



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



اظهار نامه دانشجو

شماره:

تاریخ:

اینجانب دانشجوی کارشناسی ارشد رشته / دکتری رشته (Ph.D) / دستیاری تخصصی گرایش دانشکده دانشگاه شاهد، گواهی می‌دهم که پایان نامه / رساله تدوین شده حاضر با عنوان؛ " " به راهنمایی استاد محترم سرکار خانم دکتر / جناب آقای دکتر، توسط شخص اینجانب انجام و صحت و اصالت مطالب تدوین شده در آن، مورد تأیید است و چنان چه هر زمان، دانشگاه کسب اطلاع کند که گزارش پایان نامه / رساله حاضر صحت و اصالت لازم را نداشته، دانشگاه حق دارد، مدرک تحصیلی اینجانب را مسترد و ابطال نماید هم چنین اعلام می‌دارد در صورت بهره‌گیری از منابع مختلف شامل؛ گزارش‌های تحقیقاتی، رساله، پایان نامه، کتاب، مقالات تخصصی و غیره، به منع مورد استفاده و پدید آورنده آن به طور دقیق ارجاع داده شده و نیز مطالب مندرج در پایان نامه / رساله حاضر تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب و یا سایر افراد به هیچ‌کجا ارایه نشده است. در تدوین متن پایان نامه / رساله حاضر، چارچوب (فرمت) مصوب تدوین گزارش‌های پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشگاه شاهد به طور کامل مراعات شده و نهایتاً این‌که، کلیه حقوق مادی ناشی از گزارش پایان نامه / رساله حاضر، متعلق به دانشگاه شاهد می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو (دست نویس):

امضاء دانشجو:

تاریخ:



دانشکده علوم کشاورزی

بررسی غلظت عناصر آهن، روی، مس، منگنز، نیکل، سرب و کادمیوم در سبزیجات و محصولات
زراعی اراضی کشاورزی جنوب تهران

پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی

قدیر امامقلی

استاد راهنما

دکتر حسین ترابی و دکتر عبدالامیر بستانی

استاد مشاور

دکتر ناجی

1391

دانشکده علوم کشاورزی

بسمه تعالی



دانشگاه علوم کشاورزی



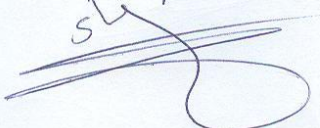
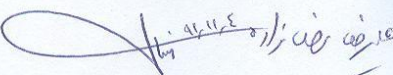
صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی کشاورزی

آقای قدیر امامقلی به شماره دانشجویی: ۸۹۷۶۲۰۰۰۴

تحت عنوان بررسی غلظت عناصر آهن، روی، مس، منگنز، نیکل، سرب و کادمیوم در سبزیجات و محصولات زراعی

اراضی کشاورزی جنوب تهران

در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۰۴ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت که توسط هیئت داوران شایسته ی درجه ~~خوب~~ تشخیص داده شد.

امضاء	تخصص	مرتبه دانشگاهی	اعضای هیات داوران
		استادیار	استاد / اساتید راهنما:
		استادیار	۱- دکتر حسین ترابی ۲- عبدالامیر بستانی
		استادیار	استاد / اساتید مشاور:
		استادیار	۱- دکتر امیر محمد ناجی
		استادیار	استادان یا محققان مدعو:
		استادیار	۱- دکتر آیت اله رضایی ۲- دکتر یاور شرفی
		استادیار	نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده:

