

به نام خداوند مهربان



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده شیلات و محیط زیست

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته

شیلات

مقایسه سمیت حاد و بررسی عوارض هماتولوژیک و هیستوپاتولوژیک نانو ذرات نقره با نمک

نیترات نقره ($AgNO_3$) در ماهی کاراس طلایی (*Carassius auratus*)

پژوهش و نگارش:

صفورا ابرقویی

اساتید راهنما:

دکتر سید علی اکبر هدایتی

دکتر رسول قربانی

اساتید مشاور:

دکتر حامد کلنگی میاندره

دکتر طاهره باقری

تابستان ۱۳۹۳



تعهدنامه

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت‌های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی- پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است مگر آنکه در متن به نویسندگان یا پدید آورنده اثر ارجاع داده شده باشد.

چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.

انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه:
به فارسی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

و به انگلیسی: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.

در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.
تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.
اینجانب صفورا ابرقویی دانشجوی رشته شیلات_بوم‌شناسی آبزیان مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌باشم.

نام و نام خانوادگی

تابستان ۱۳۹۳

تقدیم به:

وجود مطهر امام عصر (عج)

کنم آغاز سخن را به نام خدای سیده دم
چه مراد او چه ندادم ز الطاف و از نعم
او که عشق آفرین جهان بی تاهی من است
پاس خدای را که از کرم و حکمتش خرسندم

کرم بود ز او پشت و کرم تر ز او هم دلم
این یک ستون خاز و آن یک نم چشم ترم
سگر آن باز پس ایندوبسی واجب بود
اولی کلو کشتش بابا، دومی هم مادرم

بجور استادان عاشق را کشیدن هم خوش است

از و رای حر صوبی مهر دیدن را خوش است

ای به قربان رسولان بدایت کرم آت

سجده کردن بر قدم این عزیزان را خوش است

دست یاران می فشارم کرم چون آفتاب

می فشارم رویشان را کرد نور ما بتاب

چشم ما دائم کشد باز دید ما را انتظار

بار الهه خنشان کن از پس نیچ و عذاب

و سر آخر کم کنم بی پرده من طول کلام

باز باجم حال خود را از صفای لعل جام

انجمنی ما، خواهران و زاده های نازشان

عمرشان جاوید در نخل ابورا و السلام

مَشْکُور و قَدْر دَانِی

خدای مهربان را سپاس که فرصت زندگی و توانایی دانش اندوزی را تاکنون در اختیارم نهاد. اکنون بر خود لازم می دانم مراتب سپاس و قدردانی خود را انثار عزیزانی کنم که تاکنون مریاری نمودند.

از خانواده عزیزم که در تمامی مراحل زندگی و تحصیل همواره حامی و پشتیبانم بودند سپاسگزارم...

از خانواده هدایتی و اشرافی عزیز به خاطر حضور کرمان در این جلسه نیز بسیار سپاسگزارم..

همواره قدردان زحمات اساتید محترم گروه سیلا هستم، اساتید عزیزم که از ایشان دانش و تجربی آموختم، صمیمانه سپاسگزارم.

از استاد عزیز و بزرگوارم آقای دکتر سید علی اکبر بدایمی که همیشه راهنما و مشوق من بودند، برای تمام آموزه های علمی و اخلاقی و انگیزشی ایشان سپاسگزارم،

قدردانی از ایشان در قالب کلمات میسر نیست.

از استاد دکتر تقدیرم جناب آقای دکتر رسول قربانی که در تمام مراحل تحصیل از کمک های دوستانه و بی دریغشان بهره برده ام صمیمانه سپاسگزارم.

از اساتید گرامی و بزرگوارم آقای دکتر حامد گلگنی میاندو و خانم دکتر طاهره باقری برای تمام راهنمایی های ارزنده و همه ی الطاف بی دریغشان صمیمانه

سپاسگزارم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر سید عباس حسینی که پدرانه دلسوز و دانشجویمان بوده اند و نیز سرکار خانم دکتر حدیثه کشمیری برای بازخوانی و داوری این

پروژه و توصیه های ارزنده ی ایشان کمال مَشْکُور دارم.

