

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه زنجان

مدیریت تحصیلات تکمیلی

دانشکده آب و خاک

گروه مرتع و آبخیزداری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مرتع داری

**مطالعه اثرات EDTA و DTPA در پتانسیل گیاه پالایی نهال گونه های
کهور و اکالیپتوس برای جذب فلزات سنگین سرب، روی و مس از
خاک های آلوده**

اساتیدراهنما:

دکتر علیرضا مقدم نیا

دکتر علیرضا شهریاری

اساتید مشاور:

دکتر مهدیه ابراهیمی

دکتر علیرضا سام زاده کرمانی

تهیه و تدوین:

خدیدجه اربابی

بهمن ۹۱

تقدیم به او ...

که هرچه هست همه از اوست .

و تقدیم به او ...

که جهان در انتظار اوست .

با سپاس از پدرم

آن عاشق بی ریا که با مهر و لطف، پرستار وجودم گشت

بر نگاهم لبخند زد صحنه خالی روحم را با مهر و عشق آشنا نمود، پدر صبورم که شبی

آسوده خاطر از فردای فرزندانش نخفت

و با تقدیر از مادرم

که اول بار در کلاسی که محصلش من بودم و معلمش او، قلم به دستم داد و سخن گفت: از

خالق یکتا، سرچشمه پاکی ها، از عشق،

بنیان زندگی از عهدی که با خدا بسته ایم، از وظیفه ام در قبال خلق. مشوقم شد تا نیک ببینم،

بدانم، بخوانم و خوب زندگی کنم.

و تقدیم به تنها خواهرم

و با تقدیر از همسرم تنها تکیه گاه زندگی ام

و تقدیم به امیدهای زندگی ام خواهرزاده های عزیزم نرگس و نگار

تقدیر و تشکر

با نام خدا و سپاس از لطف بی کران و بی انتهایش. هزاران بار حمد و سپاس یکتای قادر و توانا که درجه کمال او بی وصف و اندیشه ناچیز ما ناتوان از بیان و وصف عظمت لایزالش است. اوست سمیع و بصیر به امور. از آن اوست آنچه که درک کردم و درک می کنم.

اکنون نیز مجالی یافتم تا با جملات ناچیز خود از اساتید گرامی و خانواده عزیزم و همسر مهربانم که به حق در پیشبرد مراحل پایان نامه کمک های شایانی نمودند، تشکر نمایم. پدر و مادر مهربانم دستتان را می بوسم. همسر عزیزم همیشه و در همه حال مدیون زمات بی دریغت هستم. مفتخرم که در طی دوران کارشناسی ارشد و در اجرای پایان نامه خود از راهنمایی اساتید گرانقدر دکتر علیرضا مقدم نیا و دکتر علیرضا شهریاری کسب فیض نمودم. از اساتید مشاور دکتر مهدیه ابراهیمی و دکتر سام زاده که در طول پایان نامه مرا یاری نموده اند کمال قدردانی را دارم. در پایان از داور محترم دکتر عین اله روحی مقدم و نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر ناظریان جهت همکاری های لازم تشکر و قدردانی می نمایم.

