



۹۴۲۰۷



دانشگاه سقز

گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی
پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان

بررسی تأثیر افزودنی های آلی و معدنی در افزایش جذب فلزات سنگین توسط
چند گونه گیاهی

استاد راهنما

دکتر احمد گلچین

استاد مشاور

دکتر حسین بشارتی

نگارش

زینب سرمدی

۱۳۸۷/۲۲/۱۳

پاییز ۱۳۸۶

۹۴۲۵۷



دانشگاه زنجان

باسمه تعالی

تاریخ: ۸۶/۹/۲۱
شماره: ۲۰۰۹۷

صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات و با استعانت از حضرت ولی عصر (عجل الله تعالی فرجه) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم زینب سرمدی رشته خاکشناسی گرایش شیمی و حاصلخیزی خاک تحت عنوان بررسی تأثیر افزودنی های آلی و معدنی مختلف بر جذب فلزات سنگین از خاک توسط چند گونه گیاهی که در تاریخ ۸۶/۹/۲۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزار گردید به شرح زیر است:
قبول (با درجه: عالی امتیاز: ۱۹) دفاع مجدد
عالی (۲۰-۱۸) مردود

بسیار خوب (۱۶-۱۷/۹۹)
خوب (۱۴-۱۵/۹۹)
قابل قبول (۱۲-۱۳/۹۹)

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	(رتبه علمی)	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر احمد گلچین	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکتر حسین بشارتی	استادیار	
۳- استاد ممتحن	دکتر علیرضا واعظی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	دکتر محمد امیر دلاور	استادیار	
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد امیر دلاور	استادیار	

دکتر نعمت اوج ارشدی
مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه زنجان
باسمه تعالی
فرخنده

تقدیم به :

پدرم،

استوارترین پشتوانه زندگی ام، که با گرمی آفتاب
وجودش و فروزش مهرش، زندگی ام را روشنی بخشیده و
هستی ام در کنار لطف با صفایش جاودان است.

مادرم،

دل انگیزترین رایحه مهر، که با دریای زلال محبتش
موجب رشد و هدایت من شد و چراغ زندگی ام به وجود
نگاه گرمش روشن است.

همسر، برادر و خواهران عزیزم،

که با فداکاریها، مهربانیها و عطوفت بیکرانشان
دوران تحصیل را بر من آسان نمودند.

به نام قادر مطلق

آنچه توانسته ایم لطف خدا بوده است

سپاس یگانه‌ایی که حضورش همواره روح پویایی را در زندگیم می‌دمد و آوای هلهه در ستارگان آسمان را نوید می‌دهد. ستایش می‌کنم پدر، مادر و همسر فداکارم را، آنان که هم نوا با آواز چلچله‌ها، مهر در قلبم کاشتید و با چوبیار جاری دیدگانشان سیرابم کردند، فرشتگانی که گرمای کوچک دل جز آغوش پرمهرشان نیست، چه بگویم و چگونه بگویم که بخار قله‌های ایثارشان هم نیستم، نور وجودشان همواره پر فروغ باد.

از استاد راهنمای بزرگووارم جناب آقای دکتر احمد گلچین که فکرشان همواره شکفتن و قلبشان که به وسعت تمامی دنیا جا دارد و جایگاه مهر و محبت است صمیمانه قدردانی می‌نمایم، بزرگ انسانی که به شاگرد همیشه شاگرد در گاهش علم و انسانیت آموختند.

از مشاور محترم جناب آقای دکتر حسین بشارتی که با حضور گرم ایشان توانستم گامی کوچک در پهن دشت لایتناهی علم، معرفت و عرفان بردارم قدردانی می‌نمایم.

از مسئولین محترم مرکز تحقیقات زنجان آقایان: مهندس کاخکی، مهندس تکاسی که در نمونه برداری مرا یاری کردند، تشکر می‌کنم.

از گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان و آقای خالقی به خاطر همکاری در اجرای پایان نامه و در اختیار گذاشتن گلخانه نهایت تشکر را دارم.

از همکلاسی های محترم آقایان زارع، خادم، معمار کوچه باغ و عبدالله نیا که در طول این دوره از کمک های خالصانه ایشان همواره برخوردار بوده ام صمیمانه تشکر می‌نمایم.

در پایان از زحمات دوستان عزیزم، خانم‌ها مهندس فرزانه حسینی، رزا فخری، فاطمه کیفی، فرحناز ایمانی خواه، ثریا کرمی، الهام نصراللهی، فاطمه بحرینی، ندا کلاهی، مریم بختیاری، نسترن مهری، و آقایان مهندس بیات، شفیع‌ی، آتش نما و کلیه افرادی که در انجام این پایان نامه از راهنمایی های آنها برخوردار بوده ام صمیمانه تشکر می‌نمایم.

