

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه پیام نور
مرکز نجف آباد

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته زیست شناسی - علوم گیاهی
دانشکده علوم
گروه علمی زیست شناسی

عنوان پایان نامه :

فلزات سنگین در برخی از گیاهان آبی و رسوبات رودخانه زاینده
رود در شهرستان اصفهان

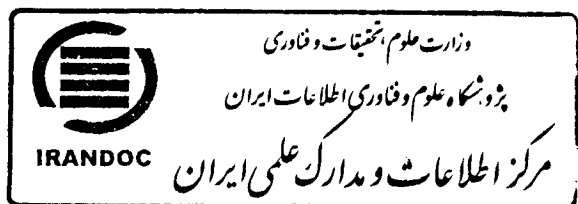
اساتید راهنما :

دکتر مهدی یوسفی
دکتر حسین صلواتی

نگارش :

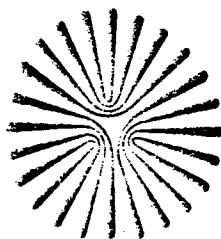
زهرا میرحکاک اصفهانی

اردیبهشت ماه ۱۳۸۹



۱۵۰۱۱۰

۱۳۸۹/۱۰/۲۰



تاریخ: ۲۸ بهمن ۱۳۸۹

شماره: ۰۳۱۲/۲۴۷۲

پیوست:

دانشگاه پیام نور «مرکز نجف آباد»

باتعالی

تصویب پایان نامه / رساله

پایان نامه/رساله عنوان: فلزات سنگین دربرخی از گیاهان آبزی ورسوبات رودخانه زاینده رود
درشهرستان اصفهان

که توسط خانم زهرا میرحکاک اصفهانی درمرکز نجف آباد تهیه وبه هیأت داوران ارائه گردیده است مورد
تائید می باشد. تاریخ دفاع: ۸۹/۰۲/۲۵ نمره: ۱۹,۸۷ درجه ارزشیابی: عالی

اعضاء هیأت داوران:

نام ونام خانوادگی

هیات داوران

مرتبه علمی

امضاء

دکتر مهدی یوسفی

استاد راهنما

استاد

دکتر حسین صلواتی

استاد راهنمای
دوم

استاد

دکتر شکوفه انتشاری

داور داخلی

استاد

دکتر نوراله میرغفاری

داور خارجی

استاد

نماینده تحصیلات تکمیلی

دکتر حسین اشراقی

تقدیم به:

مادر مرحوم عزیز و پدر گرامیم

که در همه مراحل زندگی همواره حامی و پشتیبان من بودند.

و همسر عزیزم

که یار و همراه و بهترین مشوق من در زندگی و سال های تحصیل بود.

و فرزندان عزیزم

که همواره دوست و یاور من بودند.

و خواهران و برادران عزیزم

سپاسگزاری

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربتست و به شکر اندرش مزید نعمت. حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود همه و همه را از مهر و لطف آفرید و نور ایمان و دانش را در دل بندگان خود روشنی بخشید. به نام و ستایش آنکه همیشه بوده و همیشه هست و همیشه خواهد بود، خدای بزرگ دانا و بخشاینده پاک که دادگری نیک و تواناست، آفریدگار بزرگی که آدمی را با دهش نیروی هوش و دانش بر دیگر آفریدگان شهریاری بخشید.

در طول دوران تحصیل از الطاف و راهنمایی‌ها و محبت‌های بی دریغ اساتید بزرگواری بهره‌مند بودم و شاگردی این عزیزان برای من مایه افتخار است. از اساتید راهنمای گرامیم جناب آقایان دکتر مهدی یوسفی، دکتر حسین صلواتی که با صبر و بزرگواری تمام بنده را راهنمایی، کمک و تحمل نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از اساتید بزرگوار خانم دکتر شکوفه انتشاری و آقای دکتر نوراله میرغفاری که به عنوان داوران داخل و خارج گروه زحمت مطالعه و ارزیابی این پایان نامه را تقبل فرمودند و از راهنمایی‌های ارزنده آنها بهره‌مند شدم نهایت تقدیر و تشکر را می‌نمایم. از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی خانم دکتر اشراقی نیز صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از جناب آقای دکتر مهدی تذهیبی جهت همکاری در زمینه مباحث آماری پایان نامه صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم. از کلیه کارکنان دانشگاه پیام نور مرکز نجف آباد به ویژه آقای ذکریا و خانم صادقی نیز قدردانی و تشکر می‌نمایم. از کلیه عزیزانی که به نحوی در به ثمر رسیدن این پژوهش مرا یاری نموده و در حق من لطف و مساعدت نمودند بی نهایت تشکر و قدردانی نموده و برای همه آنها آرزوی توفیق و سربلندی داشته و برای آنها دعای خیر می‌نمایم.