من الله التوفیق

خدیجه اربابی

چکیده

استفاده از گیاهان برای حذف آلاینده‌ها از محیط زیست و تجمع آنها در اندام هوایی به‌عنوان فرایند گیاه جذبی شناخته می‌شود. در حال حاضر استفاده از فرایند گیاه جذبی به‌کمک مواد به‌ساز برای افزایش تجمع فلزات توسط گیاهان با زیست توده بالا در حال گسترش است. این تحقیق در شهرستان ایرانشهر واقع در استان سیستان و بلوچستان با هدف بررسی و مقایسه قابلیت پالایش فلزات سرب، روی و مس در دو گونه کهور و اکالیپتوس که جز گیاهان با زیست توده بالا هستند و تاثیر مواد به‌ساز EDTA و DTPA در تغییر قابلیت جذب این فلزات از خاک انجام گرفت. به‌منظور انجام آزمایش نمونه خاک از کارخانه نساجی بافت بلوچ تهیه شد با توجه به اینکه میزان فلزات سرب، روی و مس در این خاک در حد بحرانی نبود برای رساندن آلودگی خاک به حد بحرانی ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس، ۴۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب و روی، میزان ۰/۵۸ گرم در لیتر سولفات مس، ۱/۹۷ گرم در لیتر سولفات روی و ۰/۷۱ گرم در لیتر نترات سرب به خاک اضافه شد. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل مواد به‌ساز EDTA (۳، ۶ و ۹ میلی‌مول) و DTPA (۵ و ۱۰ میلی‌مول) و تیمار شاهد ۱ (خاک غیر آلوده بدون به‌ساز) و شاهد ۲ (خاک آلوده بدون به‌ساز) می‌باشد. کاشت بذر اکالیپتوس و کهور در گلدان‌ها انجام شد و تیمارها قبل از کاشت به خاک اضافه شدند. پس از گذشت ۷۰ روز از کاشت، اندام هوایی و ریشه گیاهان برداشت شد و میزان سرب، روی و مس جذب شده در آنها اندازه‌گیری شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار و در سه تکرار انجام شد و نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS16 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان داد که EDTA و DTPA باعث افزایش نسبی EC شدند و تاثیر کمی در کاهش میزان pH خاک داشتند. آزمایش گلخانه‌ای نشان داد که گونه کهور پتانسیل بیشتری برای گیاه‌پالایی سرب و روی نسبت به اکالیپتوس و اکالیپتوس پتانسیل بیشتری برای گیاه‌پالایی مس نسبت به کهور دارد. در گونه اکالیپتوس بهترین تیمار برای افزایش پتانسیل گیاه‌پالایی سرب و مس DTPA ۵ و برای روی EDTA ۳ بود و در کهور بهترین تیمار برای عناصر روی و مس EDTA ۹ و برای عنصر سرب EDTA ۶ بود.

کلمات کلیدی: گیاه‌پالایی، EDTA، DTPA، فلزات سنگین، کهور، اکالیپتوس

فهرست مطالب

صفحه

عناوین

فصل اول: مقدمه و کلیات	۱
۱-۱-مقدمه	۲
۱-۲-ضرورت تحقیق	۴
۱-۳-فرضیات تحقیق	۵
۱-۴-اهداف تحقیق	۵
۱-۵-کلیات	۶
۱-۵-۱-تعریف آلودگی	۶
۱-۵-۲-تعریف فلز سنگین	۶
۱-۵-۲-۱-منابع فلزات سنگین	۷
۱-۵-۲-۲-کلیاتی در مورد سرب، روی و مس	۷
۱-۵-۲-۲-۱-عنصر سرب	۸
۱-۵-۲-۲-۱-۱-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سرب	۸
۱-۵-۲-۲-۱-۲-منابع سرب	۸
۱-۵-۲-۲-۲-عنصر روی	۹
۱-۵-۲-۲-۲-۱-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روی	۹
۱-۵-۲-۲-۲-۲-منابع روی	۹
۱-۵-۲-۲-۳-عنصر مس	۱۰
۱-۵-۲-۲-۳-۱-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مس	۱۰
۱-۵-۲-۲-۳-۲-منابع مس	۱۰
۱-۵-۳-تعریف گیاه پالایی	۱۱
۱-۵-۳-۱-گیاهان انتخاب شده در فرایند گیاه پالایی	۱۱
۱-۵-۳-۲-میزان جذب عناصر سنگین در فرم‌های رویشی مختلف	۱۲
۱-۵-۳-۳-میزان جذب عناصر سنگین در اندام‌های گیاهی	۱۲
۱-۵-۳-۴-روش‌های پالایش آلودگی	۱۲