چکیده

آلودگی خاک به فلزات سنگین از آلودگی های مهم زیست محیطی است که وسعت زیادی را به خود اختصاص می دهد و می تواند مشکلاتی را برای سلامتی انسان و دام در سطح جهان به وجود آورد. بسیاری از تکنیک های اصلاحی برای رفع آلودگی از چنین خاک هایی بسیار پر هزینه است و می تواند بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز تأثیر منفی داشته باشد. بنابراین وجود یک تکنیک کم هزینه که از لحاظ زیست محیطی نیز مفید باشد لازم و ضروری بنظر می رسد. گیاه پالایی یک تکنیک ابتکاری، اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای اصلاح برخی مکان های آلوده به فلزات سنگین است. که در آن از گیاهان مقاوم به فلزات سنگین برای جذب فلزات از خاک استفاده می شود. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر افزودنی های آلی و معدنی مختلف بر افزایش قابلیت جذب عناصر Zn، Pb، Cd توسط گیاهان مختلف در یک خاک آلوده بود. با مطالعات انجام شده در مناطق آلوده به فلزات سنگین در زنجان و تجزیه گونه های گیاهی این مناطق مشاهده شده که برخی گونه های گیاهی که شامل گیاهان زراعی و مرتعی می باشند مقادیر زیادی فلزات سنگین را جذب می کنند که در این تحقیق از میان این گونه ها گیاهان خردل، از مک، یال اسبی، چاودار، ذرت، جو و یولاف انتخاب شدند. پنج نوع افزودنی مختلف شامل EDTA (۱/۵ گرم در کیلوگرم)، بقایای گیاهی یونجه (۰/۲)، اسیدسیتریک (۰/۰۰۷۶ گرم در کیلوگرم)، اسیدسولفوریک (۰/۰۶ گرم در کیلوگرم) و کلوروسدیم (۴/۲۸ گرم در کیلوگرم خاک)، به یک خاک آلوده به فلزات سنگین که از مجاورت شرکت روی سازان استان زنجان تهیه شده بود، اضافه گردیدند. نمونه های تیمار شده در گلدان های ۲ کیلوگرمی ریخته شدند و در گلدان ها هفت گیاه زراعی و مرتعی مختلف کشت گردیدند. گلدان ها به مدت ۴۵ روز در شرایط گلخانه ای و در رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری شدند. بعد از گذشت مدت زمان مذکور، قست هوایی و ریشه گیاهان برداشت شده و بعد از شستشو و خشک کردن، غلظت عناصر Zn، Pb، Cd، Fe و Mn توسط دستگاه جذب اتمی در عصاره هضم شده آنها قرائت شد. برای بررسی تأثیر افزودنی های مختلف بر توزیع عناصر مختلف در اجزاء شیمیایی خاک، نمونه خاکی که در آن جو کشت شده بود به روش تیسر جزء به جزء گردید و غلظت عناصر مختلف در اجزاء مختلف شیمیایی اندازه گیری شد.

مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن نشان داد که EDTA بهترین افزودنی برای افزایش قابلیت جذب عناصر از بین پنج افزودنی مختلف است. برای عنصر سرب گیاه یال اسبی همراه با افزودنی EDTA با غلظت ۶۲۸/۹ میلی گرم در کیلوگرم، برای عنصر آهن گیاه خردل همراه با EDTA با غلظت ۱۵۲۸ میلی گرم در کیلوگرم و گیاه از مک همراه با افزودنی شوری

با غلظت ۱۵۲۲ میلی گرم در کیلوگرم، برای عنصر روی گیاهان خردل و چاودار همراه با افزودنی EDTA به ترتیب با غلظت ۵۷۵۵ و ۵۷۳۳ میلی گرم در کیلوگرم، برای عنصر منگنز گیاه چاودار همراه با افزودنی EDTA با غلظت ۳۳۷/۲ میلی گرم در کیلوگرم و گیاه ذرت همراه با افزودنی ماده آلی با غلظت ۳۳۵/۶ میلی گرم در کیلوگرم و برای عنصر کادمیم گیاه خردل همراه با EDTA با غلظت ۱۶۴/۳ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین غلظت را در بخش هوایی خود دارا می باشند. اما چون علاوه بر غلظت، بیوماس تولیدی هم بر عناصر جذب شده تأثیر گذار است، و تیمارهای مورد استفاده غیر از اسیدسولفوریک و اسیدسیتریک، همه وزن خشک گیاهان را کاهش دادند، لذا کاربرد EDTA علی رغم افزایش غلظت عناصر در بافت های گیاهی فقط برای افزایش روی جذب شده مؤثر بود. افزودنی ماده آلی برای افزایش منگنز جذب شده، افزودنی های اسیدسیتریک و اسیدسولفوریک برای افزایش سرب جذب شده، افزودنی شوری برای افزایش آهن جذب شده، افزودنی EDTA برای افزایش روی جذب شده و افزودنی اسیدسولفوریک برای افزایش کادمیم جذب شده از سایر افزودنی ها مؤثرتر بودند. از میان گیاهان مورد مطالعه ذرت بیشترین مقدار جذب را برای تمام عناصر داشت. نتایج حاصل از عصاره گیری متوالی خاک نشان داد که آهن و منگنز در جزء باقی مانده، سرب در جزء کربناتها، روی در جزء اکسیدها و کادمیم در جزء اکسیدها و کربناتها تجمع بیشتری نسبت به سایر اجزاء دارند. با توجه به نتایج بدست آمده برای افزایش مقدار فلز جذب شده از خاک و اصلاح خاک ها بهتر است از گیاهانی استفاده شود که ماده خشک زیادی تولید کنند و افزودنی های معدنی و آلی مصرفی تا حدی غلظت عناصر سنگین را در بافتهای گیاهی بالا ببرند که باعث کاهش رشد و بیوماس تولیدی نشوند.