چکیده

فلزات سنگین از آلاینده های خطرناک زیست محیطی هستند که از طریق رودخانه ها و ورود به زنجیره غذایی موجب بروز خطرات بهداشتی برای انسان، گیاهان و سایر موجودات زنده می شوند. زاینده رود از جمله رودخانه های مرکزی کشور جمهوری اسلامی ایران است که یکی از با ارزش ترین اکوسیستم هاومخازن زیستی کشور در فلات مرکزی ایران با گونه های گیاهی و جانوری خاص می باشد. در سال های اخیر با انجام فعالیتهای مختلف صنعتی و کشاورزی و افزایش جمعیت در حاشیه زاینده رود آب این رودخانه آلوده و حیات آبی آن به خطر افتاده است. گیاهان آبی به عنوان حلقه ای از زنجیره غذایی به واسطه جذب فلزات سنگین می توانند نشانگر افزایش نسبی غلظت این عناصر در آب یا رسوبات اکوسیستم های مورد نظر باشند. استفاده از این گیاهان در پاکسازی آب و خاک های آلوده در روش گیاه پالایشی (Phytoremediation) بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق به منظور تعیین میزان غلظت فلزات روی، کبالت، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، نیکل، کادمیم و نقش گیاهان آبی در جذب و تجمع آنها از شش گونه گیاهی و رسوبات ۴ منطقه فلاورجان، درچه و دو منطقه از پل غدیر اصفهان در حاشیه زاینده رود مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نتایج حاصل نشان داد که بیشترین مقدار متوسط عناصر روی، کبالت، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم در رسوبات به ترتیب برابر با ۵/۰۵، ۲/۶۲، ۳/۳، ۱۹/۹۳۳، ۵۹/۰۴، ۹۸/۵۲۳، ۲۹۵۵/۴، ۸۶/۲۷، ۷۰/۴۷، ۱۲۲۲/۵ ppm اندازه گیری گردید. بیشترین میزان متوسط عناصر روی، کبالت، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم در گیاهان به ترتیب برابر با ۸/۷۵ ppm در گیاه *Ceratophyllum demersum* از پل غدیر اصفهان، ۴/۷۵ ppm در برگ گیاه *Typha latifolia* از پل غدیر اصفهان، ۳/۲۹ ppm در برگ گیاه *Phragmites australis* از پل غدیر اصفهان، ۲۰/۲۳ ppm در برگ گیاه *Lycopus europeaus* از پل غدیر اصفهان، ۱۸/۳۹ ppm در برگ *Polygonum persicaria* از درچه، ۹۷/۶۳ ppm در گیاه *Ceratophyllum demersum* فلاورجان، ۲۷۳۶۷ ppm در ریشه گیاه *Lycopus europeaus* پل غدیر اصفهان، ۸۷/۰۷ ppm در گیاه *Ceratophyllum demersum* از فلاورجان، ۱۵۵/۷ ppm در برگ گیاه *Polygonum persicaria* از پل غدیر اصفهان، ۱۵۱۱/۹ ppm در ساقه *Polygonum persicaria* از درچه ثبت گردید. عناصر نیکل و کادمیم در نمونه ها مشاهده نشد. تفاوت غلظت فلزات در اندام های ریشه، ساقه، برگ، ریزوم و گل آذین گونه های گیاهی در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار و در برخی فلزات در گیاه سراتوفیلوم فاقد تفاوت معنی دار بود. میزان غلظت سرب در گیاهان منطقه پل غدیر اصفهان بیشتر از حد سمیت تعیین شده برای بافت های گیاهی است و نشان دهنده آلودگی شیمیایی است و این مقدار بیش از سه برابر میزان سرب در گیاهان در شرایط طبیعی است که به معنای آلودگی

محیط زیست رودخانه می باشد که در اثر ادامه فعالیت های مذکور و تجمع آلاینده ها حیات موجودات زنده در معرض خطر قرار خواهد گرفت و آثار آن در آینده آشکار خواهد شد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، گیاهان آبی، گیاه پالایشی، زاینده رود، اصفهان.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول : مقدمه