- ۱۴.....۱-۵-۳-۵-۱-روش‌های گیاه‌پالایی.....
- ۱۵.....۱-۵-۳-۵-۱-گیاه استخراجی.....
- ۱۷.....۱-۵-۳-۵-۲-تثبیت گیاهی.....
- ۱۸.....۱-۵-۳-۵-۳-تجزیه گیاهی.....
- ۱۹.....۱-۵-۳-۵-۴-تصفیه ریشه‌ای.....
- ۲۰.....۱-۵-۳-۵-۵-تجزیه ریشه‌ای.....
- ۲۱.....۱-۵-۳-۵-۶-گیاه تصعیدی.....
- ۲۱.....۱-۵-۳-۵-۷-کنترل هیدرولیکی.....
- ۲۲.....۱-۵-۳-۵-۸-ایجاد نوارهای بافری و ردیف‌های درختان سواحل رودخانه.....
- ۲۲.....۱-۵-۳-۶-درصد جذب عناصر توسط مکانیزم‌های جذب در گیاهان.....
- ۲۳.....۱-۵-۳-۷-میزان گیاه جذبی تیره‌های مختلف گیاهی.....
- ۲۴.....۱-۵-۳-۸-گیاهان مورد استفاده در گیاه جذبی.....
- ۲۵.....۱-۵-۳-۸-۱-گیاهان بیش از حد جمع‌کننده.....
- ۲۵.....۱-۵-۳-۸-۲-گیاهان فرآینباشت.....
- ۲۶.....۱-۵-۳-۸-۳-گیاهان با زیست توده بالا.....
- ۲۷.....۱-۵-۳-۹-تاثیر مواد اصلاحی جهت افزایش راندمان گیاه جذبی فلزات سنگین.....
- ۲۸.....۱-۵-۳-۱۰-استفاده از عوامل آلی برای افزایش گیاه جذبی.....
- ۲۸.....۱-۵-۳-۱۰-۱-خصوصیات EDTA.....
- ۲۸.....۱-۵-۳-۱۰-۲-عملکرد DTPA.....
- ۲۹.....۱-۵-۴-درخت کهور.....
- ۲۹.....۱-۵-۴-۱-مشخصات گیاه شناسی کهور.....
- ۳۰.....۱-۵-۴-۲-پراکنش کهور در جهان و ایران.....
- ۳۰.....۱-۵-۵-درخت اکالیپتوس.....
- ۳۰.....۱-۵-۵-۱-مشخصات گیاه شناسی اکالیپتوس.....
- ۳۱.....۱-۵-۵-۲-پراکنش اکالیپتوس در جهان و ایران.....
- ۳۲.....**فصل دوم: مرور منابع**.....
- ۳۳.....۲-۱-تحقیقات انجام شده در ایران.....
- ۳۷.....۲-۲-تحقیقات انجام شده در خارج از کشور.....

۴۱	فصل سوم: مواد و روش‌ها
۴۲	۳-۱- منطقه مورد مطالعه
۴۳	۳-۲- انتخاب خاک
۴۳	۳-۳- تعیین مشخصات خاک تحقیق
۴۴	۳-۴- آماده سازی تیمارهای آزمایشی
۴۴	۳-۴-۱- آزمایش گلخانه‌ای
۴۴	۳-۴-۲- آماده‌سازی گلدان‌ها
۴۶	۳-۵- کاشت و نگهداری گلدان‌ها
۴۷	۳-۶- آماده‌سازی نمونه‌های گیاهی و خاک
۴۸	۳-۷- تجزیه شیمیایی خاک و گیاه
۴۸	۳-۸- تجزیه عناصر سنگین نمونه‌های گیاهی
۴۹	۳-۹- شاخصهای مورد استفاده در برآورد قابلیت جذب فلزات سنگین توسط گیاهان
۴۹	۳-۹-۱- شاخص تحمل
۴۹	۳-۹-۲- فاکتور انتقال
۵۰	۳-۹-۳- فاکتور غلظت
۵۰	۳-۱۰- تجزیه و تحلیل داده‌ها
۵۱	فصل چهارم: نتایج و بحث
۵۲	۴-۱- تشریح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده
۵۲	۴-۲- غلظت سرب موجود در اندام‌های گیاه کهور
۵۲	۴-۲-۱- غلظت سرب موجود در اندام‌های هوایی کهور
۵۳	۴-۲-۲- غلظت سرب موجود در ریشه کهور
۵۴	۴-۳- غلظت سرب موجود در اندام‌های گیاه اکالیپتوس (<i>Eu.camaldulensis</i>)
۵۴	۴-۳-۱- غلظت سرب موجود در اندام‌های هوایی اکالیپتوس
۵۵	۴-۳-۲- غلظت سرب موجود در ریشه اکالیپتوس
۵۶	۴-۴- غلظت روی موجود در اندام‌های گیاه کهور (<i>P. cineraria</i>)
۵۶	۴-۴-۱- غلظت روی موجود در اندام‌های هوایی کهور
۵۷	۴-۴-۲- غلظت روی موجود در ریشه کهور
۵۸	۴-۵- غلظت روی موجود در اندام‌های گیاه اکالیپتوس (<i>Eu.camaldulensis</i>)