واژه های کلیدی: اسید سیتریک، اسیدسولفوریک، EDTA، تشدید جذب، شوری، فلزات سنگین، گیاه پالایی، ماده آلی.

فصل اول: مقدمه

۱	مقدمه
۴	بررسی کمی و کیفی آلاینده‌های زیست محیطی استان زنجان
۵	اهداف

فصل دوم: بررسی منابع

۶	فلزات سنگین و عوامل مؤثر بر قابلیت جذب آنها
۶	۱-۲- روی
۷	۲-۲- منگنز:
۹	۳-۲- کادمیوم:
۱۱	۴-۲- سرب
۱۳	منابع آلودگی خاکها به کادمیوم و سرب
۱۳	- استخراج معادن و ذوب فلزات
۱۴	فرم شیمیایی فلزات سنگین در خاک
۱۵	معضل فلزات سنگین:
۱۶	پاکسازی و اصلاح خاک‌های آلوده:
۱۷	تکنولوژی سبزی: مفهوم ساده و با صرفه
۲۱	تاریخچه گیاه پالایی:
۲۲	تاریخچه جذب فلزات با استفاده از گونه‌های ابرجاذب:
۲۴	Phytoextraction:
۲۴	۱- مقایسه Phytoextraction با سایر تکنولوژی های پالایش:
۲۵	انتقال در گیاه:
۲۷	۲- افزایش Phytoextraction:
۲۹	۳- گیاهان ابرجاذب:
۳۲	۳-۱- ابرجاذب های فلزات مختلف:
۳۲	۱-۳-۱- نیکل:

۳۳	.....: ۲-۳-۱- روی
۳۴	.....: ۳-۳-۱- کادمیوم
۳۴	.....: ۴-۳-۱- سرب
۳۵	.....: ۵-۳-۱- مس
۳۶	.....: ۶-۳-۱- کبالت
۳۶	.....: ۷-۳-۱- منگنز
۳۶	.....: ۳-۲- ویژگی گیاهان ابرجاذب
۳۷	.....: ۳-۳- مکانیسم های مقاومت به فلزات سنگین
۳۸	.....: ۳-۴- مکانیسم های سمیت زدایی در گیاهان
۳۹	.....: ۳-۵- عوامل مؤثر در جذب فلزات سنگین
۳۹	.....: ۱-۳-۵- تأثیر pH خاک در جذب فلزات سنگین
۴۰	.....: ۲-۳-۵- تأثیر بافت خاک در قابلیت جذب فلزات سنگین
۴۱	.....: ۳-۳-۵- تأثیر کلات کننده ها بر افزایش جذب فلزات سنگین
۴۴	.....: ۴-۳-۵- کاربرد مواد آلی و تأثیر آن بر جذب فلزات سنگین
۴۴	.....: ۵-۳-۵- تأثیر کاربرد گوگرد بر جذب فلزات سنگین
۴۵	.....: فلزات سنگین در خاک
۴۶	.....: عصاره گیری متوالی
۴۷	.....: روشهای عصاره گیری متوالی
۴۹	.....: محدودیتهای عصاره گیری متوالی

فصل سوم: مواد و روش ها

۵۲	.....: اعمال تیمارها
۵۳	.....: کاشت، داشت و برداشت
۵۵	.....: کلیات
۵۵	.....: خصوصیات گیاهشناسی گیاهان مورد مطالعه در این تحقیق
۵۵	.....: ازمک
۵۶	.....: خردل
۵۷	.....: یولاف
۵۸	.....: جو

ذرت	۵۹
یال اسبی	۶۰
چاودار	۶۱
هضم نمونه‌های گیاهی	۶۲
عصاره گیری متوالی نمونه‌های خاک	۶۲
تحلیل آماری داده ها	۶۴

فصل چهارم: نتایج و بحث

۱-۴- تأثیر افزودنی های مختلف بر ماده خشک گیاهان	۶۶
۱-۴-۱- تأثیر افزودنی های مختلف بر ماده خشک بخش هوایی گیاهان	۶۶
۱-۴-۲- تأثیر افزودنی های مختلف بر ماده خشک ریشه گیاهان مورد مطالعه:	۶۸
نمودار ۴-۲- تأثیر نوع گیاه بر ماده خشک بافت ریشه گیاهان	۷۰
نمودار ۴-۲- تأثیر نوع گیاه بر ماده خشک بافت ریشه گیاهان	۷۰
۱-۴-۳- تأثیر افزودنی های مختلف بر ماده خشک گیاهان مورد مطالعه:	۷۲
۲-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت فلزات سنگین در بخش هوایی گیاهان مورد مطالعه	۷۴
۱-۲-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت کادمیم بخش هوایی گیاهان مختلف	۷۵
۲-۲-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت منگنز بخش هوایی گیاهان مختلف	۷۸
۳-۲-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت روی بخش هوایی گیاهان مختلف	۸۱
۴-۲-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت آهن در بخش هوایی گیاهان مختلف	۸۵
۵-۲-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت سرب بخش هوایی گیاهان مختلف	۸۸
۳-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت فلزات سنگین در ریشه گیاهان مورد مطالعه	۹۶
۱-۳-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت کادمیم در ریشه گیاهان:	۹۶
۲-۳-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت منگنز در ریشه گیاهان:	۱۰۲
۳-۳-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت روی در ریشه گیاهان:	۱۰۶
۴-۳-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت آهن در ریشه گیاهان:	۱۱۰
۵-۳-۴- اثر افزودنی های مختلف بر غلظت سرب در ریشه گیاهان:	۱۱۴
۴-۴- مقدار عناصر جذب شده در بخش هوایی گیاهان مورد مطالعه	۱۱۹
۱-۴-۴- مقدار کادمیم جذب شده بخش هوایی گیاهان مورد مطالعه	۱۲۰
۲-۴-۴- مقدار منگنز جذب شده در بخش هوایی گیاهان مورد مطالعه	۱۲۱
۳-۴-۴- مقدار روی جذب شده در بخش هوایی گیاهان مورد مطالعه	۱۲۳