۲	۱-۱- فلزات سنگین
۲	۱-۱-۱- تعریف و طبقه بندی
۲	۱-۱-۲- فلزات سنگین در خاک
۳	۱-۱-۳- مس
۳	۱-۱-۳-۱- ویژگی های شیمیایی و خواص کلی مس
۳	۱-۱-۳-۲- عملکردهای بیولوژیک و سمیت مس
۴	۱-۱-۴- روی
۴	۱-۱-۴-۱- ویژگیهای شیمیایی و خواص کلی روی
۵	۱-۱-۴-۲- عملکردهای بیولوژیک و سمیت روی
۵	۱-۱-۵- سرب
۵	۱-۱-۵-۱- ویژگی های شیمیایی و خواص کلی سرب
۶	۱-۱-۵-۲- عملکرد بیولوژیک و سمیت سرب
۶	۱-۱-۶- کادمیوم
۶	۱-۱-۶-۱- خواص شیمیایی و ویژگی های کلی کادمیوم
۷	۱-۱-۶-۲- عملکردهای بیولوژیک و سمیت کادمیوم
۸	۱-۱-۷- نیکل
۸	۱-۱-۷-۱- خواص شیمیایی و ویژگیهای کلی نیکل
۸	۱-۱-۷-۲- عملکردهای بیولوژیک سمیت نیکل
۸	۱-۲- گیاهان و فلزات سنگین
۹	۱-۲-۱- سمیت فلزات سنگین در گیاهان
۱۰	۱-۲-۲- عوامل مؤثر بر جذب فلزات سنگین
۱۰	۱-۲-۲-۱- جذب فلزات به ریشه و انتقال به قسمت های هوایی گیاه
۱۲	۱-۲-۳- مقاومت به فلزات سنگین
۱۳	۱-۲-۳-۱- پاسخ های گیاهان به فلزات سنگین
۱۴	۱-۲-۳-۲- مکانیسم های مقاومت به فلزات سنگین و سمیت زدائی
۱۶	۱-۲-۳-۲-۱- ترشحات ریشه

۱۶	..... غشاء پلاسمائی ۲-۷-۲-۱
۱۷	..... فیتو کلاتین ها (PCs) ۳-۷-۲-۱
۱۷	..... متالوتیونین ها (MTs) ۴-۷-۲-۱
۱۸	..... اسیدهای آلی ۵-۷-۲-۱
۱۸	..... آمینو اسیدها ۶-۷-۲-۱
۱۸	..... حجره بندی واکوئل ۷-۷-۲-۱
۱۹	..... گیاهان بیش تجمع دهنده ۳-۱
۲۰	..... مزیت تجمع فلزات سنگین در بافت های گیاهان ۱-۳-۱
۲۱	..... کاربرد گیاهان بیش تجمع دهنده ۲-۳-۱
۲۱	..... سابقه تحقیق ۳-۳-۱
۲۴	..... گیاهان رایج درزاینده رود ۴-۳-۱
۲۴	..... پاک سازی مناطق آلوده توسط گیاهان بیش تجمع دهنده ۵-۳-۱
۲۷	..... اهداف پایان نامه ۴-۱

فصل دوم: مواد و روش ها

۲۹	..... معرفی مناطق نمونه برداری ۱-۲
۲۹	..... منطقه فلاورجان ۱-۱-۲
۳۰	..... منطقه درچه ۲-۱-۲
۳۰	..... منطقه پل غدیر (۱) اصفهان ۳-۱-۲
۳۰	..... منطقه پل غدیر (۲) اصفهان ۴-۱-۲
۳۲	..... خصوصیات گیاه شناسی گونه های جمع آوری شده ۲-۲
۳۴	..... نحوه نمونه برداری از گیاهان ورسوبات ۳-۲
۳۴	..... جمع آوری نمونه های گیاهی ۱-۳-۲
۳۵	..... اندازه گیری غلظت فلزات سنگین وقلیایی موجود درنمونه های گیاهی ورسوبات ۲-۳-۲
۳۵	..... آنالیز آماری داده ها ۳-۳-۲

فصل سوم: نتایج

۳۷	..... میزان متوسط فلزات سنگین دربرخی گیاهان آبرزی ورسوبات منطقه فلاورجان ۱-۳
۳۸	..... میزان متوسط فلزات سنگین دربرخی گیاهان آبرزی ورسوبات منطقه درچه ۲-۳