- ۵۸-۴-۵-۱-غلظت روی موجود در اندام‌های هوایی اکالیپتوس..... ۵۸
- ۵۸-۴-۵-۲-غلظت روی موجود در ریشه اکالیپتوس..... ۵۸
- ۵۹-۴-۶-غلظت مس موجود در اندام‌های گیاه کهور (*P. cineraria*)..... ۵۹
- ۵۹-۴-۶-۱-غلظت مس موجود در اندام‌های هوایی کهور..... ۵۹
- ۶۰-۴-۶-۲-غلظت مس موجود در ریشه کهور..... ۶۰
- ۶۱-۴-۷-غلظت مس موجود در اندام‌های گیاه اکالیپتوس (*Eu.camaldulensis*)..... ۶۱
- ۶۱-۴-۷-۱-غلظت مس موجود در اندام‌های هوایی اکالیپتوس..... ۶۱
- ۶۲-۴-۷-۲-غلظت مس موجود در ریشه اکالیپتوس..... ۶۲
- ۶۵-۴-۸-خصوصیات خاک تحت تیمارهای متفاوت EDTA و DTPA..... ۶۵
- ۶۵-۴-۸-۱-خصوصیات خاک تحت تیمارهای متفاوت EDTA و DTPA در گیاه کهور و اکالیپتوس..... ۶۵
- ۶۶-۴-۸-۲-غلظت سرب، روی و مس در خاک تیمار شده با مواد بهساز در گیاه کهور..... ۶۶
- ۶۶-۴-۸-۲-۱-غلظت سرب، روی و مس در تیمار خاک با EDTA..... ۶۶
- ۶۶-۴-۸-۲-۲-غلظت سرب، روی و مس در تیمار خاک با DTPA..... ۶۶
- ۶۸-۴-۸-۳-غلظت سرب، روی و مس در خاک تیمار شده با مواد بهساز در گیاه اکالیپتوس..... ۶۸
- ۶۸-۴-۸-۳-۱-غلظت سرب، روی و مس در تیمار خاک با EDTA..... ۶۸
- ۶۸-۴-۸-۳-۲-غلظت سرب، روی و مس در تیمار خاک با DTPA..... ۶۸
- ۶۹-۴-۹-وزن خشک گیاه کهور تحت تیمارهای EDTA و DTPA..... ۶۹
- ۷۰-۴-۱۰-شاخص تحمل کهور تحت تیمارهای EDTA و DTPA..... ۷۰
- ۷۱-۴-۱۱-وزن خشک گیاه اکالیپتوس تحت تیمارهای EDTA و DTPA..... ۷۱
- ۷۲-۴-۱۲-شاخص تحمل اکالیپتوس تحت تیمارهای EDTA و DTPA..... ۷۲
- ۷۳-۴-۱۳-فاکتور انتقال فلزات سرب، روی و مس تحت تیمارهای EDTA و DTPA گونه کهور (*P. cineraria*)..... ۷۳
- ۷۴-۴-۱۴-فاکتور انتقال فلزات سرب، روی و مس تحت تیمارهای EDTA و DTPA در گونه اکالیپتوس..... ۷۴
- ۷۶-۴-۱۵-بررسی کارایی گیاه‌پالایی و ضرایب مربوطه..... ۷۶
- ۷۶-۴-۱۵-۱-فاکتور غلظت (BCF) فلز سرب تحت تیمار EDTA و DTPA برای گونه کهور و اکالیپتوس..... ۷۶
- ۷۷-۴-۱۵-۲-فاکتور غلظت (BCF) فلز روی تحت تیمار EDTA و DTPA برای گونه کهور و اکالیپتوس..... ۷۷
- ۷۹-۴-۱۵-۳-فاکتور غلظت (BCF) فلز مس تحت تیمار EDTA و DTPA برای گونه کهور و اکالیپتوس..... ۷۹
- ۷۹-۴-۱۵-۴-مقایسه بین BCF اندام‌های هوایی و زیرزمینی سرب، روی و مس تحت تیمار EDTA و DTPA در گونه کهور..... ۸۱