1.....چکیده

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع

- 1-1-مقدمه.....3
- 2-1-تعریف فلزات سنگین.....4
- 3-1-منابع آلاینده محیط زیست به فلزات سنگین.....5
- 4-1-واکنش فلزات در خاک.....6
- 1-4-1-واکنش بیولوژیکی فلزات.....6
- 2-4-1-واکنش شیمیایی و فیزیکی فلزات.....7
- 5-1-جذب سطحی به فرم آنیون.....9
- 6-1-عناصر سنگین در خاک و محصولات کشاورزی.....9
- 1-6-1-کادمیم.....10
- 1-6-1-1-تاثیر کادمیم بر سلامت انسان.....10
- 1-6-1-2-رفتار شیمیایی کادمیم در خاک.....10
- 2-6-1-2-روی.....12
- 1-6-1-2-1-اثرات سوء روی.....12
- 1-6-1-2-2-تغییرات شیمیایی روی در خاک و گیاه.....12
- 1-6-1-3-2-تجمع کادمیم و روی در گیاه.....13
- 1-6-1-3-مس.....14
- 1-6-1-3-1-رفتار شیمیایی مس در خاک.....14
- 1-6-1-4-سرب.....15
- 1-6-1-4-1-رفتار شیمیایی سرب در خاک.....16
- 1-6-1-5-نیکل.....17
- 1-6-1-6-منگنز و آهن.....18
- 1-6-1-7-حد مجاز عناصر سنگین در خاک و گیاه.....19
- 1-6-1-8-انباشت عناصر در گیاهان.....20
- 1-6-1-9-تاریخچه کارهای انجام شده.....21

فصل دوم: مواد و روشها

- 1-2- مشخصات منطقه نمونه برداری.....27
- 2-2- روش نمونه برداری.....27
- 3-2- روش آماده سازی و تجزیه گیاه.....28
- 4-2- روش آنالیز در خاک.....29
- 5-2- جامعه آماری.....30

فصل سوم: نتایج و بحث

- 32-1-3 آهن.....
- 38-2-3 روی.....
- 40-3-3 مس.....
- 41-4-3 منگنز.....
- 44-5-3 سرب.....
- 45-6-3 نیکل و کادمیم.....
- 46-7-3 خصوصیات خاک.....
- 51-8-3 نقشه های غلظت آهن، مس، منگنز، سرب و روی در اندام هوایی و ریشه گیاه کلم.....
- 61-9-3 نقشه های غلظت عناصر در ریشه و اندام هوایی گیاه اسفناج.....
- 71-10-3 نقشه های غلظت عناصر در اندام هوایی و ریشه گیاه شاهی.....
- 81-11-3 نقشه های غلظت عناصر در اندام هوایی و ریشه گیاه تره فرنگی.....
- 91-12-3 نقشه های غلظت عناصر در اندام هوایی و ریشه گیاه گندم.....
- 13-3

102..... بحث.....

14-3 نتیجه

107..... گیری.....

107-15-3 پیشنهادات.....

فهرست شکل ها

شکل 1-1- فرایندهای مختلف انباشت

گیاهی..... 21.....

شکل 1-2- نقشه محل نمونه

برداری..... 28.....

شکل 1-3- غلظت آهن در برگ و

ریشه..... 35.....

شکل 2-3- غلظت روی در برگ و

ریشه..... 39.....

شکل 3-3- غلظت مس در برگ و

ریشه..... 41.....

شکل 4-3- غلظت منگنز در برگ و

ریشه..... 42.....

شکل 5-3- غلظت سرب در برگ و

ریشه..... 45.....

شکل 6-3- نقشه های غلظت عناصر در برگ و ریشه گیاه

کلم..... 52.....

شکل 16-3- نقشه های غلظت عناصر در اندام هوایی و ریشه اسفناج در ریشه گیاه

کلم..... 61.....

شکل 26-3- نقشه های غلظت عناصر در اندام هوایی و ریشه گیاه

شاهی..... 71.....

81.....	فرنگی
91.....	گندم
104.....	عناصر
	فهرست جدول ها
19.....	جدول 1-1- حدمجاز عناصر سنگین
32.....	جدول 1-3- میانگین غلظت در برگ
33.....	جدول 2-3- میانگین غلظت عناصر در ریشه
36.....	جدول 3-3- مقایسه میانگین غلظت آهن، روی و مس در ریشه و برگ
37.....	جدول 4-3- مقایسه غلظت عناصر با میانگین جامعه
43.....	جدول 5-3- مقایسه میانگین سرب، منگنز در برگ با ریشه
48.....	جدول 6-3- خصوصیات خاک
49.....	جدول 7-3- خصوصیات خاک
50.....	جدول 8-3- خصوصیات خاک