- ۳-۳- میزان متوسط فلزات سنگین دربرخی گیاهان آبی ورسویات منطقه پل غدیر ۱ اصفهان..... ۳۹
- ۴-۳- میزان متوسط فلزات سنگین دربرخی گیاهان آبی ورسویات منطقه پل غدیر ۲ اصفهان..... ۴۰
- ۵-۳- بررسی آزمون های تجزیه واریانس و توکی در منطقه فلاورجان..... ۴۱
- ۶-۳- بررسی آزمون های تجزیه واریانس و توکی در منطقه درچه..... ۴۴
- ۷-۳- بررسی آزمون های تجزیه واریانس و توکی در منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۴۶
- ۸-۳- بررسی آزمون های تجزیه واریانس و توکی در منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۴۹

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

- ۱-۴- بحث..... ۷۳
- ۲-۴- نتیجه گیری..... ۸۶
- پیشنهادات ۸۷
- منابع و مآخذ..... ۸۸

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- گونه های گیاهان آبرزی شناسایی شده از مناطق مورد مطالعه حاشیه زاینده رود در اطراف اصفهان.....	۳۴
جدول ۱-۳- میزان متوسط غلظت فلزات سنگین و قلیایی در نمونه های گیاهی و رسوبات بر حسب ppm در منطقه فلاورجان.....	۵۲
جدول ۲-۳- میزان متوسط غلظت فلزات سنگین و قلیایی در نمونه های گیاهی و رسوبات بر حسب ppm در منطقه درچه.....	۵۳
جدول ۳-۳- میزان متوسط غلظت فلزات سنگین و قلیایی در نمونه های گیاهی و رسوبات بر حسب ppm در منطقه پل غدیر ۱ اصفهان.....	۵۴
جدول ۳-۴- میزان متوسط غلظت فلزات سنگین و قلیایی در نمونه های گیاهی و رسوبات بر حسب ppm در منطقه پل غدیر ۲ اصفهان.....	۵۵
جدول ۳-۵- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم در گیاه <i>Ceratophyllum demersum</i> و رسوبات منطقه فلاورجان.....	۶۱
جدول ۳-۶- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم در برگ، ساقه، ریشه، ریزوم و گل آذین گیاه <i>Typha latifolia</i> و رسوبات منطقه فلاورجان.....	۶۲
جدول ۳-۷- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم در برگ، ساقه، ریشه، ریزوم و گل آذین گیاه <i>Phragmites australis</i> و رسوبات منطقه فلاورجان.....	۶۳
جدول ۳-۸- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم در برگ، ساقه، ریشه، گل آذین گیاه <i>Polygonum persicaria</i> و رسوبات منطقه درچه.....	۶۴
جدول ۳-۹- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم در برگ، ساقه، ریشه، گل آذین و ریزوم گیاه <i>Butomus umbellatus</i> و رسوبات منطقه درچه.....	۶۵

- جدول ۳-۱۰- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت ، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم دربرگ، ساقه ، ریشه وریزوم گیاه *Phragmites australis* و رسوبات منطقه پل غدیر (۱) اصفهان.....۶۶
- جدول ۳-۱۱- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت ، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم دربرگ، ساقه ، ریشه وریزوم گیاه *Typha latifolia* و رسوبات منطقه پل غدیر (۱) اصفهان.....۶۷
- جدول ۳-۱۲- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت ، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم دربرگ، ساقه ، ریشه وگل آذین گیاه *Polygonum persicaria* و رسوبات منطقه پل غدیر (۱) اصفهان.....۶۸
- جدول ۳-۱۳- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت ، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم دربرگ، ساقه ، ریشه، گل آذین گیاه *Lycopus europeaus* و رسوبات منطقه پل غدیر (۲) اصفهان.....۶۹
- جدول ۳-۱۴- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت ، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم در گیاه *Ceratophyllum demersum* و رسوبات منطقه پل غدیر (۲) اصفهان.....۷۰
- جدول ۳-۱۵- تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین میزان تجمع فلزات روی، کبالت ، مس، سرب، منگنز، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم دربرگ، ساقه ، ریشه، ریزوم و گل آذین گیاه *Butomus umbellatus* و رسوبات منطقه پل غدیر (۲) اصفهان.....۷۱