۵-۱۵-۴- مقایسه بین BCF اندام‌های هوایی و زیرزمینی سرب، روی و مس تحت تیمار EDTA و DTPA	
در گونه اکالیپتوس	۸۲
۱۶-۴- نتیجه گیری	۸۳
۱۷-۴- پیشنهادات	۸۶
منابع	۸۷

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۱: تعداد و درصد فراوانی عناصر	۷
جدول ۱-۲: خصوصیات شیمیایی برخی عناصر سنگین	۸
جدول ۱-۳: تعداد و درصد فراوانی تیره‌های گیاهی	۲۴
جدول ۱-۴: مزایا و معایب گیاه‌پالایی	۲۴
جدول ۱-۵: درصد جذب فلزات در گیاهان فرارناباشت	۲۶
جدول ۱-۶: گیاهان مناسب برای گیاه‌پالایی	۲۷
جدول ۳-۱: روش‌های اندازه‌گیری خصوصیات خاک	۴۴
جدول ۳-۲: مواد افزوده شده به خاک	۴۵
جدول ۴-۱: تشریح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش	۵۲
جدول ۴-۲: نتایج تجزیه واریانس غلظت سرب اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه <i>P. cineraria</i> و <i>Eu. camaldulensis</i>	۵۶
جدول ۴-۳: نتایج تجزیه واریانس غلظت روی اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه <i>P. cineraria</i> و <i>Eu. camaldulensis</i>	۵۹
جدول ۴-۴: نتایج تجزیه واریانس غلظت مس اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه <i>P. cineraria</i> و <i>Eu. camaldulensis</i>	۶۵
جدول ۴-۵: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تیمار شده با EDTA و DTPA برای گیاه <i>P. cineraria</i>	۶۷
جدول ۴-۶: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تیمار شده با EDTA و DTPA برای گیاه <i>Eu. camaldulensis</i>	۶۹
جدول ۴-۷: شاخص تحمل و وزن خشک گونه <i>P. cineraria</i> تحت تیمارهای EDTA و DTPA	۷۱
جدول ۴-۸: شاخص تحمل و وزن خشک گونه <i>Eu. Camaldulensis</i> تحت تیمارهای EDTA و DTPA	۷۲
جدول ۴-۹: فاکتور انتقال، سرب، روی و مس تحت تیمارهای EDTA و DTPA در گونه <i>P. cineraria</i>	۷۴
جدول ۴-۱۰: فاکتور انتقال، سرب، روی و مس تحت تیمارهای EDTA و DTPA در گونه <i>Eu. Camaldulensis</i>	۷۵
جدول ۴-۱۱: مقادیر BCF سرب در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه تحت تیمارهای متفاوت EDTA و DTPA	۷۷

جدول ۴-۱۲ مقادیر BCF روی در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه تحت تیمارهای متفاوت EDTA و DTPA	۷۹
جدول ۴-۱۳ مقادیر BCF مس در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه تحت تیمارهای متفاوت EDTA و DTPA	۸۱
جدول ۴-۱۴ مقایسه BCF سرب، روی و مس ریشه و اندام هوایی <i>P. cineraria</i> تحت تیمار EDTA و DTPA	۸۲
جدول ۴-۱۵ مقایسه BCF سرب، روی و مس ریشه و اندام هوایی <i>Eu.camaldulensis</i> تحت تیمار EDTA و DTPA	۸۳

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

۱۴	شکل ۱-۱ فرایندهای مختلف گیاه‌پالایی.....
۲۳	شکل ۱-۲ نمودار درصد جذب عناصر آلاینده توسط مکانیزم‌های جذب گیاه.....
۴۲	شکل ۳-۱ نقشه مطالعاتی منطقه.....
۴۳	شکل شماره ۳-۲ محل برداشت خاک.....
۴۶	شکل ۳-۳ کاشت بذر کهور.....
۴۶	شکل ۳-۴ جوانه زنی کهور.....
۴۷	شکل ۴-۵ برداشت نهال‌ها.....
۴۹	شکل ۳-۶ دستگاه کوره الکتریکی.....

