

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان نامه کارشناسی ارشد

# اثر کلات‌های EDTA و EDDS در گیاه پالایی روی، سرب، کادمیم و نیکل در خاک توسط ذرت

زهرة موحدی

استاد راهنما

دکتر امیر فتوت

استادان مشاور

دکتر امیر لکزیان

دکتر غلامحسین حق نیا

بهمن ۱۳۸۹

## تصویب نامه

این پایان نامه با عنوان « اثر کلات‌های EDTA و EDDS در گیاه پالایی روی، سرب، کادمیم و نیکل در خاک توسط ذرت » توسط «زهرة موحدی» در تاریخ ۱۳۸۹/۱۰/۳۰ با نمره و درجه ارزشیابی در حضور هیأت داوران با موفقیت دفاع شد.

تاریخ دفاع نمره و درجه ارزشیابی

هیأت داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	سمت در هیأت	امضاء
۱	آقای دکتر فتوت	دانشیار	استاد راهنما	
۲	آقای دکتر لکزبان	دانشیار	استاد مشاور	
۳	آقای دکتر حق‌نیا	استاد	استاد مشاور	
۴	آقای دکتر رضوانی مقدم	استاد	استاد مدعو	
۵	آقای دکتر خراسانی	استادیار	استاد مدعو	
۶			نماینده تحصیلات تکمیلی	

## تعهد نامه

**عنوان پایان نامه:** اثر کلات‌های EDTA و EDDS در گیاه پالایی روی، سرب، کادمیم و نیکل در خاک توسط ذرت

اینجانب زهره موحدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی - علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی جناب آقای دکتر فتوت متعهد می‌شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می‌گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

۱۳۸۹/۱۰/۳۰

زهره موحدی

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

## پدر و مادر دلسوز و مهربانم

آنانکه وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر، توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سفید گشت تا رویم سفید بماند، آنانکه فروغ نگاهشان، گرمی کلام و دعای خیرشان سرمایه‌های جاودانه زندگی من هستند. آنانکه راستی قامت بر شکستگی قامتشان تجلی یافت. آنانکه اگر غیر از خدا پرستیدن شایسته بود، آنان را می‌پرستیدم.

## همسر عزیزم

که با صبر و شکیبایی گذر این دوره پر فراز و نشیب را تسهیل کرد و حضورش در کنارم امیدآفرین و رهگشاست.

گر مردی میان خون بیدرفت  
تو پای به راه دزد و بیچ مپرس

وزیای نقاده سرنگون بیدرفت  
خود راه بگویدت که خون بیدرفت

بنام آنکه نور عشقش را بر قلبم نشاند، اراده‌ام را استوار ساخت و قدم‌هایم را پرتوان. بار الهی، از اینکه توانستم در پرتو الطاف و کرامت تو، چندی فرصت یابم تا از برترین موهبت‌هایت یعنی لذت آموختن بهره‌مند شوم، تو را شاکرم و از درگاه ربوبی تو استمرار این نعمت را خواستارم.

در این تحقیق مدیون زحمات بی‌شائبه، سخاوت و لطافت طبع و شیوایی کلام استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر فتوت هستم که با گشاده‌رویی و دلسوزی بزرگوارانه تجربیات خویش را در اختیار اینجانب قرار دادند. متواضعانه ابراز می‌کنم که افتخار شاگردی ایشان در طول دوره دانش‌اندوزی کارشناسی ارشد، مایه بس مباهات من بوده‌است. سپاس فراوان از جناب آقای دکتر لکزیان و جناب آقای دکتر حق‌نیا اساتید مشاور محترم که با همکاری و حسن مشاوره ارزشمند خود مرا در مراحل انجام و تدوین این تحقیق یاری رساندند. همچنین از اساتید گرانقدرم، جناب آقای دکتر خراسانی و آقای دکتر رضوانی مقدم که زحمت مطالعه و داوری این پایان‌نامه را متقبل شدند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. بر خود واجب می‌دانم که از کارمندان محترم گروه خاکشناسی سرکار خانم‌ها مهندس حلاج‌نیا و مهندس نیک‌بین و نیز کارمندان گلخانه تحقیقاتی دانشکده بویژه جناب آقای گرجی بخاطر مساعدت‌ها و همکاری با اینجانب در به انجام رساندن این پژوهش تقدیر و تشکر کنم.