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: جذب و تجمع فلزات در گیاهان.....	۱۲
شکل ۱-۲: تقسیم بندی گیاهان به سه گروه تجمع دهندگان، نشانگرها و ممانعت کننده ها براساس میزان تجمع فلز در بخش های هوایی.....	۱۴
شکل ۱-۳: خلاصه ای از مکانیسم های سلولی موثر در سمیت زدائی و افزایش مقاومت در گیاهان عالی.....	۱۵
شکل ۱-۴: شمائی از Phytoremediation.....	۲۳
شکل ۲-۱: عکس هوائی از زاینده رود در محدوده فلاورجان.....	۲۹
شکل ۲-۲: عکس هوائی از زاینده رود در محدوده اصفهان.....	۳۱
شکل ۲-۳: شمائی از حاشیه زاینده رود در شهرستان فلاورجان.....	۳۱
شکل ۲-۴: شمائی از حاشیه زاینده رود در شهرستان درچه.....	۳۱
شکل ۲-۵: شمائی از حاشیه زاینده رود در پل غدیر (۱) اصفهان.....	۳۲
شکل ۲-۶: شمائی از حاشیه زاینده رود در پل غدیر (۲) اصفهان.....	۳۲
شکل ۳-۱: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت روی در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان.....	۵۶
شکل ۳-۲: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت کبالت در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان.....	۵۶
شکل ۳-۳: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت مس در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان.....	۵۶
شکل ۳-۴: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت سرب در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان.....	۵۶
شکل ۳-۵: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت منگنز در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان.....	۵۶
شکل ۳-۶: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت آهن در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان.....	۵۶
شکل ۳-۷: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت کلسیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان.....	۵۶

- شکل ۳-۸: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت منیزیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان..... ۵۶
- شکل ۳-۹: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت سدیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان..... ۵۷
- شکل ۳-۱۰: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت پتاسیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه فلاورجان..... ۵۷
- شکل ۳-۱۱: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت روی در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۲: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت کبالت در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۳: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت مس در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۴: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت سرب در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۵: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت منگنز در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۶: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت آهن در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۷
- شکل ۳-۱۷: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت کلسیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۸
- شکل ۳-۱۸: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت منیزیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۸
- شکل ۳-۱۹: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت سدیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۸
- شکل ۳-۲۰: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت پتاسیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه درچه..... ۵۸
- شکل ۳-۲۱: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت روی در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۸

- شکل ۳-۲۲: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت کبالت در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۸
- شکل ۳-۲۳: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت مس در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۸
- شکل ۳-۲۴: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت سرب در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۸
- شکل ۳-۲۵: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت منگنز در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۹
- شکل ۳-۲۶: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت آهن در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۹
- شکل ۳-۲۷: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت کلسیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۹
- شکل ۳-۲۸: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت منیزیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۹
- شکل ۳-۲۹: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت سدیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۹
- شکل ۳-۳۰: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت پتاسیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۱) اصفهان..... ۵۹
- شکل ۳-۳۱: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت روی در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۵۹
- شکل ۳-۳۲: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت کبالت در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۵۹
- شکل ۳-۳۳: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت مس در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۶۰
- شکل ۳-۳۴: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت سرب در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۶۰
- شکل ۳-۳۵: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت منگنز در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۶۰

- شکل ۳-۳۶: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت آهن در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۶۰
- شکل ۳-۳۷: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت کلسیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۶۰
- شکل ۳-۳۸: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت منیزیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۶۰
- شکل ۳-۳۹: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت سدیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۶۰
- شکل ۳-۴۰: نمودار مقایسه‌ی میزان متوسط غلظت پتاسیم در اندام های گیاهان مورد نظر و رسوب منطقه پل غدیر (۲) اصفهان..... ۶۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱- فلزات سنگین

۱-۱-۱- تعریف و طبقه بندی

فلزات سنگین^۱ به عناصر فلزی با وزن مخصوص بالاتر از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب گفته می شود. این فلزات در طبیعت به صورت کاتیون‌ها و آنیون‌های اکسید شده وجود دارند. عناصری نظیر نیکل، کروم، کبالت، جیوه، روی، کادمیوم، مس و منگنز به صورت کاتیون در خاک می باشند، در حالی که عناصری نظیر مولیبدن، سلنیوم، آرسنیک و بور به صورت ترکیب با اکسیژن در خاک بوده و دارای بار منفی می باشند (Shaw, 1989; Gadd, 1993). همچنین فلزات سنگین به عنوان عناصری با خصوصیات فلزی (انعطاف پذیری، رسانایی، پایداری مانند کاتیون‌ها، لیگاند اختصاصی و غیره) و عدد اتمی بزرگتر از ۲۰ تعریف می شوند (Kabata - Pendias and Pendias, 1992).