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

خاک و آب منابع باارزشی هستند که باتوجه به رشد بی‌رویه جمعیت و افزایش نیاز به غذا و تولیدات گیاهی متأسفانه مورد بهره‌برداری شدید قرار گرفته‌اند (Iqbal Lone et al., 2008). در این راستا تولید انبوه فرآورده‌های صنعتی منجر به آلودگی خاک و آب به انواع مواد آلاینده از جمله فلزات سنگین شده که به نگرانی جدی، در سطح جهانی تبدیل شده است. آنچه که بارز است؛ این است که در چند دهه اخیر در مقایسه با گذشته آگاهی از رشد روز افزون آلودگی منابع سبب شده که توجه به سمت یافتن راه‌حل‌های مناسب برای رفع این مشکل جلب شود (Ferguson and Paszkowski, 2006). عناصر سنگین عناصری هستند که وزن اتمی آنها بیشتر از ۲۰ و جرم مخصوص آنها بزرگتر از ۴ یا ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد (Duffus, 2002). هر چند بعضی از این فلزات برای گیاهان و حیوانات حیاتی هستند، اما اغلب آنها در مقادیر بالا سمی بوده و آگاهی از میزانی از آنها که باعث آلودگی خاک و آب می‌شود ضروری است (Adriano, 2001). اکثر روش‌های سمیت‌زدایی و غیرفعال‌سازی ترکیبات آلوده از خاک، براساس روش‌های فیزیکی و شیمیایی هستند که هزینه‌بر بوده و کاربری اراضی برای تولید محصول و فعالیت‌های حیاتی خاک را کاهش می‌دهند. روش‌های سنتی نیز علاوه بر صرف زمان زیاد اغلب نیازمند مداخله انسان می‌باشند. بنابراین بهتر است تا حد ممکن از روش‌های بیولوژیک مناسب، مقرون به‌صرفه و طبیعی در محل استفاده شود (Meagher, 2000). در این خصوص گیاه‌پالایی^۱ فناوری استفاده از

گیاهان برای استخراج، کاهش یا محدود کردن انتقال آلاینده‌ها به خاک و آب مورد توجه زیادی قرار گرفته است (Barcelo and Poschenrieder, 2003) که روشی موثر، ارزان قیمت و دوست‌دار محیط‌زیست می‌باشد، هزینه این روش در مقایسه با روش‌های فیزیکی و شیمیایی حدود ۱۰ تا ۱۰۰ برابر کمتر است (Cunningham and Ow, 1996). افزایش تنوع زیستی، ترسیب کربن، حفاظت خاک، زیبایی چشم‌انداز از جمله دیگر مزایای گیاه‌پالایی است (کریمی و بشری، ۱۳۹۰). گیاهان مناسب برای پالایش خاک تحت‌عنوان گونه‌های بیش‌اندوز^۱ هستند که قادر به تجمع فلزات به مقدار ۱۰۰ برابر بیشتر از سایر گیاهان می‌باشند. این گیاهان مکانیسم‌های داخلی دارند که به آنها اجازه می‌دهد تا فلزات را به‌مقداری که برای دیگر گیاهان سمی است، جذب کنند و نسبت به آن مقاومت نشان دهند. این گیاهان به‌طور کامل به وضعیت زیست‌محیطی خاصشان و تجمع زیاد فلزات عادت کرده‌اند که این خصوصیت ممکن است به آنها در دفاع علیه علف‌خواران و آلودگی‌های قارچی کمک کند. صرف‌نظر از گیاهان مورد استفاده، قابلیت دسترسی فلزات سنگین برای ریشه گیاهان به‌عنوان یک فاکتور کلیدی برای محدود کردن کارایی گیاه‌پالایی مورد توجه است (Blaylok *et al.*, 1997). بدین‌منظور کاربرد مواد به‌ساز چون^۲ EDTA, ^۳ DTPA, ^۴ NTA ... برای افزایش قابلیت دسترسی آلاینده‌ها در خاک مورد توجه قرار گرفته است (Sun *et al.*, 2001) که از این میان EDTA پرکاربردترین ماده به‌ساز برای افزایش پتانسیل گیاه‌پالایی بوده است (Saifullah *et al.*, 2009). استفاده از این مواد در خاک‌های آلوده باعث افزایش میزان جذب توسط گیاه و انتقال فلزات از ریشه به اندام‌های هوایی و قابل برداشت گیاه می‌شود (Schmidt,