از پدر بزرگوارم جناب آقای مهندس موحدی که در انتخاب این پروژه راهنما و در مراحل اجرای آن مشوق اینجانب بوده‌اند و از مساعدت‌های جناب آقای مهندس محمود غدیری مدیریت ارشد تولید شرکت فولاد آلیاژی ایران که مقدمات مشاوره جهت انتخاب طرح را فراهم نموده‌اند، از آقایان مهندس موسوی، مهندس معماری و مهندس زارعی که در برقراری ارتباط بین صنعت و دانشگاه کوشیده‌اند و آقای مهندس فتاحی که همچون معلمی دلسوز مرا در انجام این پروژه یاری رساندند نهایت تشکر را دارم. از تمامی دوستان عزیزم که در مراحل مختلف انجام این پایان‌نامه از کمک‌های صمیمانه آنها بهره‌مند بودم، خانم‌ها مهندس مریم حسینی، شادی شفاعی، سمیه همایون، لیلی قریشی، مریم جاویدی مقدم، معصومه برجی، طیبه نژادحسینی، سیما مظاهری نیا، فاطمه یوسفی و طاهره بیگی، کمال تشکر را دارم و در پایان سعادت تمامی این بزرگواران را از درگاه خداوند متعال خواستارم.

باری دیگر سجده شکر به درگاه ایزدی می‌سایم که مرا از نعمت وجود پدر و مادری مهربان و دلسوز برخوردار نموده و دعای خیرشان را روزی من قرار داده‌است. به رسم وفاداری، صمیمانه‌ترین بوسه‌هایم را بر دستان گرم و مهربان ایشان نثار می‌کنم و از خدای منان طول عمر با عزت و کرامت این نازنینان را مسئلت می‌نمایم. نیک می‌دانم که هرچه بکوشم، قادر نخواهم بود قطره‌ای از دریای محبت این عزیزان را جبران کنم. بار الهی، تو خود با کرم بی‌منت‌هایت آنان را پاداشی عظیم فرما. وجود خواهران مهربان و برادران عزیزم که همواره پشتیبانی محکم در مسیر زندگی‌ام بوده‌اند را ارج می‌نهم و آرزوی سلامت و سعادت ایشان را از خدای متعال خواستارم. بار دیگر از همسر مهربانم که با صبر و شکیبایی، تحمل مشکلات را بر من آسان نمود سپاسگذاری نموده و از خداوند متعال سلامت و موفقیت روزافزون ایشان را مسئلت دارم.