- ۴-۴-۴ مقدار آهن جذب شده در بخش هوایی گیاهان مورد مطالعه ۱۲۴
- ۴-۴-۵ مقدار سرب جذب شده توسط بخش هوایی گیاهان مورد مطالعه ۱۲۶
- ۴-۵-۵ مقدار جذب عناصر مختلف در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۲۱
- ۴-۵-۱ مقدار جذب روی در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۳۱
- ۴-۵-۲ مقدار جذب آهن در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۳۶
- ۴-۵-۳ مقدار جذب سرب در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۳۹
- ۴-۵-۴ مقدار جذب کادمیم در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۴۳
- ۴-۵-۵ مقدار جذب منگنز در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۴۷
- ۴-۶-۶ بررسی تأثیر افزودنی های مختلف بر مقدار کل جذب عناصر مختلف توسط گیاهان مورد مطالعه ۱۵۰
- ۴-۶-۱ بررسی تأثیر افزودنی های مختلف بر مقدار جذب کل کادمیم توسط گیاهان مورد مطالعه ۱۵۰
- ۴-۶-۲ بررسی تأثیر افزودنی های مختلف بر مقدار جذب کل روی توسط گیاهان مورد مطالعه ۱۵۲
- ۴-۶-۳ بررسی تأثیر افزودنی های مختلف بر مقدار جذب کل آهن توسط گیاهان مورد مطالعه ۱۵۴
- ۴-۶-۴ بررسی تأثیر افزودنی های مختلف بر مقدار جذب کل سرب توسط گیاهان مورد مطالعه ۱۵۶
- ۴-۶-۵ بررسی تأثیر افزودنی های مختلف بر مقدار جذب کل منگنز توسط گیاهان مورد مطالعه ۱۵۸
- ۴-۷-۷ مقایسه گیاهان مورد مطالعه از لحاظ جذب عناصر مختلف ۱۶۴
- ۴-۸-۸ مقایسه گیاهان مورد مطالعه از لحاظ غلظت عناصر مختلف در بخش هوایی ۱۶۴
- ۴-۹-۹ مقایسه غلظت عناصر غذایی مختلف در ریشه و بخش هوایی گیاهان مورد مطالعه ۱۶۵
- ۴-۱۰-۱۰ اثر افزودنی های مختلف بر توزیع جزء های فلزات سنگین در خاک مورد مطالعه: ۱۶۹
- ۴-۱۰-۱-۱ تأثیر افزودنی های مختلف بر درصد کادمیم در جزء های مختلف خاک: ۱۶۹
- ۴-۱۰-۲-۲ تأثیر افزودنی های مختلف بر درصد منگنز در جزء های مختلف خاک: ۱۷۱
- ۴-۱۰-۳-۳ تأثیر افزودنی های مختلف بر درصد روی در جزء های مختلف خاک: ۱۷۳
- ۴-۱۰-۴-۴ تأثیر افزودنی های مختلف بر غلظت آهن در جزء های مختلف خاک: ۱۷۵
- ۴-۱۰-۵-۵ تأثیر افزودنی های مختلف بر غلظت سرب در جزء های مختلف خاک: ۱۷۶
- نتیجه گیری کلی ۱۸۰
- پیشنهادات ۱۸۲
- منابع ۱۸۳
- پیوستها ۲۰۵