1-Hyperaccumulator

2-Ethylene Diamine Tetraacetic Acid

3 -DiethyleneTriamine Pentaacetic Acid

4-NitriloTriacetic Acid

2003). نکته مهم در استفاده از این ماده انتخاب غلظت و شیوه مناسب کاربرد آن است، زیرا در غلظت‌های بالا، خطر آبخویی کمپلکس فلز-کلات به آب‌های زیر زمینی وجود دارد (Shibata *et al.*, 2007). به همین دلیل علی‌رغم کارایی EDTA در افزایش پتانسیل گیاه‌پالایی، خطر آبخویی این ماده به آب‌های زیرزمینی کاربرد آن را محدود کرده است. همچنین DTPA یک پلی کربوکسیلیک اسید و عامل کیلیت کننده^۱ شبیه EDTA است که قابلیت استخراج و تعیین فلزاتی نظیر آهن، منگنز، مس و روی را از خاک‌های آهکی و خنثی دارد (Leggett and Argyle, 1983). که با رهاسازی عناصر از فاز جامد به درون فاز محلول خاک، و در نتیجه جذب عناصر بوسیله ریشه گیاه نقش مهمی در تأمین نیاز به عناصر گیاهان ایفا می‌کند (Jopony and Young., 1987).

۲-۱- ضرورت تحقیق

امروزه با توجه به رشد روزافزون صنایع و آلودگی شدید پساب‌های صنعتی و هم‌جواری مراکز صنعتی، شهری و کشاورزی در بیشتر نقاط کشور و همچنین نفوذ آلودگی‌ها به منابع سطحی و زیرزمینی آب، آلودگی گسترده و غیرمتمرکز پساب کارخانجات صنعتی و خاک‌های مجاور آنها به یک نگرانی جدی تبدیل شده است و یافتن راه‌حلهایی برای رفع این خطرات پیش از بروز فاجعه‌ای زیست محیطی و غیرقابل جبران در بسیاری از نقاط کشور ضروری می‌باشد. از جمله می‌توان به آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین اشاره کرد که یک مشکل جدی برای زیست‌بوم و سلامتی انسان محسوب می‌گردد و مقابله با آن مستلزم استفاده از روش‌های پالایش آلودگی است که در این راستا گیاه‌پالایی به‌عنوان یک روش مورد قبول برای جابجایی و یا غیرفعال کردن فلزات در خاک‌های آلوده توصیه شده است (Gohre and Paszkowki, 2006). منابع موجود در این

زمینه ضمن بررسی اثر عوامل مختلف در شرایط خاک و کشت گیاهان گوناگون نتایج گسترده و پراکنده‌ای ارائه نموده‌اند. به نظر می‌رسد که در زمینه بکارگیری گیاهان مختلف در جهت کاهش آلودگی خاک، نیاز به تحقیقات جامع‌تری است که می‌تواند با توجه به تنوع آلودگی‌ها، نوع خاک و گیاه و عوامل موثر در کارایی گیاه‌پالایی نتایج متفاوتی داشته باشد. تحقیقات انجام شده در زمینه گیاه‌پالایی و گونه‌های بیش‌اندوز بیشتر در خارج از کشور صورت گرفته و در ایران این تحقیقات هنوز به صورت جدی انجام نگرفته است. با توجه به اهمیت و جایگاه روش گیاه‌پالایی به عنوان یک روش جدید و متناسب زیست محیطی برای پالایش یا کاهش آلودگی فلزات سنگین از خاک‌ها و منابع آب آلوده بدین منظور تحقیق حاضر جهت بررسی اثرات EDTA و DTPA در پتانسیل گیاه‌پالایی گونه‌های کهور (*prosopis cineraria*) و اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) برای جذب فلزات سنگین سرب، روی و مس از خاک‌های آلوده با فرضیات ذیل صورت گرفت:

۳-۱- فرضیات تحقیق

- ۱- میزان گیاه جذبی در دو گونه کهور و اکالیپتوس یکسان نمی‌باشد؛
- ۲- تاثیر غلظت های EDTA و DTPA در گیاه جذبی عناصر سرب، روی و مس به یک میزان نمی‌باشد.