چکیده

گسترش شهر تهران و شهرهای حاشیه آن به سمت اراضی کشاورزی جنوب تهران، احتمال آلودگی خاک های زیر کشت این مناطق را فراهم آورده، به طوری که در بسیاری از اراضی زراعی و سبزی کاری این مناطق به طور مستقیم از آب فاضلاب موجود در نهرهای جنوب تهران برای آبیاری استفاده می شود. گیاهان مورد بررسی در این تحقیق شامل سبزی های جعفری، تره، برگ چغندر، شنبلیله، شاهی، تربچه، اسفناج، شوید، گشنیز، کلم و بامیه و محصولات زراعی گندم، یونجه و ذرت می باشد. نمونه برداری در فاصله پاییز و زمستان 90 صورت گرفت. تعداد 127 نمونه گیاهی جمع آوری شد. گیاهان پس از آماده سازی، ریشه و اندام هوایی آنها جدا شده و بعد از انجام هضم تر، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مطابق با روش استاندارد مورد آنالیز قرار گرفت. غلظت عناصر آهن، مس، روی، منگنز، سرب، نیکل و کادمیم در ریشه و اندام هوایی این گیاهان با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند. داده های بدست آمده با حداکثر مجاز بوسیله نرم افزار spss آزمون شدند که نتایج نشان داد که میزان غلظت آهن در همه گیاهان پایین تر از حداکثر مجاز می باشد. تمام گیاهان مورد آزمایش دارای روی کمتری از حداکثر مجاز بودند. اما در مورد مس این میزان فقط در ریشه کلم، برگ شاهی، برگ شنبلیله، ریشه شوید، برگ و ریشه ذرت، برگ و ریشه بامیه از حداکثر مجاز پایین تر می باشد. برگ و ریشه کلم، برگ گشنیز، برگ و ریشه تربچه، ریشه تره، برگ و ریشه شوید، برگ و ریشه ذرت، برگ و ریشه لبو دارای غلظت سرب بیشتری از حد استاندارد در گیاه می باشند. در برگ و ریشه کلم، برگ اسفناج، برگ شاهی، برگ جعفری، برگ گندم و ریشه بامیه حاوی منگنز بالاتری از حد مجاز می باشند. میانگین غلظت آهن 97/18، روی 40/19، مس 48/13، منگنز 87/43، سرب 10/22 میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک در گیاهان می باشد. غلظت کادمیم و نیکل در همه نمونه در حد تشخیص با دستگاه جذب اتمی نبود. میزان آهن در ریشه بیشتر از اندام هوایی و در بقیه موارد غلظت عناصر سنگین در اندام هوایی بیشتر اندازه گیری شدند.

واژه های کلیدی: عناصر سنگین، آهن، مس، روی، منگنز، سرب، نیکل، کادمیم، سبزیجات

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

1 1 - مقدمه

آلوده شدن منابع خاک و آب به دلیل ارتباط نزدیک این دو با تغذیه موجودات زنده و به دلیل دخالت مستقیم آنها در تولید محصولات کشاورزی از نظر جنبه های زیست محیطی و سلامت انسان بسیار حائز اهمیت است. مهم ترین نتیجه آلوده شدن منابع خاک و آب با فلزات سنگین، آلودگی محصولات کشاورزی است. خروج این عناصر به صورت گرد و غبار یا به همراه پساب از واحدهای مختلف تولید، مهم ترین راه ورود این عناصر به خاک، آب و گیاهان می باشد. به این ترتیب تجمع فلزات سنگین جذب شده در اندام گیاه در غلظت های بیش از حد استاندارد، ضمن فراهم آوردن موجبات کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت جوامع انسانی را به همراه دارد (بای بوردی، 1377). میزان فلزات سنگین خاک به دلیل ورود انواع پسماندهای صنعتی و ضایعات کارخانجات رو به افزایش است (Chaney et al, 1987). در برخی از کشورها حداکثر غلظت قابل قبول فلزات سنگین را با فرض آثار سمی آنها بر گیاهان در خاک های کشاورزی تعیین نموده اند (Kabata and Pendias, 1994). میزان مجاز ورود و تجمع فلزات سنگین به ظرفیت تبادل کاتیونی خاک وابسته است. میزان ورود فلزات سنگین در خاک با افزایش CEC خاک افزایش می یابد. تجمع برخی از فلزات سنگین بر اساس CEC خاک به وسیله لوگان و چینی تعیین گردیده است (Logan and Chaney, 1983). این محققین نشان دادند که با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی میزان فلزات سنگین اضافه شده به خاک در واحد سطح افزایش می یابد. هم چنین حدود مجاز ورود فلزات سنگین به خاک بر اساس گونه های گیاهی تعیین می گردد زیرا تحمل گیاهان به انواع فلزات سنگین متفاوت است. بنابراین نوع و گونه گیاهی عامل مهم دیگری است که در رابطه