فهرست جداول

- جدول ۴-۱- غلظت برخی عناصر در بقایای یونجه (میلی گرم در کیلوگرم) ۶۵
- جدول ۴-۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد استفاده ۶۶
- جدول ۴-۳- تجزیه واریانس اثر افزودنیهای مختلف بر ماده خشک گیاهان مورد مطالعه ۶۶
- جدول ۴-۴- تأثیر افزودنیهای مختلف بر ماده ۶۷
- جدول ۴-۵- تأثیر نوع گیاه بر ماده خشک بخش هوایی (گرم در گلدان) ۶۷
- جدول ۴-۶- ماده خشک بخش هوایی گیاهان (گرم در گلدان) تحت تأثیر افزودنیهای مختلف ۶۸
- جدول ۴-۷- تجزیه واریانس اثر افزودنیهای مختلف بر ماده خشک ریشه گیاهان مورد مطالعه ۶۹
- جدول ۴-۸- ماده خشک ریشه گیاهان (گرم در گلدان) تحت تأثیر افزودنیهای مختلف ۷۰
- جدول ۴-۹- اثر نوع گیاه بر ماده خشک ۷۳
- جدول ۴-۱۰- اثر افزودنیهای مختلف بر ماده خشک گیاه ۷۳
- جدول ۴-۱۱- ماده خشک گیاهان مختلف (گرم در گلدان) تحت تأثیر افزودنیهای مختلف ۷۴
- جدول ۴-۱۲- تجزیه واریانس اثر افزودنیهای مختلف بر غلظت عناصر مختلف در بخش هوایی گیاهان ۷۴
- جدول ۴-۱۳- تأثیر نوع گیاه بر غلظت کادمیم در بخش هوایی گیاهان ۷۶
- جدول ۴-۱۴- تأثیر افزودنیهای مختلف بر غلظت کادمیم در بخش هوایی گیاه ۷۶
- جدول ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل افزودنیهای مختلف و نوع گیاه بر غلظت کادمیم بخش ۷۸
- جدول ۴-۱۶- تأثیر نوع گیاه بر غلظت منگنز بخش هوایی گیاهان ۷۹
- جدول ۴-۱۷- تأثیر افزودنیهای مختلف بر غلظت منگنز بخش هوایی گیاه ۷۹
- جدول ۴-۱۸- اثر متقابل افزودنیهای مختلف و نوع گیاه بر غلظت منگنز بخش هوایی ۸۱
- جدول ۴-۱۹- تأثیر نوع گیاه بر غلظت روی بخش هوایی ۸۳
- جدول ۴-۲۰- اثر اصلی افزودنیهای مختلف بر غلظت روی بخش هوایی گیاه ۸۳
- جدول ۴-۲۱- اثر متقابل افزودنیهای مختلف و نوع گیاه بر غلظت روی بخش هوایی ۸۴
- جدول ۴-۲۲- تأثیر نوع گیاه بر غلظت آهن در بخش هوایی ۸۶
- جدول ۴-۲۳- تأثیر افزودنیهای مختلف بر غلظت آهن در بخش هوایی گیاه ۸۶
- جدول ۴-۲۴- اثر متقابل افزودنیهای مختلف و نوع گیاه بر غلظت آهن بخش هوایی گیاهان ۸۷
- جدول ۴-۲۵- تأثیر نوع گیاه بر غلظت سرب بخش هوایی ۸۹
- جدول ۴-۲۶- تأثیر افزودنیهای مختلف بر غلظت سرب بخش هوایی گیاه ۸۹
- جدول ۴-۲۷- اثر متقابل افزودنیهای مختلف و نوع گیاه بر غلظت سرب بخش هوایی ۹۲
- جدول ۴-۲۸- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر عناصر جذب شده مختلف در بخش هوایی ۱۱۹
- جدول ۴-۲۹- اثر متقابل افزودنیهای مختلف و نوع گیاه بر مقدار کادمیم جذب شده در بخش هوایی ۱۲۱
- جدول ۴-۳۰- اثر متقابل افزودنیهای مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب منگنز بخش هوایی ۱۲۲

- جدول ۴ -۳۱- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار روی جذب شده در بخش هوایی ۱۲۴
- جدول ۴ -۳۲- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار آهن جذب شده توسط بخش هوایی ... ۱۲۵
- جدول ۴ -۳۳- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار سرب جذب شده توسط بخش ۱۲۷
- جدول ۴ -۳۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب روی در ریشه گیاهان مورد ۱۳۱
- جدول ۴ -۳۵- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب روی در ریشه ۱۳۲
- جدول ۴ -۳۶- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب آهن در ریشه گیاهان مورد ۱۳۶
- جدول ۴ -۳۷- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب آهن ریشه گیاهان مختلف ۱۳۶
- جدول ۴ -۳۸- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب سرب در ریشه گیاهان مورد ۱۳۹
- جدول ۴ -۳۹- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب سرب در ریشه گیاهان ۱۴۰
- جدول ۴ -۴۰- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب کادمیم در ریشه گیاهان مورد ۱۴۳
- جدول ۴ -۴۱- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب کادمیم در ریشه گیاهان ۱۴۳
- جدول ۴ -۴۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب منگنز در ریشه گیاهان مورد ۱۴۷
- جدول ۴ -۴۳- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب منگنز در ریشه گیاهان ۱۴۷
- جدول ۴ -۴۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب کادمیم توسط گیاهان مورد ۱۵۰
- جدول ۴ -۴۵- اثر افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب کادمیم توسط گیاهان (میلی گرم در ... ۱۵۲
- جدول ۴ -۴۶- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب روی توسط گیاهان مورد مطالعه ... ۱۵۲
- جدول ۴ -۴۷- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب روی توسط گیاهان (میلی ۱۵۴
- جدول ۴ -۴۸- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب آهن توسط گیاهان مورد ۱۵۴
- جدول ۴ -۴۹- اثر افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب آهن توسط گیاهان (میلی گرم در ۱۵۶
- جدول ۴ -۵۰- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب سرب توسط گیاهان مورد ۱۵۶
- جدول ۴ -۵۱- اثر افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب سرب توسط گیاهان (میلی گرم در ۱۵۸
- جدول ۴ -۵۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر افزودنی‌های مختلف بر جذب منگنز توسط گیاهان مورد ۱۵۸
- جدول ۴ -۵۳- اثر افزودنی‌های مختلف و نوع گیاه بر مقدار جذب منگنز توسط گیاهان (میلی گرم در ۱۶۰
- جدول ۴ -۵۴- مقادیر فاکتور غلظت و انتقال برای عناصر مختلف در گیاهان مختلف ۱۶۸
- جدول ۴ -۵۵- تجزیه واریانس اثر افزودنی‌ها بر درصد عناصر مختلف در جزءهای مختلف خاک ۱۶۹
- جدول ۴ -۵۶- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و جزء بر درصد کادمیم در هر جزء ۱۷۱
- جدول ۴ -۵۷- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و جزء بر درصد منگنز در هر جزء ۱۷۳
- جدول ۴ -۵۸- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و جزء بر درصد روی در هر جزء ۱۷۵
- جدول ۴ -۵۹- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و جزء بر درصد آهن در هر جزء ۱۷۷
- جدول ۴ -۶۰- اثر متقابل افزودنی‌های مختلف و جزء بر درصد سرب در هر جزء ۱۷۸