به طور کلی یون‌های فلزات سنگین را بر اساس اسیدیته ی لوئیس^۲ و تمایل آن‌ها به لیگاندهای مختلف در دو گروه مجزا قرار می دهند. گروه اول شامل یون‌های فلزی نرم از قبیل Pt, Cu, Ag, Cd, Hg است که ترجیحاً از طریق پیوندهای کوالانسی با لیگاندهای قطبی پیوند می شوند. گروه دوم شامل یون‌های فلزی Pb, Co, Ni, Zn, Fe می باشد که بیشتر تمایل دارند با لیگاندهای واسطه از قبیل آمین‌ها، آمیدها و ایمین‌ها پیوند شوند (Nieboer and Richardson, 1980). همه یون‌های فلزی صرف نظر از این که در کدام گروه قرار می گیرند در غلظت‌های بالاتر از حد بحرانی خود در خاک برای گیاهان سمی می باشند.

۱-۲- فلزات سنگین در خاک

فلزات سنگین در خاک ترکیباتی طبیعی یا نتیجه ای از فعالیت انسان می باشند. مناطق معدنی غنی از فلزات، گداختن فلزات، آب فلز دادن، گاز حاصل از آگروز، استفاده از سوخت‌های فسیلی، به کاربردن کودها و حشره کش‌ها و تولید فاضلاب شهری از مهمترین فعالیت‌های انسان است که خاک را با مقادیر زیادی از فلزات سمی آلوده می کند (Bradshaw et al., 1978 ; Shaw , 1989 ; Seward and Richardson, 1990; Archambault and Winterhalder , 1995).

مقادیر بیش از حد طبیعی فلزات در خاک به دلیل جذب توسط گیاهان و ورود به زنجیره های غذایی به عنوان منابع آلاینده محیط محسوب می شوند و می توانند باعث نابودی گیاهان شوند (Shaw , 1989).

فلزات در خاک به صورت‌های زیر وجود دارند (Tessier et al. 1979):

الف) یون‌های فلزی آزاد و کمپلکس‌های فلزی محلول در محلول خاک.

ب) پیوند شده با بارهای منفی ترکیبات غیر آلی خاک در محل‌های تبادل یونی.

پ) باند شده به مواد آلی خاک.

1 - Heavy Metals

2 - Lewis acidity

ت) رسوب با اکسیدها، هیدروکسیدها و کربنات ها.
ث) حضور در ساختمان کانی های سیلیکاتی.
فلزات فقط در حالت های الف و ب سریعاً توسط ریشه گیاهان جذب می شوند (Lasat, 2000).

۱-۳-۱-۱- مس

۱-۳-۱-۱- ویژگیهای شیمیایی و خواص کلی مس

مس دارای عدد اتمی ۲۹ و عدد جرمی برابر با ۶۳/۵۴۶ و در گروه I-B جدول تناوبی قرار دارد. این عنصر در حالت طبیعی دارای دو ایزوتوپ ^{63}Cu و ^{65}Cu با فراوانی به ترتیب ۶۹٪ و ۳۱٪ می باشد. در طبیعت، مس در کانیهای چون کوپریت، مالاکیت، آزوریت و کالکوپریت یافت می شود. عنصر مس از نظر فراوانی بیست و ششمین عنصر موجود در پوسته زمین می باشد (Adriano, 1986). عوامل موثر در قابلیت تحرک^۱ و در دسترس بودن^۲ مس عبارتند از: (Adriano, 1986)