با تعیین میزان آلاینده‌گی اهمیت دارد. گونه‌های شیمیایی فلزات سنگین در طبیعت بسیار متفاوت اند ولی عموماً گونه‌های موجود در خاک و آب، میزان سمیت عناصر را تعیین می‌کنند (Allen et al, 1993). محلول خاک اطراف ریشه اولین منبع ورود فلزات سنگین به بافت‌های گیاهی است. عموماً هر چه غلظت فلزات سنگین در خاک افزایش یابد، مقدار قابل دسترس آنها برای گیاه افزایش می‌یابد. علاوه بر این عوامل دیگری در خاک مانند pH، درصد مواد آلی و بافت خاک نیز در تعیین غلظت قابل جذب فلزات سنگین توسط گیاهان تاثیر فراوانی دارد (De Temmermen et al, 1984). غلظت این عناصر با نوع و پتانسیل ورود آنها به زنجیره غذایی ارتباط دارد (Bingham et al, 1986). برخی از فلزات سنگین برای رشد گیاه لازم هستند ولی غلظت بیش از حد استاندارد می‌تواند برای گیاه و جانور مشکل‌زا باشد.

1-2- تعریف فلزات سنگین

در جدول تناوبی به آن تعداد از عناصر که وزن اتمی بالایی داشته و در درجه حرارت اتاق خاصیت فلزی دارند فلزات سنگین اطلاق می‌شود. از آنجایی که تعاریف مختلفی برای این عناصر شده و در این طبقه عناصر مختلفی قرار داده شده اند باید تنها از اصطلاح فلزات و یا شبهه فلزات استفاده نمود. بر اساس این تعاریف فلزات مس تا بیسموت در جدول تناوبی که دانسیته بیش از 5 گرم بر سانتی متر مکعب دارند به عنوان فلزات سنگین تعریف شده اند. اما به طور کلی در جدول تناوبی به فلزات گروه 3 تا 16 در تناوب 4 به بعد فلزات سنگین می‌گویند. بسیاری از این عناصر نه تنها برای حیات بیولوژیکی ضروری نیستند بلکه بسیار هم خاصیت سمی دارند. اکثر فلزات سنگین عناصر واسطه هستند که کاتیون‌های فلزات سنگین را تشکیل می‌دهد. این یون‌ها به خاطر توانایی تشکیل ترکیبات پیچیده نقش اساسی در واکنش‌های بیوشیمیایی گوناگون ایفا می‌کنند و در غلظت‌های بالا برای سلول سمی هستند (Ward, 1978). ارگانسیم‌های زنده به مقادیر بسیار کمی از برخی فلزات سنگین برای ادامه رشد و بقا نیاز

دارند که به اصطلاح به آنها Trace element یا عناصر کمیاب می گویند مثل آهن، مس، کبالت، منیزیم، مولیبدن، وانادیم و روی . و اگر از آن حداقل مورد نیاز و ضروری افزایش یابد باعث اختلال در رشد می گردند (Burchett, 2003).