۴-۱- اهداف تحقیق

اهداف مورد نظر در این تحقیق عبارتند از:

- مقایسه میزان گیاه جذبی عناصر سرب، روی و مس توسط دو گونه کهور و اکالیپتوس؛
- تعیین بهترین غلظت EDTA و DTPA در افزایش گیاه جذبی عناصر سرب، روی و مس.

۵-۱- کلیات

۵-۱-۱- تعریف آلودگی

آلودگی به صورت وارد شدن سطوحی از مواد یا انرژی برای به مخاطره انداختن سلامتی انسان و زیان رساندن به منابع حیاتی و سیستم‌های اکولوژیک و یا تخریب و از بین بردن مطبوعیت محیط‌زیست تعریف می‌شود (Caaney, 1993).

۵-۱-۲- تعریف فلز سنگین

عناصر سنگین عناصری هستند که وزن اتمی آنها بیشتر از ۲۰ و جرم مخصوص آنها بزرگتر از ۴ یا ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد (Duffus, 2002). رایج‌ترین فلزات سنگین شامل Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, و Cd می‌باشد. همچنین واژه فلزات سنگین به فلزات و شبه فلزات بر می‌گردد که چگالی بیشتر از 5 gr/cm^3 دارند که معمولاً با آلودگی و سمیت همراه هستند (معراجی و همکاران، ۱۳۸۸). فلزات سنگین مهم‌ترین ترکیبات معدنی آلاینده خاک هستند. میکروارگانیزم‌های خاک تنها قادر به تجزیه آلاینده‌های آلی هستند، و به همین دلیل برای تجزیه میکروبی فلزات نیاز به آلی شدن یا تغییرات فلزی آنها وجود دارد که امروزه از گیاهان برای این بخش استفاده می‌شود (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰). در بین عناصر گوناگون جذب شده توسط گیاه عناصر روی، سرب، مس و نیکل نسبت به بقیه بیشتر مورد جذب واقع شده‌اند که میزان جذب عناصر در جدول ۱-۱ ارائه شده است (امیری و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۱-۱. تعداد و درصد فراوانی عناصر

عناصر	Zn	Pb	Cu	Ni	Cd	Cr	Mn	Fe	Se	As	He	Co	Mg Ca,	بقیه عناصر
تعداد	۱۹۸	۱۷۶	۱۷۱	۱۱۸	۸۲	۶۸	۵۸	۵۱	۴۸	۳۹	۳۴	۲۷	۱۱	کمتر از ۱۰
درصد	۱۶/۴	۱۴/۵۸	۱۴/۱۶	۹/۷۷	۶/۸	۵/۶۳	۴/۸	۴/۲۲	۳/۹۷	۲۳/۳	۲/۸۱	۲/۲۳	۰/۹۱	کمتر از ۰/۸

۱-۲-۵-۱- منابع فلزات سنگین

آلودگی محیط به این فلزات معمولاً نتیجه فعالیت‌های صنعتی از قبیل استخراج معادن، تصفیه فلزات، آب فلزکاری، بخارات آگروزها، تولیدات انرژی و سوخت، کاربرد کودها و سموم و بازیافت زباله‌های شهری می‌باشد (Kabata-Pendias and Pendias, 2001).

۱-۲-۵-۲- کلیاتی در مورد سرب، روی و مس

۵۳ عنصر از ۹۰ عنصر موجود در طبیعت فلز سنگین محسوب می‌شوند که در بین این فلزات می‌توان سرب، روی، مس، کادمیوم، جیوه، نقره و آرسنیک را نام برد (Weast, 1984). در زیر به شرح پاره‌ای از خصوصیات سرب، روی و مس پرداخته می‌شود. در جدول ۱-۲ به برخی از خصوصیات شیمیایی این سه فلز سنگین اشاره می‌شود.