با احترام

زهره موحدی - زمستان ۱۳۸۹

## چکیده

رشد صنایع کشور در سال‌های اخیر و ادامه تولید ضایعات صنعتی، اکوسیستم‌های محیط زیست را زیر تأثیر قرار می‌دهد. از این رو هدایت فعالیت‌های صنعتی به گونه‌ایی که کمترین آثار زیان‌بار را بر محیط زیست داشته باشد ضرورت دارد. در مطالعات اخیر برای رسیدن به اهداف داشتن محیط زیستی سالم، می‌توان از این ضایعات در زمین‌های کشاورزی استفاده نمود و به موازی آن با روش‌های زیستی و کم هزینه آلودگی‌های احتمالی موجود در این ضایعات را حذف نمود. هدف از این مطالعه بررسی اثر کلات‌های EDTA و EDDS در گیاه پالایی روی، سرب، کادمیم و نیکل در خاک توسط ذرت می‌باشد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح لجن فاضلاب صنعتی (۰ و ۳۰ تن در هکتار)، دو سطح فلز (۰ و ۱) که سطح یک شامل فلزات سنگین کادمیم (Cd)، نیکل (Ni)، سرب (Pb) و روی (Zn) به ترتیب به مقدار ۱۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، چهار سطح کلات (بدون کلات، ۳ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک EDTA، ۳ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک EDDS و همچنین کاربرد همزمان ۱/۵ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک EDTA و ۱/۵ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک EDDS) به صورت آزمایش فاکتوریل با دو تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. نتایج نشان داد هرچند کلات‌های مورد مطالعه فراهمی عناصر (کادمیم، نیکل، سرب و روی) را افزایش دادند ولیکن EDDS در فراهمی روی و نیکل و EDTA در فراهمی کادمیم بیشترین تأثیر را داشتند. همچنین در این بررسی مشخص شد که کلات EDTA در افزایش سرب در گیاه نقش داشته و کلات EDDS بیشترین تأثیر را در افزایش روی و نیکل بویژه در بخش هوایی گیاه داشته است. کاربرد همزمان دو کلات EDTA و EDDS در مقادیر کم، بهترین کارایی را در پالایش خاک‌های آلوده دارد. در نهایت با توجه به اینکه EDDS کلاتی با سرعت تجزیه زیستی بالا است، می‌توان با چندین دفعه کاربرد تدریجی با مقادیر کمتر، این کلات را در طی فصل رشد مورد استفاده قرار داد تا جذب فلز در اندام هوایی گیاه افزایش یافته، از اثر سمیت این کلات بر گیاه کاسته شده و همچنین خطر جابجایی، انتقال و آبشویی فلزات آلاینده به آب‌های زیرزمینی نیز کاسته شود.

**کلید واژه:** فاکتور پالایش - ضریب انتقال - لجن فاضلاب صنعتی - فلزات سنگین

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	فصل اول
۱	مقدمه.....
	فصل دوم
۵	بررسی منابع.....
۵	۱-۲ ضرورت حفاظت از خاک.....
۷	۲-۲ وضعیت فاضلاب های صنعتی در ایران.....
۹	۳-۲ لجن فاضلاب.....
۱۱	۴-۲ فلزات سنگین مورد مطالعه.....
۱۱	۱-۴-۲ سرب.....
۱۱	۲-۴-۲ کادمیم.....
۱۲	۳-۴-۲ روی.....
۱۲	۴-۴-۲ نیکل.....
۱۳	۵-۲ پالایش خاک.....
۱۳	۱-۵-۲ عوامل موثر در فراهمی فلزات و پالایش خاک.....
۱۳	۲-۵-۲ راهکارهای مقابله با مشکل فلزات سنگین.....
۱۴	۱-۲-۵-۲ گیاه پالایی.....
۱۶	گیاه جذبی.....
۱۷	۲-۲-۵-۲ محدودیت روش های گیاه پالایی.....
۱۸	۳-۲-۵-۲ افزایش کارایی گیاه پالایی با کلات ها.....
۲۱	۴-۲-۵-۲ گیاهان بیش اندوز.....
۲۲	۵-۲-۵-۲ گیاهان با تولید زیست توده بالا.....
۲۲	ذرت.....



## فصل سوم

۲۴	مواد و روش‌ها.....
۲۴	۱-۳ تهیه و آنالیز نمونه‌های خاک.....
۲۴	۲-۳ تهیه، آماده‌سازی و آنالیز نمونه لجن فاضلاب مصرفی.....
۲۵	۳-۳ آزمایش‌های گلخانه‌ای.....
۲۷	۱-۳-۳ آماده‌سازی نمونه‌های خاک.....
۲۸	۲-۳-۳ کاشت داشت و برداشت گیاهان.....
۲۹	۴-۳ مراحل آزمایشگاهی.....
۲۹	۱-۴-۳ خاک.....
۲۹	۱-۱-۴-۳ هواخشک کردن، کوبیدن و الک کردن نمونه‌های خاک.....
۲۹	۲-۱-۴-۳ عصاره‌گیری و تعیین مقدار عناصر نمونه‌ها.....
۳۰	۲-۴-۳ گیاه.....
۳۰	۱-۲-۴-۳ خشک و آسیاب کردن نمونه‌های گیاهی.....
۳۱	۲-۲-۴-۳ هضم و تعیین مقدار عناصر نمونه‌ها.....
۳۱	۵-۳ پارامترهای اندازه‌گیری شده.....
۳۲	۱-۵-۳ فاکتور انتقال (TC).....
۳۲	۲-۵-۳ فاکتور پالایش (RF).....
۳۲	۶-۳ آنالیز آماری.....