1-3- منابع آلاینده محیط زیست با فلزات سنگین

یکی از فعالیت های انسانی که باعث بالا رفتن تمرکز فلزات سنگین در محیط زیست می شود رها سازی زباله های جامد و مایع و حتی گازهای آلاینده در محیط زیست است . فاضلاب به عنوان بخشی از محیط زیست دارای فلزات سنگین است که می تواند در گسترش آلودگی نقش قابل توجهی را دارا باشد. فاضلاب های صنعتی، فاضلاب هایی هستند که از صنایع مختلف حاصل می شوند و نسبت به نوع صنایع، ترکیبات شیمیایی مختلفی دارند و وقتی وارد دریاها و خاک ها می شوند باعث آلودگی آنها و مرگ موجودات زنده در آب و باکتری های مفید در خاک می گردند. فاضلاب های شهری از مصرف خانگی آب حاصل می شوند. در این پساب ها انواع موجودات ریز، میکروب ها و ویروس ها و چند نوع مواد شیمیایی معین وجود دارند که عمده ترین آن شوینده ها، آمونیاک و مقداری اوره می باشد. استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود در زمین های کشاورزی رواج زیادی یافته است. لجن سرشار از مواد مغذی مورد نیاز گیاهان است. اما از طرف دیگر غلظت بالای فلزات سنگین موجود در این لجن حاصل از تصفیه فاضلاب می تواند منجر به آلودگی خاک، گیاه و زنجیره غذایی انسان شود. فلزات سنگین موجود در فاضلاب ها و پساب ها به خصوص فاضلاب های صنعتی که در کلوئیدهای خاک ذخیره می شوند بسیار خطرناک بوده و مقاومت و پایایی این عناصر در خاک نسبت به سایر آلاینده ها طولانی تر است و در اثر جذب توسط گیاهان و ورود به چرخه غذایی زیان های جبران ناپذیری را به جای می گذارند (Ward, 1978). از آنجایی که کود به عنوان یک نهاده مهم برای افزایش عملکرد محصولات می باشد، مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و رعایت نکردن اصول ابتدایی دانش کشاورزی که تعادل عناصر غذایی را در خاک و گیاه بر هم می زند

خسارات جبران ناپذیری به خاک و گیاه وارد می‌سازد که می‌تواند باعث تجمع فلزات در خاک و بافت های گیاهی شود (ملکوتی و نفیسی، 1367).

1-4- واکنش های فلزات در خاک

تغییر شکل فلزات به واکنش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بستگی دارد. تاثیر این واکنش ها در ریزوسفر از اهمیت زیادی برخوردار است. در نزدیکی تجزیه گیاهان و در جایی که غلظت سوبسترا متفاوت است، انواعی از واکنش های بیولوژیکی وجود دارند. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی مثل اکتیویته، غلظت کمپلکس های بیومولکولی، پتانسیل احیا، قدرت یونی، میزان عناصر، رطوبت و... در ریزوسفر ممکن است متفاوت باشد.

1-4-1- واکنش های بیولوژیکی فلزات سنگین

در ریزوسفر ترشحات ریشه منجر به ایجاد کلنی هایی از میکروارگانیسم ها در محیط اطراف ریشه می‌شود که باعث ایجاد واکنش های شیمیایی در ریزوسفر می‌گردد در حقیقت بعد از تاثیر بیولوژیکی واکنش های فیزیکوشیمیایی به وقوع می‌پیوندد. میکروارگانیسم ها همانند گیاهان می‌توانند فلزات سنگین را از طریق جذب و جذب سطحی و یا رهاسازی تغییر شکل بدهند. جذب سطحی در میکروارگانیسم ها می‌تواند به عنوان جذب میکروبی تعریف شود و مواد آلی و غیر آلی قابل حل و غیر قابل حل و گونه های فلزی غیر آلی را شامل می‌شود که با مکانیسم های فیزیکی- شیمیایی به سلول های زنده وارد می‌شوند. گونه های فلزی در غشای سلولی موجودات زنده تجمع می‌یابند. عناصر و کانی های حاوی فلزات سنگین در سطوح باکتری های آزادزی و ماکرومولکول ها تجمع پیدا می‌کنند. همه میکروارگانیسم های حاوی بیوپلیمر شبیه پروتئین ها، اسیدنوکلئیک و پلی ساکاریدها برای یون های فلزی مکان های واکنش ایجاد می‌کنند. سطوح سلول در همه باکتری ها حاوی بار منفی است و دارای گروه های عاملی با بار منفی مثل کربوکسیل، هیدروکسی و فسفریل که می‌توانند یون های