از دوستان خوب و عزیزم خانم ها فائزه هدایتی راد، سحر صادقی اشرفانی، مریم محمودی فراهی، نیره سادات علدین مطلق، عادلہ رضایی، زهرا بهروزیان، فاطمه و زهره خدروی، زهره سلطانی، سکینه شیرینی، معصومه احمدی، سکینه رجایی، عطیه گل محمد فرخانی، زهرا رضایی، زهره حلاجی و آقای دانیال سردار آبادی که در تمام مراحل انجام این پیمان نامه و در سخت ترین لحظات صمیمانه همراهی ام کردند، صمیمانه سپاسگزارم.

از آقای امیر شوریان به خاطر زحمات و همراهی های برادرانه و دلسوزانه ایشان سپاسگزارم.

از جناب آقای فرحنگی عزیز به خاطر تمام زحماتشان سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر سید حسین حسینی فروجناب آقای دکتر حسن رضایی برای حضور و کرمشان در جلسه دفاع اینجانب سپاسگزارم.

در آخر از همه به کلاسی های خوب و مهربانم و همه ی عزیزانی که تاکنون به هر نحو مرا در امر تحصیل و به خصوص پیش برد این پیمان نامه یاری نمودند تشکر می کنم.

سلامتی و کامیابی همه ی این عزیزان آرزوی من است!

چکیده

هدف از تحقیق حاضر تعیین سمیت کشنده و مقایسه تاثیر غلظت‌های تحت کشنده نانو ذرات نقره و نیترات نقره بر شاخص‌های خون شناسی و بافت شناسی ماهی کاراس طلایی بود. ابتدا آزمایش LC_{50} برای سه نوع نانو نقره و دو نوع نمک نقره طی ۹۶ ساعت انجام شد. این مقدار برای نانو نقره نانوکا ۲۴/۴۲۸، نانو نقره نانوسیل ۸۳/۹ و نانو نقره نانوسید ۰/۵۳ بود و نانو نقره نانوکا به عنوان نانو نقره مناسب برای آزمایش سمیت تحت حاد انتخاب گردید. هم‌چنین این مقدار برای نیترات نقره ۸۳/۹۵ و برای سولفات نقره ۶۷۸/۸۱ بود. پس از محاسبه LC_{50} ، آزمایش تحت کشنده در مدت دو هفته و با انتخاب ۲۰ درصد از غلظت سمیت کشنده انجام شد. هم‌چنین تعدادی از ماهیان در مدت ۴ روز، در معرض ۵۰ درصد از LC_{50} سولفات نقره قرار گرفتند. نمونه‌های خون و بافت ماهیان کاراس طلایی بعد از ۱۴ روز قرارگیری در معرض غلظت‌های تحت کشنده نانو نقره و نیترات نقره و ۵۰ درصد LC_{50} سولفات نقره استحصال گردید. در بررسی شاخص‌های خونی مشخص شد نانو نقره نانوکا و نیترات نقره بر اغلب شاخص‌های اریتروسیتی خون تاثیرگذار است اما نیترات نقره بر برخی از شاخص‌های لوکوسیتی خون هم تاثیرگذار است. در بررسی بافت آبشش و کبد عوارض متعددی مشاهده شد که این عوارض در اغلب غلظت‌های نانو نقره نانوکا با شدت کم و در نیترات نقره، با شدت بیشتری مشاهده شد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان اثرات مخرب نیترات نقره به مراتب بیشتر از نانو نقره نانوکا می‌باشد.