فهرست نمودارها

- نمودار ۴-۱- تأثیر نوع گیاه بر ماده خشک بافت ریشه گیاهان..... ۷۰
- نمودار ۴-۲- تأثیر نوع گیاه بر ماده خشک بافت ریشه گیاهان..... ۷۰
- نمودار ۴-۳- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر ماده خشک..... ۷۱
- نمودار ۴-۴- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر ماده خشک ریشه گیاه جو..... ۷۱
- نمودار ۴-۵- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر ماده خشک..... ۷۱
- نمودار ۴-۶- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر ماده خشک ریشه گیاه یال اسبی..... ۷۱
- نمودار ۴-۷- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر ماده خشک..... ۷۱
- نمودار ۴-۸- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر ماده خشک ریشه گیاه ذرت..... ۷۱
- نمودار ۴-۹- غلظت کادمیم در ریشه گیاهان مورد مطالعه..... ۹۷
- نمودار ۴-۱۰- غلظت کادمیم در ریشه ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۰
- نمودار ۴-۱۱- غلظت کادمیم در ریشه خردل تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۰
- نمودار ۴-۱۲- غلظت کادمیم در ریشه یال اسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۰
- نمودار ۴-۱۳- غلظت کادمیم در ریشه چاودار تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۰
- نمودار ۴-۱۴- غلظت کادمیم در ریشه یولاف تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۰
- نمودار ۴-۱۵- غلظت کادمیم در ریشه جو تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۰
- نمودار ۴-۱۶- غلظت منگنز در ریشه گیاهان مورد مطالعه..... ۱۰۲
- نمودار ۴-۱۷- غلظت منگنز در ریشه جو تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۴
- نمودار ۴-۱۸- غلظت منگنز در ریشه یولاف تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۴
- نمودار ۴-۱۹- غلظت منگنز در ریشه چاودار تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۴
- نمودار ۴-۲۰- غلظت منگنز در ریشه یال اسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۴
- نمودار ۴-۲۱- غلظت منگنز در ریشه خردل تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۴
- نمودار ۴-۲۲- غلظت منگنز در ریشه ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۴
- نمودار ۴-۲۳- غلظت روی در ریشه گیاهان مورد مطالعه..... ۱۰۶
- نمودار ۴-۲۴- غلظت روی در ریشه ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۹
- نمودار ۴-۲۵- غلظت روی در ریشه خردل تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۹
- نمودار ۴-۲۶- غلظت روی در ریشه یال اسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۹
- نمودار ۴-۲۷- غلظت روی در ریشه چاودار تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۹
- نمودار ۴-۲۸- غلظت روی در ریشه یولاف تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۹
- نمودار ۴-۲۹- غلظت روی در ریشه جو تحت تأثیر تیمارهای مختلف..... ۱۰۹
- نمودار ۴-۳۰- غلظت آهن در ریشه گیاهان مورد مطالعه..... ۱۱۰