فلزی را جذب کنند. یکی از مهم ترین عوامل موثر بر زیست فراهمی و سرنوشت فلزات سنگین در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک، سیدروفورهای ترشح شده از ریشه گیاه و میکروارگانسیم های خاک می باشد. زیست فراهمی، سمیت و تحرک فلزات سنگین در خاک ها تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی قرار می گیرد. یکی از مهمترین فاکتورهای موثر بر سرنوشت فلزات سنگین در خاک، توانایی تشکیل کمپلکس، لیگاندهای آلی موجود در خاک به ویژه در محیط اطراف ریشه گیاه می باشد (Shulten, 2000). یکی از مهم ترین لیگاندهای آلی خاک های مناطق خشک و نیمه خشک سیدروفورها هستند. سیدروفورها لیگاندهای آلی با وزن مولکولی کم هستند که در شرایط کمبود آهن به وسیله میکروارگانسیم های خاک و ریشه برخی از گیاهان ترشح شده تا با کلات کردن آهن محلول خاک قابلیت جذب آن را افزایش دهند. اغلب قارچ ها توانایی تولید سیدروفور را دارند. در بین باکتری ها این توانایی به باکتری های هوازی و نیمه هوازی اختیاری محدود می شود. تاکنون ترشح سیدروفور در گیاهان فقط در گونه های گرامینه مشاهده شده است که شامل گونه هایی مثل گندم، جو و برنج می باشد (Varma and Chincholkar, 2007).

تولید و ترشح سیدروفور ها در گیاهان به صورت روزانه بوده به طوری که در اواسط روز به حداکثر مقدار خود می رسد. این ترکیبات علاوه بر آهن با برخی از فلزات سنگین مثل کادمیم، سرب، آلومینیم، روی و گالیوم ترکیب شده به طوری که ثابت پایداری برخی از کمپلکس های سیدروفور-فلزسنگین حتی از ترکیب آهن - سیدروفور بیشتر می باشد (Kabata and pendias , 2000).

1-4-2- واکنش های شیمیایی و فیزیکی فلزات سنگین در خاک

بعد از واکنش های بیولوژیکی، واکنش های فیزیکی و شیمیایی به وقوع می پیوندد. فلزات سنگین در لایه های رس های سیلیکاته با بار دائمی و در مکان های مخصوص قرار می گیرند. پیوند سطحی از نوع الکترواستاتیک است که

به بار و خصوصیات هیدراته شدن بستگی دارد. فلزات سنگین به طور قوی ممکن است در گوشه های فیلوسیلیکاتها جذب شوند. کانی های رسی نیز نقش مهمی در پیوند اکسیدهای فلزی و اسید هومیک به صورت کمپلکس های آلی - معدنی دارند. فلزات سنگین به دو صورت کمپلکس های فضای بیرونی و کمپلکس های فضای درونی تشکیل کمپلکس می دهند (Szcefer, 1997).

وقتی کاتیون های فلزی با وجود مولکول آب و ایجاد فضای هیدراته به سطوح جذب می شوند به آن کمپلکس فضای بیرونی، و اگر بدون وجود مولکول آب به سطوح تبادل متصل شوند به آن کمپلکس فضای درونی می گویند (Glasby, 1998). اجزاء مسئول در جذب فلزات سنگین در خاک شامل ماده هومیک خاک، فیلوسیلیکاتها، کربنات ها و کانی های دارای بار متغیر (مثل اکسیدهای آهن، آلومینیم و تیتانیوم) و کانی های آلیمینوسیلیکاته shert rang order (مثل فیلوسیلیکاتها Fe-OH و Al-OH) که دارای بار وابسته به pH می باشند (Kanugo, 2000). اجزاء خاک دارای ظرفیت متفاوتی در جذب سطحی می باشند. ظرفیت تبادل کاتیون ها و آنیون ها و انرژی آزاد شده در مکان های جذب سطحی متفاوت می باشد. فلزات سنگین به طور تپیک در مکان های تبدالی رس های سیلیکاته با بار دائمی قرار می گیرند. پیوند که بین فلزات سنگین و مکان های جذب سطحی می باشد از نوع الکترواستاتیک می باشد که به بار و خصوصیات هیدراته شدن کاتیون ها بستگی دارد. در مکان های جذب سطحی عناصر به طور ثابت قرار نمی گیرند زیرا فلزات در تعداد زیاد و به طور گسترده در تبادل رقابت می کنند. فلزاتی که با انرژی زیاد جذب می شوند در گوشه های فیلوسیلیکاتها قرار می گیرند. مواد هومیک و اکسیدهای فلزی تاثیر بیشتری در جذب فلزات سنگین به فرم کاتیون نسبت به فیلوسیلیکاتها دارند. مواد هومیک دارای تعداد زیادی مکان تبدالی می باشند و شبیه مولتی لیگاند عمل می کنند. مواد آلی خاک در جذب کاتیونها کمپلکس های دارای 5 یا 6 حلقه تشکیل می دهند. کمپلکس به عنوان یک حامل در محلول خاک عمل می کند