کلمات کلیدی:

سمیت، هماتولوژی، هیستوپاتولوژی، نانو نقره، نیترات نقره، ماهی کاراس طلایی

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۱-۱- اهمیت سم شناسی و تعاریف مهم	۲
۱-۱-۲- تقسیم بندی علم سم شناسی:	۳
۱-۱-۳- عوامل موثر در ایجاد مسمومیت	۳
۱-۱-۴- فلزات سنگین و آلودگی	۴
۱-۱-۴-۱- نقره	۴
۱-۱-۵- نانو تکنولوژی	۴
۱-۱-۵-۱- نانو نقره	۵
۱-۱-۶- خطرات نانو مواد	۶
۱-۱-۷- زیست آزمونی	۸
۱-۱-۷-۱- ماهی کاراس طلایی	۹
۱-۱-۸- اهمیت بررسی عوارض هیستوپاتولوژیک و هماتولوژیک	۹
۱-۱-۸-۱- آیشش	۹
۱-۱-۸-۲- کبد	۱۰
۱-۱-۸-۳- خون	۱۰

۱۱	۹-۱-۱- فرضیات
۱۱	۱۰-۱-۱- هدف
۱۵	فصل دوم: مرور منابع
۱۶	۱-۲- مرور منابع داخلی
۱۷	۲-۲- مرور منابع خارجی:
۲۳	فصل سوم: مواد و روش‌ها
۲۴	۱-۳- مواد و روش‌ها
۲۴	۱-۱-۳- زمان آزمایش
۲۴	۲-۱-۳- تهیه نمونه
۲۴	۳-۱-۳- شرایط نگهداری ماهیان
۲۵	شکل ۱-۲- آماده سازی ماهی کاراس طلایی
۲۵	۴-۱-۳- تعیین غلظت کشندگی LC ₅₀
۲۸	۵-۱-۳- آزمایش سمیت تحت حاد
۳۰	۶-۱-۳- تهیه خون و بافت
۳۱	۱-۶-۱-۳- خون‌گیری
۳۲	۲-۶-۱-۳- آنالیزهای بافت شناسی
۳۶	۲-۳- محاسبات آماری
۴۳	فصل چهارم: نتایج

۴-۱- نتایج.....	۴۴
۴-۲- فاکتورهای فیزیکی شیمیایی آب.....	۴۵
۴-۳- نتایج غلظت‌های تحت‌کشنده نیترات نقره بر فاکتورهای هماتولوژی ماهی کاراس طلایی.....	۵۷
۴-۴- اثر غلظت‌های تحت‌کشنده نانو نقره نانوکا بر فاکتورهای خونی ماهی کاراس طلایی.....	۵۹
۴-۵- اثر سولفات نقره در زمان‌های متفاوت بر فاکتورهای خونی ماهی کاراس طلایی.....	۶۱
۴-۶- تغییرات رفتاری و مورفولوژیک.....	۶۳
۴-۷- آسیب شناسی بافت آبشش و کبد.....	۶۳
۴-۷-۱- آبشش.....	۶۳
۴-۷-۲- کبد.....	۶۶
فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری.....	۷۹
۵-۱- بحث و نتیجه‌گیری.....	۸۰
۵-۲- تعیین غلظت‌های کشنده نانو نقره و نیترات نقره.....	۸۱
۵-۳- اندازه‌گیری فاکتورهای خونی.....	۸۳
۵-۳-۱- شاخص‌های اریتروسیته.....	۸۳
۵-۳-۲- بررسی شاخص استرس از طریق اندازه‌گیری فاکتورهای خونی.....	۸۳
۵-۳-۳- بررسی ایمونولوژی ماهی کاراس طلایی از طریق اندازه‌گیری فاکتورهای لوکوسیته خون.....	۸۵

۸۸	.....	۴-۵- آسیب شناسی بافت آبشش و کبد
۸۸	.....	۱-۴-۵- آسیب شناسی بافت آبشش
۹۱	.....	۲-۴-۵- آسیب شناسی بافت کبد
۹۳	.....	۵-۵- پیشنهادات پژوهشی:
۹۳	.....	۶-۵- پیشنهادات اجرایی:
۹۷	.....	منابع