- نمودار ۴-۳۱- غلظت آهن در ریشه ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۳
- نمودار ۴-۳۲- غلظت آهن در ریشه یولاف تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۳
- نمودار ۴-۳۳- غلظت آهن در ریشه چاودار تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۳
- نمودار ۴-۳۴- غلظت آهن در ریشه یال اسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۳
- نمودار ۴-۳۵- غلظت آهن در ریشه خردل تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۳
- نمودار ۴-۳۶- غلظت آهن در ریشه جو تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۳
- نمودار ۴-۳۷- غلظت سرب در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۱۴
- نمودار ۴-۳۸- غلظت سرب در ریشه ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۶
- نمودار ۴-۳۹- غلظت سرب در ریشه خردل تحت ۱۱۶
- نمودار ۴-۴۰- غلظت سرب در ریشه یال اسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۶
- نمودار ۴-۴۱- غلظت سرب در ریشه چاودار تحت ۱۱۶
- نمودار ۴-۴۲- غلظت سرب در ریشه یولاف تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۶
- نمودار ۴-۴۳- غلظت سرب در ریشه جو تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۱۱۶
- نمودار ۴-۴۴- اثر اصلی نوع گیاه بر مقدار کادمیم جذب شده در بخش هوایی ۱۲۰
- نمودار ۴-۴۵- اثر اصلی افزودنی‌های مختلف بر مقدار کادمیم جذب شده در بخش هوایی گیاهان ۱۲۰
- نمودار ۴-۴۶- اثر اصلی نوع گیاه بر مقدار منگنز جذب شده در بخش هوایی ۱۲۲
- نمودار ۴-۴۷- اثر اصلی افزودنی‌های مختلف بر مقدار منگنز جذب شده در بخش هوایی گیاهان ۱۲۲
- نمودار ۴-۴۸- اثر اصلی نوع گیاه بر مقدار جذب روی در بخش هوایی ۱۲۳
- نمودار ۴-۴۹- اثر اصلی افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب روی در بخش هوایی گیاهان ۱۲۳
- نمودار ۴-۵۰- اثر اصلی نوع گیاه بر مقدار جذب آهن در بخش هوایی ۱۲۵
- نمودار ۴-۵۱- اثر اصلی افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب آهن در بخش هوایی گیاهان ۱۲۵
- نمودار ۴-۵۲- اثر اصلی نوع گیاه بر مقدار جذب سرب در بخش هوایی ۱۲۶
- نمودار ۴-۵۳- اثر اصلی افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۲۶
- نمودار ۴-۵۴- مقدار جذب روی در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۳۲
- نمودار ۵۵۴ -- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۳۵
- نمودار ۵۶۴ -- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب روی توسط ریشه گیاه جو ۱۳۵
- نمودار ۵۷۴ -- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۳۵
- نمودار ۵۸۴ -- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب روی توسط ریشه گیاه یال اسبی ۱۳۵
- نمودار ۵۹۴ -- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۳۵
- نمودار ۶۰۴ -- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب روی توسط ریشه گیاه چاودار ۱۳۵
- نمودار ۴-۶۱- مقدار جذب آهن در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۳۷
- نمودار ۴-۶۲- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۳۸

- نمودار ۴-۶۳- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب آهن توسط ریشه گیاه یولاف ۱۳۸
- نمودار ۴-۶۴- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۳۸
- نمودار ۴-۶۵- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب آهن توسط ریشه گیاه ذرت ۱۳۸
- نمودار ۴-۶۶- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۳۸
- نمودار ۴-۶۷- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب آهن توسط ریشه گیاه خردل ۱۳۸
- نمودار ۴-۶۸- مقدار جذب سرب در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۴۰
- نمودار ۴-۶۹- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۲
- نمودار ۴-۷۰- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب سرب توسط ریشه گیاه یولاف ۱۴۲
- نمودار ۴-۷۱- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۲
- نمودار ۴-۷۲- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب سرب توسط ریشه گیاه یال اسبی ۱۴۲
- نمودار ۴-۷۳- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۲
- نمودار ۴-۷۴- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب سرب توسط ریشه گیاه ذرت ۱۴۲
- نمودار ۴-۷۵- مقدار جذب کادمیم در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۴۴
- نمودار ۴-۷۶- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۶
- نمودار ۴-۷۷- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب کادمیم توسط ریشه گیاه یولاف ۱۴۶
- نمودار ۴-۷۸- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۶
- نمودار ۴-۷۹- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب کادمیم توسط ریشه گیاه یال اسبی ۱۴۶
- نمودار ۴-۸۰- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۶
- نمودار ۴-۸۱- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب کادمیم توسط ریشه گیاه ذرت ۱۴۶
- نمودار ۴-۸۲- مقدار جذب منگنز در ریشه گیاهان مورد مطالعه ۱۴۸
- نمودار ۴-۸۳- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۹
- نمودار ۴-۸۴- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب منگنز توسط ریشه گیاه یولاف ۱۴۹
- نمودار ۴-۸۵- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۹
- نمودار ۴-۸۶- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب منگنز توسط ریشه گیاه یال اسبی ۱۴۹
- نمودار ۴-۸۷- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب ۱۴۹
- نمودار ۴-۸۸- تأثیر افزودنی‌های مختلف بر مقدار جذب منگنز توسط ریشه گیاه ذرت ۱۴۹
- نمودار ۴-۸۹- مقایسه گیاهان در مقدار جذب کادمیم ۱۵۱
- نمودار ۴-۹۰- مقایسه گیاهان در مقدار جذب روی ۱۵۳
- نمودار ۴-۹۱- مقایسه گیاهان در مقدار جذب آهن ۱۵۵
- نمودار ۴-۹۲- مقایسه گیاهان در مقدار جذب سرب ۱۵۷
- نمودار ۴-۹۳- مقایسه گیاهان در مقدار جذب منگنز ۱۵۹
- نمودار ۴-۹۴- مقایسه غلظت عناصر مختلف در ریشه ۱۶۶