(Pulls, 1998). با افزایش pH، میزان پایداری کمپلکس های هومیک اسید افزایش می یابد فیوسیلیکاتها دارای بار متغیر کاتیون های چندظرفیتی را برای جذب انتخاب می کنند و فلزاتی مثل سرب، مس، کروم، نیکل، کبالت، روی، آلومینیم، آهن و منگنز نسبت به عناصر قلیایی بهتر و قویتر جذب می شوند. آزمایشات نشان داده شده که اکسیدهای منگنز نسبت به اکسیدهای آهن و آلومینیم بیشتر جذب می شوند. (Lindzy, 1978)

1-5- جذب سطحی به فرم آنیون

عناصری که به فرم آنیون می باشند در مکان هایی از اکسیدهای فلزی و آلفان ها و گوشه های فیوسیلیکاتها جذب می شوند و این جذب با افزایش pH کاهش می یابد. لیگاندهایی که دارای گروه عاملی OH می باشند وقتی در شرایط اسیدی قرار می گیرند به OH_2 تبدیل شده و با ترکیب با آنیون ها تشکیل کمپلکس می دهند. و این کمپلکس ها به فرم کمپلکس فضای داخلی می باشد و مثل مولیبدات، آرسنات و آرسنیت می باشند. آرسنات و آرسنیت با مواد آلی ممکن است کمپلکس های تک دندانه ای و چند دندانه ای تشکیل می دهند (Weber, 1991).

1-6- عناصر سنگین در خاک و محصولات کشاورزی

خاک حاوی عناصر سنگین زیادی است که به فرم های کاتیون و آنیون در بخش هایی مثل محلول خاک، در بین لایه های رس های سیلیکاته و اکسید های آهن و آلومینیم ذخیره شده اند. عناصری مثل آرسنیک، کادمیم، سرب، روی، منگنز، نیکل، کبالت، سلنیم و... در خاک تجمع حاصل می کنند و اثرات سمی بر جوامع گیاهی و سلامت انسان بر جای می گذارند این عناصر به شکل های یون آزاد، کمپلکس و پیوند شده با کلئید های خاک می باشند (Diatta, 1998).

1-6-1-1-کادمیم

کادمیم به صورت یون های آزاد و یون هایی که به راحتی در حل می شوند در خاک حضور دارد. مطالعات انجام گرفته نشان می دهد که کادمیم به راحتی از طریق ریشه جذب می شود این فلز برای گیاهان سمی بوده و تشکیل کمپلکس های پیچیده با گروه های جانبی ترکیبات آلی مانند پروتئین ها می دهد (Baker, 2000). غلظت کادمیم در اکثر خاک های غیر آلوده کمتر از یک میلی گرم بر کیلوگرم و غلظت بحرانی آن 1/5 تا 2/5 میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (Berrow, 1991). این فلز عمدتاً از طریق فرایندهای صنعتی و کودهای فسفاته وارد محیط زیست شده و سپس به زنجیره غذایی راه می یابد. برخی معتقدند که افزایش معنی دار گونه های ضعیف پیوند شده و قابل تبادل کادمیم در خاک هایی که لجن دریافت می کنند بر قابلیت دسترسی آن برای گیاه اثر می گذارد (Kabata-pendias and pendias, 2000).