جدول ۳-۱- تعداد تیمارها و غلظت‌های مختلف نانونقره و نیترات نقره و سولفات نقره برای آزمایش تحت سمیت حاد.....	۲۷
جدول ۳-۲- تعداد تیمارها و غلظت‌های مختلف نانونقره و نیترات نقره برای آزمایش تحت سمیت تحت حاد.....	۲۹
جدول ۴-۱- نتایج زیست‌سنجی ماهیان در آزمایش نیترات نقره.....	۴۴
جدول ۴-۲- نتایج زیست‌سنجی ماهیان در آزمایش نانو نقره.....	۴۴
جدول ۴-۳- میزان تلفات ماهی کاراس در غلظت‌های مختلف از نانو نقره نانوکا در زمانهای ۲۴ تا ۹۶ ساعت.....	۴۵
جدول ۴-۴- میزان تلفات ماهی کاراس در غلظت‌های مختلف از نیترات نقره در زمانهای ۲۴ تا ۹۶ ساعت.....	۴۶
جدول ۴-۵- میزان تلفات ماهی کاراس در غلظت‌های مختلف از نانو نقره نانوسید در زمان‌های.....	۴۶
جدول ۴-۶- میزان تلفات ماهی کاراس در غلظت‌های مختلف از نانو نقره نانوسیل در زمان‌های ۲۴ تا ۹۶ ساعت.....	۴۷
جدول ۴-۷- میزان تلفات ماهی کاراس در غلظت‌های مختلف از سولفات نقره در زمانهای ۲۴ تا ۹۶ ساعت.....	۴۸
جدول ۴-۸- مقدار غلظت کشنده (LC _{1.99}) نیترات نقره در زمان‌های ۲۴ تا ۹۶ ساعت برای ماهی کاراس طلایی.....	۵۲
جدول ۴-۹- مقدار غلظت کشنده (LC _{1.99}) نانونقره نانوکا در زمان‌های ۲۴ تا ۹۶ ساعت برای ماهی کاراس طلایی.....	۵۳
جدول ۴-۱۰- مقدار غلظت کشنده (LC _{1.99}) نانونقره نانوسید در زمان‌های ۲۴ تا ۹۶ ساعت برای	

ماهی کاراس طلایی..... ۵۴

جدول ۴-۱۱- مقدار غلظت کشنده (LC_{1.99}) نانوسیل در زمان‌های ۲۴ تا ۹۶ ساعت برای ماهی کاراس طلایی..... ۵۵

جدول ۴-۱۲- مقدار غلظت کشنده (LC_{1.99}) سولفات نقره در زمان‌های ۲۴ تا ۹۶ ساعت برای ماهی کاراس طلایی..... ۵۶

جدول ۴-۱۳- میزان پارامترهای خونی ماهی کاراس طلایی در غلظت‌های تحت کشنده نیترات نقره..... ۵۸

جدول ۴-۱۴- میزان پارامترهای خونی ماهی کاراس طلایی در غلظت‌های تحت کشنده نانو نقره نانوکا..... ۶۱

۱۲..... ۶۰

جدول ۴-۱۶- تعیین عارضه‌های آبشش در مواجهه با غلظت‌های تحت کشنده نانو نقره نانوکا..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ۴-۱۷- تعیین عارضه‌های آبشش در مواجهه با غلظت‌های تحت کشنده نیترات نقره..... ۶۵

جدول ۴-۱۸- تعیین عارضه‌های کبد در مواجهه با غلظت‌های تحت کشنده نانو نقره نانوکا..... ۶۷