## فصل چهارم

۳۳	نتایج و بحث.....
۳۳	۱-۴ اثر تیمارهای آزمایش بر pH و مقدار کل و فراهم عناصر در خاک.....
۳۳	۱-۱-۴ pH خاک.....
۳۴	۲-۱-۴ عنصر کادمیم.....
۳۴	کادمیم کل خاک.....
۳۵	کادمیم فراهم (عصاره‌گیری شده توسط DTPA-TEA).....

۳۶	..... کادمیم فراهم (عصاره‌گیری شده توسط EDTA)
۳۸	..... ۳-۱-۴ عنصر روی
۳۸	..... روی کل خاک
۳۹	..... (DTPA-TEA) روی فراهم خاک (عصاره‌گیری شده توسط)
۴۰	..... (EDTA) روی فراهم خاک (عصاره‌گیری شده توسط)
۴۱	..... ۴-۱-۴ عنصر سرب
۴۱	..... سرب کل خاک
۴۱	..... (DTPA-TEA) سرب فراهم خاک (عصاره‌گیری شده توسط)
۴۳	..... (EDTA) سرب فراهم خاک (عصاره‌گیری شده توسط)
۴۳	..... ۵-۱-۴ عنصر نیکل
۴۳	..... نیکل کل خاک
۴۴	..... (DTPA-TEA) نیکل فراهم خاک (عصاره‌گیری شده توسط)
۴۵	..... (EDTA) نیکل فراهم خاک (عصاره‌گیری شده توسط)
۴۷	..... ۲-۴ اثر تیمارهای آزمایش بر جذب عناصر سنگین در گیاه ذرت
۴۷	..... ۱-۲-۴ عنصر کادمیم
۴۷	..... کادمیم در بخش هوایی گیاه
۴۸	..... کادمیم ریشه
۵۲	..... ۲-۲-۴ عنصر روی
۵۲	..... روی در بخش هوایی گیاه
۵۴	..... عنصر روی در ریشه گیاه
۵۷	..... ۳-۲-۴ عنصر سرب
۵۷	..... سرب در بخش هوایی گیاه
۶۰	..... سرب ریشه
۶۴	..... ۴-۲-۴ عنصر نیکل
۶۴	..... نیکل در اندام هوایی گیاه

- ۶۶..... نیکل ریشه
- ۷۲..... ۳-۴ اثر تیمارهای آزمایش بر کارایی گیاه پالایی
- ۷۲..... ۱-۳-۴ ضریب انتقال
- ۷۲..... ۱-۱-۳-۴ عنصر کادمیم
- ۷۴..... ۲-۱-۳-۴ عنصر سرب
- ۷۸..... ۳-۱-۳-۴ عنصر روی
- ۸۰..... ۴-۱-۳-۴ عنصر نیکل
- ۸۳..... ۲-۳-۴ فاکتور پالایش
- ۸۳..... ۱-۲-۳-۴ عنصر کادمیم
- ۸۵..... ۲-۲-۳-۴ عنصر سرب
- ۸۸..... ۳-۲-۳-۴ عنصر روی
- ۹۱..... ۴-۲-۳-۴ عنصر نیکل
- ۹۳..... ۴-۴ اثر کلات‌های آزمایش بر گیاه ذرت

#### فصل پنجم

- ۹۷..... نتیجه‌گیری
- ۹۹..... پیشنهادات
- ۱۰۱..... پیوست ۱
- ۱۰۱..... اسامی لاتین و معادل فارسی آنها
- ۱۰۴..... منابع