- نمودار ۴-۹۵- مقایسه غلظت عناصر مختلف در ریشه و بخش هوایی گیاه یولاف..... ۱۶۶
- نمودار ۴-۹۶- مقایسه غلظت عناصر مختلف..... ۱۶۶
- نمودار ۴-۹۷- مقایسه غلظت عناصر مختلف در ریشه و بخش هوایی گیاه یال اسبی..... ۱۶۶
- نمودار ۴-۹۸- مقایسه غلظت عناصر مختلف..... ۱۶۶
- نمودار ۴-۹۹- مقایسه غلظت عناصر مختلف..... ۱۶۶
- نمودار ۴-۱۰۰- اثر اصلی جزءها بر توزیع کادمیم در خاک..... ۱۷۰
- نمودار ۴-۱۰۱- اثر اصلی جزءها بر توزیع منگنز در خاک..... ۱۷۲
- نمودار ۴-۱۰۲- اثر اصلی جزءها بر توزیع روی در خاک..... ۱۷۳
- نمودار ۴-۱۰۳- اثر اصلی جزءها بر توزیع آهن در خاک..... ۱۷۵
- نمودار ۴-۱۰۴- اثر اصلی جزءها بر توزیع سرب در خاک..... ۱۷۷

فصل اول

مقدمه

فصل اول

مقدمه

به طور کلی آلودگی خاک به افزایش غلظت مواد شیمیایی طبیعی و مصنوعی در پروفیل خاک در اثر فعالیت های بشر اشاره می کند (کوپر و همکاران، ۱۹۹۹).

فلزات، رادیو رادیواکتیوها و سایر آلودگی های معدنی، بیشترین اشکال آلودگی خاک و رسوبات را تشکیل می دهند. منابع اولیه این آلودگی ها سوخت های فسیلی، گاز اگزوزها، کارخانجات و معادن سنگ های فلزدار، فاضلاب ها، کودها، علف کش ها و لجن ها می باشند. فلزات سنگین از آلودگی های مهم زیست محیطی هستند و تعداد زیادی از آنها حتی در غلظت های پایین هم سمی هستند. آلودگی زیست کره با فلزات سنگین به طور تأسف باری از زمان انقلاب صنعتی (۱۹۰۰) آغاز شده و رو به افزایش است. در اثر فعالیت انسان مکان های زیادی به فلزات سنگین آلوده شده اند (بروکس و مالائیس، ۱۹۸۵). فعالیت در معادن فلزی مقادیر زیادی پسماند و مواد زاید به جای می گذارد که حاوی مقادیر قابل ملاحظه ای فلزات سنگین می باشند. فلزات سنگین به طور طبیعی در سنگ ها و خاک ها وجود دارند، اما به صورت اشکال غیر قابل جذب برای موجودات زنده هستند. در اثر فعالیت انسان در فرآیندهای صنعتی و کارخانجات و افزایش پسماندهای ناشی از این

فعالیت ها، مقدار فلزات سنگین و آزاد سازی آنها در محیط افزایش یافته است. بدین گونه در مقیاس وسیعی خاکها و آبها به فلزات سنگین آلوده شده (بلی لاک، ۱۹۹۹) و مشکلاتی را برای سلامتی انسان و محیط در سطح جهان به وجود آورده است. بسیاری از آلودگی‌های آلی، معدنی، مواد رادیواکتیو و فلزات، قادر به تغییر شکل به صورت شیمیایی و بیولوژیکی نیستند، اگر چه امکان کاهش سمیت فلزات معینی وجود دارد ولی آنها در محیط باقی می‌مانند (عراضی و همکاران، ۱۹۹۹).

امروزه فلزات سنگین در آب آشامیدنی، هوا و خاک به فراوانی یافت می‌شوند (بروکس و همکاران، ۱۹۷۷). مناطق وسیعی از خاکهای کشاورزی توسط فلزات سنگین در اشکال و انواع مختلف، آلوده شده اند. بالا بودن غلظت فلزات سنگین در خاک باعث افزایش جذب آنها توسط گیاهان می‌شود. وجود فلزات در غذای انسان مسمومیت ایجاد می‌کند و باعث بروز بیماری‌هایی در انسان می‌شود. به عنوان مثال روی و کادمیم، روی قنط و ریه مؤثرند. بالا بودن غلظت فلزات سنگین در خاک بر رشد گیاهان نیز تأثیر منفی دارد و با تأثیر روی فرآیندهای متابولیکی و توقف رشد، باعث مرگ گیاه می‌شوند (گلچین و همکاران، ۱۳۸۴).

تأثیر آلودگی‌ها بر رشد گیاه به مقدار کل آلودگی در خاک، نسبتی از آن که در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و توانایی گیاه در جذب و انتقال آلودگی از خاک به ریشه بستگی دارد.

گیاهان فقط عناصر غذایی و مواد مورد نیاز برای رشد طبیعی خود را جذب نمی‌کنند، بلکه سایر ترکیبات که به فرم قابل جذب در محیط رشدشان وجود دارد را نیز جذب می‌کنند. در دسترس بودن هر عنصر برای گیاه در خاک توسط فرم شیمیایی آن و موقعیتش در خاک تعیین می‌شود. بیشتر عناصر قابل جذب، عناصری هستند که به صورت یون یا کمپلکس‌های محلول در آب خاک وجود دارند و عناصری که با پیوند های محکم درون ساختمان جامدات هستند، مثل عناصری که در شبکه کریستالی کانی‌های اولیه وجود دارند، قابلیت جذب کمتری دارند (کوپر و همکاران، ۱۹۹۹). زندگی در محیطی که در آن مقادیر زیادی فلزات سنگین مضر وجود دارد خیلی مشکل است. ما می‌توانیم این آلودگی‌ها را با روش