1-1-6-1-1-تاثیر کادمیم بر سلامت انسان

کادمیم به واسطه وارد شدن به زنجیره غذایی انسان ایجاد سرطان می کند اما به ندرت به صورت علت سمیت گیاهی در زراعت اهمیت دارد. مهمترین اثرات سوء کادمیم تجمع آن در قشر فوق کلیوی بوده و زمانی که غلظت آن به 200 میکروگرم در هر کیلوگرم وزن تر کلیه برسد سبب از کار افتادن مجاری کلیوی می شود. نرم شدن استخوان ها به واسطه اختلال در موازنه کلسیم و فسفر از دیگر علائم مسمومیت کادمیم می باشد. از عوارض طولانی مدت در معرض قرار گیری کادمیم، بیماری های قلبی و تغییرات استخوانی است (Larsson, 1998).

1-1-6-1-2-رفتار شیمیایی کادمیم در خاک

گونه های شیمیایی کادمیم در خاک، شامل گونه هایی است که در خاک های اسیدی حضور دارند (شامل: Cd^{2+} , $CdCl^+$, $CdSO_4$) و همچنین گونه هایی که در خاک های قلیایی موجودند (Cd^{2+} , $CdCl^+$, $CdSO_4$).

و CdHCO^{+3} در خاک های اسیدی حلالیت و قابلیت دسترسی کادمیم تحت تاثیر مواد آلی و اکسیدهای آهن آبدار، آلومینیم و منگنز است (Peterson, 1996). استفاده از آب با ترکیبات فلزی سنگین باعث می شود فازهای جامد حاوی کادمیم از فرمی که با عصاره گیری خیلی قوی قابل استخراج هستند به فرمی تبدیل گردند که با عصاره گیری های با قدرت کمتر می توان آنها را عصاره گیری کرد (Diatta, 1998). طبق نتایج بدست آمده جذب کادمیم توسط سیلیکاتهای لایه ای به مقدار قابل ملاحظه ای صورت می پذیرد که این امر با افزایش pH افزایش پیدا می کند. جذب کادمیم بوسیله تشکیل کمپلکس با اکسیدهای آهن و منگنز و کربن آلی کنترل می شود. در بین اکسیدهای فلزی، اکسیدهای منگنز تمایل خیلی زیادی برای پیوند با کادمیم از خود نشان می دهند (Shulden, 2000). جذب کادمیم بر روی سطوح هیدروکسیدهای فلزی با افزایش pH، افزایش می یابد. خاک های حاوی کربنات کلسیم آزاد می توانند کادمیم را جذب کرده و از قابل دسترس بودن آن برای گیاه بکاهند. فرم شیمیایی کادمیم در خاک مهم است چون با تغییر شیمیایی برای گیاه قابل جذب می شوند مثلاً برنج بعنوان یک منبع برای جذب Cd برای انسان می تواند خطرناک باشد (Guwarsson, 2006).

گیاه کادمیم را از خاک جذب می کند که جذب کادمیم به عوامل زیر بستگی دارد :

خصوصیات خاک ، گونه های گیاه ، میکروارگانیزم ها ، مدیریت کشاورزی و سایر فلزات . کادمیم بعد از جذب بوسیله ریشه گیاه وارد آوندهای آبکشی می شود و از طریق آوندهای آبکش به واکوئل وارد می شود (Alloway, 1995). کادمیم نسبت به دیگر فلزات سنگین بیشتر متحرک می باشد و بنابراین بیشتر برای گیاهان قابل استفاده است. Cd^{2+} گونه اصلی کادمیم در محلول خاک است . تجمع کادمیم در گیاه در غلظتی از آن در خاک که برای گیاه سمی نیست بسیار مهم است . گونه های گیاهی در تجمع این عنصر متفاوت هستند کاهو ، اسفناج ، کلم و کرفس از گیاهان تجمع کننده کادمیم و سیب زمینی ، ذرت ، لویا و نخود کمتر تجمع می کنند. بیشتر مطالعات