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار کل عنصر کادمیم در خاک ..... ۳۴
- شکل ۲-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار فراهم عنصر کادمیم در خاک (عصاره‌گیر DTPA-TEA) ..... ۳۶
- شکل ۳-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار فراهم عنصر کادمیم در خاک (عصاره‌گیر EDTA) ..... ۳۷
- شکل ۴-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار کل عنصر روی در خاک ..... ۳۸
- شکل ۵-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار فراهم عنصر روی در خاک (عصاره‌گیر DTPA-TEA) ..... ۴۰
- شکل ۶-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار فراهم عنصر روی در خاک (عصاره‌گیر EDTA) ..... ۴۰
- شکل ۷-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار کل عنصر سرب در خاک ..... ۴۱
- شکل ۸-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار فراهم عنصر سرب در خاک (عصاره‌گیر DTPA-TEA) ..... ۴۲
- شکل ۹-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار فراهم عنصر سرب در خاک (عصاره‌گیر EDTA) ..... ۴۳
- شکل ۱۰-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار کل عنصر نیکل در خاک ..... ۴۴
- شکل ۱۱-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار فراهم عنصر نیکل در خاک (عصاره‌گیر DTPA-TEA) ..... ۴۵
- شکل ۱۲-۴ اثر کلات‌های مورد آزمایش بر مقدار فراهم عنصر نیکل در خاک (عصاره‌گیر EDTA) ..... ۴۶
- شکل ۱۳-۴ تغییرات غلظت کادمیم موجود در گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های EDTA، EDDS و کاربرد همزمان آنها ..... ۴۷
- شکل ۱۴-۴ تغییرات غلظت کادمیم ریشه، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی ..... ۴۹
- شکل ۱۵-۴ تغییرات غلظت کادمیم بخش هوایی، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی ..... ۵۰
- شکل ۱۶-۴ تغییرات کادمیم ریشه گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی شدید (آلودگی با نمک فلزات) ..... ۵۱
- شکل ۱۷-۴ تغییرات کادمیم بخش هوایی گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی شدید (آلودگی با نمک فلزات) ..... ۵۲

- شکل ۴-۱۸ تغییرات مقدار روی موجود در گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های EDTA، EDDS و کاربرد همزمان آنها ..... ۵۳
- شکل ۴-۱۹ تغییرات روی در ریشه، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی. ۵۴
- شکل ۴-۲۰ تغییرات غلظت روی در بخش هوایی ذرت، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی ..... ۵۵
- شکل ۴-۲۱ تغییرات غلظت روی در ریشه گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی شدید (آلودگی با نمک فلزات) ..... ۵۶
- شکل ۴-۲۲ تغییرات عنصر روی در بخش هوایی گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی شدید (آلودگی با نمک فلزات) ..... ۵۷
- شکل ۴-۲۳ تغییرات غلظت سرب موجود در ریشه و بخش هوایی گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های EDTA، EDDS و کاربرد همزمان آنها ..... ۵۸
- شکل ۴-۲۴ تغییرات سرب در ریشه ذرت، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی ..... ۶۱
- شکل ۴-۲۵ تغییرات سرب در اندام هوایی ذرت، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی ..... ۶۲
- شکل ۴-۲۶ تغییرات غلظت عنصر سرب در ریشه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی شدید (آلودگی با نمک فلزات) ..... ۶۳
- شکل ۴-۲۷ تغییرات عنصر سرب در اندام هوایی ذرت در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی شدید (آلودگی با نمک فلزات) ..... ۶۴
- شکل ۴-۲۸ تغییرات مقدار نیکل موجود در گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های EDTA، EDDS و کاربرد همزمان آنها ..... ۶۵
- شکل ۴-۲۹ تغییرات نیکل در ریشه ذرت، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی ..... ۶۷
- شکل ۴-۳۰ تغییرات نیکل در ریشه ذرت، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی با در نظر گرفتن وزن خشک ریشه ..... ۶۸
- شکل ۴-۳۱ تغییرات غلظت نیکل در اندام هوایی گیاه ذرت، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی ..... ۶۹