(۱) pH خاک

(۲) مواد آلی خاک

(۳) اکسیدهای آهن، منگنز و آلومینیوم

(۴) نوع و بافت خاک

(۵) تقابل مس با سایر عناصر

۱-۳-۱-۲- عملکردهای بیولوژیک و سمیت مس

نقش مس به عنوان عنصر غذایی کم مصرف و ضروری برای گیاه، نخستین بار در سال ۱۹۳۱ توسط Lipman و همکاران شناخته شد (Adriano, 1986). مس یک عنصر واسطه با قابلیت احیا کنندگی بالا می باشد که در بسیاری از روندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد. از جمله آنها می توان به نقش آن در انتقال الکترون فتوسنتزی، تنفس میتوکندریایی، پاسخ به استرس اکسیداتیو، متابولیسم دیواره سلولی و انتقال پیام توسط هورمون ها اشاره کرد (Raven *et al.*, 1999). یون های مس به عنوان کوفاکتور در بسیاری از آنزیم ها مثل Cu/Zn سوپر اکسید دسموتاز (SOD)، سیتوکروم C اکسیداز، لاکاز، پلی فنول اکسیداز و آمینو اکسیداز عمل می کنند (Maksymiec and Baszynski, 1999). در سطح سلولی مس در انتقال پیام و رونویسی ژنها، کنترل نقل و انتقال پروتئین ها، فسفوریلاسیون اکسیداتیو و تحرک آهن نقش کلیدی دارد (Wang *et al.*, 2004). غلظتهای بالای مس در گیاهان از رشد ممانعت به عمل آورده و روندهای مهم سلولی مانند فتوسنتز و تنفس را مختل می کند.

1 - Mobility

2 - Bioavailability

(Prasad and Strzalka, 1999). از اثرات سمیت مس می توان به کاهش درصد کلروفیل، تغییر در ساختار کلروپلاست و غشای تیلاکوئید، تخریب توده های گرانا و لاملای استروما اشاره کرد (Quartacci *et al.*, 2000). مس ترکیب پیگمان ها و پروتئین های غشاهای فتوسنتزی را تغییر می دهد (Maksymiec and Baszynski, 1999) همچنین باعث پراکسیداسیون لیپیدها، کاهش درصد لیپیدها و ایجاد تغییرات در ترکیب اسیدهای چرب غشای تیلاکوئید می گردد (Luna *et al.*, 1994) که در نتیجه سبب تغییر در سیالیت، ساختار و ترکیب غشای تیلاکوئید می شود که خود می تواند ساختار فضایی و عملکرد فتوسیستم II را تحت تأثیر قرار دهد. حضور مقادیر بالای مس باعث القاء تنش اکسیداتیو در گیاهان می گردد که به علت تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن می باشد و باعث ایجاد تغییراتی در فعالیت و میزان برخی از اجزای مسیرهای آنتی اکسیداتیو مثل آسکوربات پراکسیداز، منو دهیدروآسکوربات ردوکتاز، دهیدروآسکوربات ردوکتاز، گلوتاتیون ردوکتاز و سوپراکسید دسموتاز می گردد (Luna *et al.*, 1994 ; Wang *et al.*, 2004). در سطح سلولی سمیت مس می تواند ناشی از ممانعت فعالیت آنزیم یا عملکرد پروتئین ها در اثر باند شدن مس به گروه سولفیدریل، القاء کمبود سایر یونهای ضروری، آسیب زدن به روندهای انتقالی سلول و اثرات مخرب اکسیداتیو باشد (Van Assche and Clijsters , 1990). علایم و نشانه های سمیت مس در گیاه عبارتند از کلروزه و نکروز شدن برگ، باز داشته شدن رشد، از دست رفتن کلروفیل برگ، ممانعت از رشد ریشه (Marschner , 1995).

۱-۱-۴-۱-۱ روی

۱-۱-۴-۱-۱ ویژگیهای شیمیایی و خواص کلی روی

این عنصر دارای عدد اتمی ۳۰ و عدد جرمی ۶۵/۳۹ است و جز عناصر واسطه محسوب می شود و به گروه IIB جدول تناوبی تعلق دارد. میزان روی در خاک حدود ۱۲۰-۸۰ میکروگرم در گرم می باشد و مقادیر بالاتر از این حد نشان دهنده آلودگی خاک با روی است (Alloway , 1995). روی از نظر فراوانی بیست و چهارمین عنصر موجود در پوسته زمین می باشد (Adriano 1986). میزان روی در بیشتر گیاهان بین ۱۰۰-۳۰ میکروگرم در گرم در ماده خشک می باشد و مقادیر بالاتر از ۳۰۰ میکروگرم در گرم باعث ایجاد مسمومیت در گیاهان به ویژه گونه های حساس می شود (Whiting *et al.*, 2001).

عوامل موثر در قابلیت تحرک در دسترس بودن روی عبارتند از: (Adriano, 1986)

(۱) pH

(۲) پتانسیل ردوکس

(۳) مواد آلی خاک

(۴) عوامل گیاهی