شکل ۱-۱- نمودار مفهومی طول عمر و سرنوشت نانو مواد تولیدی.....	۷
شکل ۱-۳- آماده سازی ماهی کاراس طلایی.....	۲۵
شکل ۲-۳- محاسبه میزان مرگ و میر ماهی کاراس طلایی.....	۲۸
شکل ۳-۳- آماده سازی ظروف نمونه‌گیری بافت و خون.....	۳۱
شکل ۳-۴- مراحل آماده سازی بافت.....	Error! Bookmark not defined.
شکل ۱-۴- مقایسه سمیت LC ₅₀ نانو نقره نانوکا با غلظت‌های بی اثر و کم اثر در ماهی کاراس طلایی.....	۴۹
شکل ۲-۴- مقایسه سمیت LC ₅₀ نانو نقره نانوسید با غلظت‌های بی اثر و کم اثر در ماهی کاراس طلایی.....	۵۰
شکل ۳-۴- مقایسه سمیت LC ₅₀ نانو نقره نانوسیل با غلظت‌های بی اثر و کم اثر در ماهی کاراس طلایی.....	۵۰
شکل ۴-۴- مقایسه سمیت LC ₅₀ نیترات نقره با غلظت‌های بی اثر و کم اثر در ماهی کاراس طلایی.....	۵۱
شکل ۵-۴- مقایسه سمیت LC ₅₀ سولفات نقره با غلظت‌های بی اثر و کم اثر در ماهی کاراس طلایی.....	۵۱
شکل ۱-۴- عوارض بافت آبشش ماهی کاراس طلایی در مواجهه با غلظت‌های تحت کشنده نانو نقره نانوکا و نیترات نقره.....	۶۴
شکل ۱-۴- عوارض بافت کبد ماهی کاراس طلایی در مواجهه با غلظت‌های تحت کشنده نانو نقره نانوکا و نیترات نقره.....	۶۹

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

۱-۱-۱- اهمیت سم شناسی و تعاریف مهم

سم شناسی علم شناخت سموم است و محدوده اثرات زیست شناسی یک ماده شیمیایی یا ترکیب مواد شیمیایی را بررسی می‌کند. همچنین می‌توان سم شناسی را به عنوان بررسی اقتصادی سموم، اثرات آن، چگونگی تاثیر گذاری و سوخت و ساز سم تعریف کرد (هدایتی و همکاران، ۱۳۹۲).

سم، ماده‌ای است که به موجود زنده آسیب می‌رساند، و سمیت قابلیت یک ماده شیمیایی، در ایجاد صدمه به موجودات زنده می‌باشد. سمیت مزمن نیز نوعی مسمومیت است که در تمام طول عمر جانور ادامه دارد و در اثر انباشه شدن مقدار کم و مکرر سم می‌باشد. برای تعیین سمیت، نیاز به تعیین غلظت کشنده سم ترکیبی، با مواد خارجی نظیر آب که در آن، نصف جانوران مورد آزمایش را می‌کشد (هدایتی و همکاران، ۱۳۹۲). جهت اندازه‌گیری سمیت کشندگی حاد^۱ نیاز به آگاهی از محدوده کشنده و غلظت حاد آلاینده بر گونه آبری است.

آزمایش سمیت در ماهیان، تحت کنترل کیفیت آب و شرایط محیطی صورت می‌گیرد. مسیرهای اصلی جذب مواد شیمیایی برای ماهی شامل جذب مستقیم از آب (آبشش‌ها و پوست)، غذا (در طول کانال غذایی) و رسوبات (بلع رسوب) است. اثرات در معرض قرار گیری ممکن است دامنه ای از مرگ و میر سریع تا اثرات نیمه کشنده یا بدون اثر داشته باشند. امکان دارد اثرات در طول در معرض گذاری یا بعد از پایان قرار گرفتن در معرض یک ماده شیمیایی آشکار شوند و یا ممکن است تا زمان بعد از پایان قرار گرفتن به تاخیر بيفتند. در یک آزمایش سمیت نیمه کشنده، پایین ترین غلظت موثر مشاهده^۲ شده، غلظتی است که حداقل یک اثر معنی دار آماری ایجاد کند که با گروه‌های کنترل قابل مقایسه شود. به طور کلی هر اثر زیستی ناسازگار که فعالیت جاندار را کاهش دهد می‌تواند بر جنبه-های کلی زندگی جاندار در محیط طبیعی نیز اثر بگذارد. در آزمایش سمیت، بیشترین غلظت مورد آزمایش که هیچ اثر ناسازگار معنی دار آماری به وجود نمی‌آورد، غلظت بی اثر^۳ نامیده می‌شود.

