation of genotoxic impac in aquatic environment. Mutation research, Reviews in mutation RESEARCH.681: 80-92

Goel, B. D., Scown, T. M., Moger, J., Cumberland, S. A., Baalousha, M., Linge, K., ... & Tyler, C. R. 1985. Bioavailability of nanoscale metal oxides TiO2, CeO2, and ZnO to fish. Environmental science & technology,44: 3, 1144-1151.

Mitchelmore, C.L., and Chipman, J.K., 1997. DNA strand breakage in aquatic organisms and the potential value of the Comet assay in enviromental monitoring. Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 399: 2, 135-147.

Mueller, N.C., Nowack, B. 2008. Exposure modeling of engineered nanoparticles in the environment. Environ SCI technol. 42: 4447-4453.

Rainzzo, J.2010. Nanotechnology application in Fisheries and Aquaculture.SFH80 A10500: 1-20.

Rather, M,A., Sharma, R., Aklakur, M., Ahmad, S., Kumar, N., Khan, M., Ramya, V.L., 2011. Aquaculture and Fisheries Development. A prospective mini- Review. Fisheries and Aquaculture journal. 16: 1-5.

Remyla, S. R., Ramesh, M., Sajwan, K. S., & Kumar, K. S. 2008. Influence of zinc on cadmium induced haematological and biochemical responses in a freshwater teleost fish *Catla catla*. Fish physiology and biochemistry, 34: 2, 169-174.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1394.2.4.1.9]

Singh, N., Monshion, B., Jenkis, G.I.S., Griffiths, S.M., Williams, P.M., Moffeis, T.O.2009. Nano Genotoxicology the DNA damaging potential engineered nano materials. Biomaterials. 30: 3897-3974.

Stentiford, G.D., Longshaw, M., Lyons, B.P., Jones, G., Green, M., and Feist, S.W., 2003. Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants. Marine Environmental Research, 55:2, 137–159.

Wise, J.G., Goodale, B.C., Wise. S.S., Craig, A.G.2010. Silver nanospheres are cytotoxic and genotoxic to fish cells. Aquatic toxicology. 97:34-41.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1394.2.4.1.9]