- شکل ۴-۳۲ تغییرات مقدار نیکل در اندام هوایی گیاه ذرت در هر گلدان، در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی با لجن فاضلاب صنعتی ..... ۷۰
- شکل ۴-۳۳ تغییرات غلظت عنصر نیکل در ریشه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی شدید (آلودگی با نمک فلزات) ..... ۷۱
- شکل ۴-۳۴ تغییرات غلظت نیکل در اندام هوایی گیاه ذرت در اثر کاربرد کلات‌های مختلف، در شرایط آلودگی (آلودگی با نمک فلزات) ..... ۷۱
- شکل ۴-۳۵ ضریب انتقال عنصر کادمیم از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف ..... ۷۲
- شکل ۴-۳۶ ضریب انتقال عنصر کادمیم از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آمیختگی خاک با لجن فاضلاب ..... ۷۳
- شکل ۴-۳۷ ضریب انتقال عنصر کادمیم از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آلودگی شدید خاک ..... ۷۴
- شکل ۴-۳۸ ضریب انتقال عنصر سرب از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف ..... ۷۵
- شکل ۴-۳۹ ضریب انتقال عنصر سرب از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آمیختگی خاک با لجن فاضلاب ..... ۷۶
- شکل ۴-۴۰ ضریب انتقال عنصر سرب از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آلودگی شدید خاک ..... ۷۷
- شکل ۴-۴۱ ضریب انتقال عنصر روی از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف ..... ۷۸
- شکل ۴-۴۲ ضریب انتقال عنصر روی از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آمیختگی خاک با لجن فاضلاب ..... ۷۹
- شکل ۴-۴۳ ضریب انتقال عنصر روی از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آلودگی شدید خاک ..... ۸۰
- شکل ۴-۴۴ ضریب انتقال عنصر نیکل از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف ..... ۸۱
- شکل ۴-۴۵ ضریب انتقال عنصر نیکل از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آمیختگی خاک با لجن فاضلاب ..... ۸۲
- شکل ۴-۴۶ ضریب انتقال عنصر روی از ریشه به بخش هوایی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آلودگی شدید خاک ..... ۸۲
- شکل ۴-۴۷ فاکتور پالایش عنصر کادمیم گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف ..... ۸۳

- شکل ۴-۴۸ فاکتور پالایش عنصر کادمیم گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آمیختگی خاک با لجن فاضلاب ..... ۸۴
- شکل ۴-۴۹ فاکتور پالایش عنصر کادمیم گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آلودگی شدید خاک ..... ۸۵
- شکل ۴-۵۰ فاکتور پالایش عنصر سرب گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف ..... ۸۶
- شکل ۴-۵۱ فاکتور پالایش عنصر سرب گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آمیختگی خاک با لجن فاضلاب ..... ۸۷
- شکل ۴-۵۲ فاکتور پالایش عنصر سرب گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آلودگی شدید خاک ..... ۸۸
- شکل ۴-۵۳ فاکتور پالایش عنصر روی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف ..... ۸۹
- شکل ۴-۵۴ فاکتور پالایش عنصر روی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آمیختگی خاک با لجن فاضلاب ..... ۹۰
- شکل ۴-۵۵ فاکتور پالایش عنصر روی گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آلودگی شدید خاک ..... ۹۰
- شکل ۴-۵۶ فاکتور پالایش عنصر نیکل گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف ..... ۹۱
- شکل ۴-۵۷ فاکتور پالایش عنصر نیکل گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آمیختگی خاک با لجن فاضلاب ..... ۹۲
- شکل ۴-۵۸ فاکتور پالایش عنصر نیکل گیاه ذرت پس از کاربرد کلات‌های مختلف در شرایط آلودگی شدید خاک ..... ۹۳

## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

- جدول ۱-۲ وضعیت فاضلاب کل صنایع کشور..... ۷
- جدول ۲-۲ مهمترین صنایع آلوده کننده محیط زیست..... ۸
- جدول ۳-۲ حدود مجاز عناصر سنگین در لجن فاضلاب مورد استفاده برای اهداف غیر صنعتی..... ۱۰
- جدول ۴-۲ گونه‌های گیاهی بیش‌اندوز فلزات خاص و مقدار جذب عناصر در این گیاهان..... ۲۲
- جدول ۱-۳ ویژگی‌های شیمیایی فیزیکی خاک مورد مطالعه..... ۲۵
- جدول ۲-۳ مقدار عناصر سنگین مورد مطالعه در خاک مورد آزمایش توسط ۳ عصاره‌گیر..... ۲۶
- جدول ۳-۳ برخی ویژگی‌های لجن فاضلاب مورد مطالعه..... ۲۷
- جدول ۱-۴ بررسی اثر کلات‌های مورد آزمایش بر pH خاک..... ۳۴
- جدول ۲-۴ اثر کاربرد تیمار کلات‌های EDTA، EDDS و T & D بر برخی فاکتورهای زراعی گیاه ذرت..... ۹۴



# فصل اول

## مقدمه

ضرورت حفاظت از محیط زیست، اصل غیر قابل تردیدی است که در جهان امروز پذیرش همگانی داشته است و این ضرورت به موازی رشد صنایع و فناوری و به دنبال آن بروز آلودگی‌ها اهمیت بیشتری پیدا کرده است. از این رو هدایت فعالیت‌های صنعتی به گونه‌ایی که کمترین آثار زیان‌بار را بر محیط زیست داشته باشد اهمیت زیادی دارد، در سال‌های اخیر مشاهده شده است که برای رسیدن به اهداف محیط زیست سالم تنها کنترل آلودگی‌های خروجی از صنایع کافی و مؤثر نبوده، به همین منظور راهکارهای جدیدی در کنار وضع موجود باید قرار گیرد. پیشگیری از ایجاد ضایعات و فاضلاب‌ها همواره امکان‌پذیر نیست، بنابراین باید از روش‌هایی استفاده نمود که ضمن جلوگیری از آلوده شدن آب‌ها، میزان انتشار آلودگی در محیط را نیز کاهش دهد. این روش‌ها شامل کاهش حجم فاضلاب، بازگرداندن به سیستم تولید و بازیافت و استفاده مجدد از ضایعات می‌باشند (بهره‌مند و همکاران، ۱۳۸۱).

افزودن لجن فاضلاب به خاک‌ها با وجود مزایای کلی که دارد، مانند تداوم و تکمیل چرخه عناصر غذایی، کاهش در کاربرد کودهای معدنی و شیمیایی، ورود مواد آلی به خاک، بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک (لاوادی، ۲۰۰۶) و بهبود ویژگی‌های زیستی خاک و تحریک رشد و فعالیت ریزجانداران خاک همیشه اثر مثبتی نشان نداده است (منا و همکاران، ۲۰۰۳). محدودیت‌های اصلی کاربرد لجن فاضلاب، افزایش پیوسته غلظت فلزات سنگین و در نتیجه انباشتگی آنها در خاک و گیاه (منا و همکاران، ۲۰۰۳ و تورک و همکاران، ۲۰۰۵)، آبشویی و نفوذ این فلزات

به ژرفای زمین و آب‌های زیرزمینی و در نهایت ورود فلزات سنگین و عناصر سمی به زنجیره غذایی (لاوادی، ۲۰۰۶) می‌باشد.

با توجه به اینکه ۳۰ میلیون تن لجن فاضلاب سالانه در جهان تولید شده و حدود ۲۱ میلیون تن آن به عنوان کود به زمینهای کشاورزی اضافه می‌گردد (خندان و آستارایی، ۱۳۸۴) باید به دنبال راه حل‌هایی بود تا بتوان با حذف اثرات مخرب لجن فاضلاب، استفاده مناسب و مطمئن آن در زمینهای کشاورزی را امکان پذیر ساخت.