^۱ LC₅₀

^۲ LOEC

^۳ NOEC

۱-۱-۲- تقسیم بندی علم سم شناسی:

به منظور سهولت مطالعه سموم، سم شناسی را به چند شاخه تقسیم می‌نمایند که مهم‌ترین شاخه- های آن عبارتند از: ۱- سم شناسی صنعتی، ۲- سم شناسی محیط زیست، ۳- سم شناسی پزشکی، ۴- سم شناسی دامپزشکی، ۵- سم شناسی آبزیان
سم شناسی آبزیان به مطالعه در مورد سموم و اثرات آن بر آبزیان در محیط‌های آبی می‌پردازد.

۱-۱-۳- عوامل موثر در ایجاد مسمومیت

قدرت نفوذ در بدن: هر چه مدت زمان ورود سم به بدن موجود کمتر باشد سریع‌تر موجود را از بین می‌برد.

میزان حل شدن در چربی: به دلیل وجود چربی در سلول‌های عصبی، هر چه قابلیت حلالیت سموم در چربی بیشتر باشد به همان اندازه سریع‌تر اعصاب را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
اندازه ذرات: هرچه اندازه ذرات سم کوچک‌تر باشد، سم سریع‌تر وارد بدن شده و در نتیجه اثر آن در مدت زمان کم‌تری بروز می‌کند.

سازگاری و تناسب با حلالی که در فرمولاسیون به کار رفته است: مولکول‌های حلال، حمل کننده مولکول‌های سم هستند.

دمای محیط و حرارت بدن موجود زنده: سموم مختلف در شرایط حرارتی محیط و دمای بدن موجود زنده رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهند. مثلاً بعضی از سموم کلره در دماهای پایین‌تر اثر می‌کنند در حالی که سموم فسفره در دماهای بالاتر اثر می‌کنند. اما در دماهای بسیار بالا سموم اثر خود را از دست می‌دهند.

خصوصیات فردی: در برخی آبزیان جنس ماده مقاومت بیشتری نسبت به جنس نر دارد. یکی از دلایل آن احتمالاً بزرگی جثه جنس ماده می‌باشد و به همین دلیل غلظت کم‌تری از ماده سمی در

واحد سطح یا حجم وارد بدن جنس ماده می‌شود (هدایتی و همکاران، ۱۳۹۲).

در علم سم شناسی اکولوژیک مواد آلوده کننده‌ای مطرح‌اند که در نتیجه فعالیت‌های انسانی در محیط به وجود آمده و اثر مخرب و نابود کننده‌ای بر موجودات زنده دارند، بنابراین هر ماده‌ای که در اثر فعالیت‌های انسانی آزاد می‌گردد یک ماده آلوده است، مگر این که ثابت گردد که اثر مخرب زیستی ندارد (موریارتی^۱، ۱۹۸۸).

۱-۱-۴- فلزات سنگین و آلودگی

سیستم‌های آبی پیوسته با مشکلات ناشی از آلاینده‌هایی مواجه هستند که از منابع مختلف مانند فاضلاب‌های صنعتی، پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری وارد آن‌ها می‌شوند. این آلاینده‌ها برای سیستم‌های زیستی محیط‌های آبی بیگانه و زیان آور بوده و اکثراً بدون هیچ تصفیه‌ای به آب‌ها، رها می‌گردند (جینگرن^۲، ۱۹۷۹).

۱-۱-۴-۱- نقره

نقره یکی از فلزات سنگین است و میزان آن در پوسته زمین در حدود ۰/۱ گرم در هر تن می‌باشد (تربالی و همکاران، ۱۳۹۱). فلزات سنگین یکی از آلوده کننده‌های محیط‌های آبی هستند که به دلیل سمیت و تجمع در بافت‌های بدن آبزیان مشکلات اساسی ایجاد می‌کنند (کاران^۳ و همکاران، ۲۰۰۲). آلودگی فلزات سنگین ممکن است اثرات مخربی بر روی تعادل اکولوژیکی و تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی داشته باشد (وینوهینی^۴، ۲۰۰۸).

۱-۱-۵- نانو تکنولوژی

در سال‌های اخیر نانو تکنولوژی تبدیل به یکی از مهم‌ترین و مهیج‌ترین حوزه‌های رو به پیشرفت

¹ Moriarty

² Jhingron

³ Karan

⁴ Vinodhini