یکی از کارآمدترین روش‌های پیشنهادی در زمینه آلاینش‌زدایی فلزات سنگین از خاک روش گیاه پالایی می‌باشد که در طول سالهای اخیر مورد توجه عده زیادی از پژوهشگران قرار گرفته است. این روش یکی از کم هزینه ترین روش های حذف آلودگی های فلزی از خاک می باشد که با محیط زیست سازگار است (سینگر و همکاران، ۲۰۰۷، لو و همکاران، ۲۰۰۶b). در گیاه پالایی از گیاهانی که فلزات سنگین را بطور غیر عادی، زیاد جذب می کنند استفاده می شود و در پی آن، این گیاهان بعد از فصل رشد برداشت شده تا غلظت فلزات سنگین موجود در خاک کاهش یابد و به سطح قابل قبول برسد (ساکسینا و کریشنا، ۱۹۹۹ و پیر و همکاران، ۲۰۰۶).

محدودیت اصلی برای کاربرد روش گیاه پالایی، انحلال پذیری و زیست فراهمی کم بعضی از فلزات سنگین در خاک می باشد. هرچند روشن است که عناصر در خاک از شکل های غیر فراهم و دور از دسترس به شکل های قابل دسترس برای گیاه تبدیل می شوند، ولی این مسیر، بعد از کشت گیاه بسیار طولانی و کند خواهد بود و این لزوم بررسی‌هایی برای فعال کردن بخش غیر قابل دسترس را برای افزایش بازده گیاه پالایی نشان می دهد. ترکیبات کلات کننده می توانند آزاد سازی فلزات سنگین که با بخش جامد و غیر قابل دسترس خاک پیوند شده اند را سرعت ببخشند. زیرا این مواد، تعادل میان بخش جامد و مایع خاک را بر هم زده و در پی آن، شدت پیوند خاک جذب شده به کلات-فلزات سنگین، کاهش پیدا می کند. از این رو بیشتر فلزات سنگین به داخل محلول خاک رها شده و در دسترس گیاه قرار می گیرند. لازم به ذکر است، همیشه افزایش غلظت کلاتها به خاک به منظور افزایش غلظت عناصر در گیاهان کار درستی نیست، زیرا افزایش کلاتها در خاک می تواند با افزایش غلظت بخش محلول فلزات در خاک موجب پویایی بیشتر فلزها در خاک و بدین طریق انتقال عناصر سنگین به آبهای زیرزمینی شود. و حتی بعضی از این کلاتها ممکن است اثرات سمیت برای گیاه و برخی جانداران داشته باشند از این رو استفاده از

مواد کلات کننده نیز خطرات خاصی دارد و کلات هایی باید مورد استفاده قرار گیرند که بازده بیشتر و خطرات زیست محیطی کمتری داشته باشند (لی و همکاران، ۲۰۰۲).

نکته مهم و قابل ذکر این است که نبود اطلاعات کافی در مورد آلودگی فلزات سنگین در خاکهای آلوده سبب شده است، روند اجرای طرح های آلودگی زدایی در ایران از جمله گیاه پالایی به کندی مسیر خود را بپیماید. علاوه بر این نبود اطلاعات کافی در مورد اثرات مضر آلاینده های محیطی از جمله فلزات سنگین موجب شده است، اهمیت آلودگی این فلزات در خاک ها به طور کاذب ناچیز به نظر آید. از این رو با توجه به رشد روز افزون جمعیت و صنایع و ضرورت حفاظت از منابع طبیعی و تقویت خاک، اجرای یک طرح در مورد روشهایی که بتواند از ورود ضایعات کشاورزی و صنعتی به محیط زیست و چرخه عناصر غذایی جلوگیری کرده و درضمن از این ضایعات، به گونه ایی برای تقویت خاک و محیط استفاده نمود ضروری می باشد. با توجه به موارد گفته شده این مطالعه با عنوان اثر کلات های EDTA و EDDS در گیاه پالایی روی، سرب، کادمیم و نیکل در خاک توسط ذرت برای دستیابی به اهداف زیر انجام خواهد شد.

- بررسی تغییرات فلزات سنگین خاک و گیاه در طول فرایند گیاه پالایی.
- مطالعه عوامل موثر در گیاه پالایی مانند نوع فلز آلاینده، نوع و مقدار و همچنین نوع کاربرد کلات.
- مطالعه کارایی کاربرد کلات ها در آلودگی های کم و زیاد.
- بررسی عملکرد محصول ذرت در نتیجه افزایش کلات ها به خاک.

