

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

۹۳۳۶۵۱۶۴

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش ارزیابی، پیدایش و رده بندی خاکها

عنوان

مطالعه جذب نیکل و کبالت توسط کانی های سیپولیت و زئولیت طبیعی در خاک

استاد راهنما:

دکتر احمد لندی

استاد مشاور:

دکتر سعید حجتی

نگارنده:

سارا مثنوی خوان

دی ماه ۱۳۹۳

چکیده پایان نامه

| | | |
|---|------------------|---|
| نام خانوادگی: مثنوی خوان | نام: سارا | شماره دانشجویی: ۹۱۳۶۵۰۱ |
| عنوان پایان نامه: مطالعه جذب نیکل و کبالت توسط کانی های سیپولیت و زئولیت طبیعی در خاک | | |
| استاد راهنما: دکتر احمد لندی | | |
| استاد مشاور: دکتر سعید حجتی | | |
| درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد | رشته: علوم خاک | گرایش: ارزیابی، پیدایش و رده بندی خاکها |
| دانشگاه: شهید چمران اهواز | دانشکده: کشاورزی | گروه: خاکشناسی |
| تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۳/۱۰/۲۹ | | تعداد صفحات: ۱۲۶ |
| کلید واژه ها: زئولیت، سیپولیت، جذب، نیکل، کبالت | | |
| چکیده: | | |
| <p>امروزه آلودگی آب و خاک به فلزات سنگین یکی از مشکلات رو به رشد در سراسر جهان است. شناخت توانایی خاکها در جذب عناصر سنگین به علت تأثیرات قابل توجه در مسائل زیست محیطی، اصلاح خاکهای آلوده و مدیریت پسابها ضروری می باشد. در سالهای اخیر استفاده از کانی های رسی در حذف آلودگی های زیست محیطی به مقدار زیادی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به ظرفیت بالای کانی های رسی در جذب فلزات سنگین، می توان از آنها برای حذف این آلاینده ها استفاده کرد. هدف از انجام این مطالعه بررسی میزان جذب عناصر سنگین نیکل و کبالت در دو نوع بافت خاک شنی لومی و رسی و تأثیر کانی های سیپولیت و زئولیت طبیعی ایران بر جذب آنها در pHهای مختلف (۴/۵ و ۵/۵) بود. بدین منظور میزان ۲۰ میلی لیتر از محلول های حاوی غلظت های ۱۰۰،۵۰،۰ و ۲۰۰ میلی گرم برلیتر به صورت تک عنصری از عناصر نیکل و کبالت به ۲ گرم از هر یک از تیمارها (سیپولیت خالص، زئولیت خالص، خاک با بافت شنی لومی و رسی تیمار شده با مقادیر ۰،۱۰، ۵ و ۱۵ درصد از هر یک از دو کانی) افزوده شد. نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در ۱۵۰ دور در دقیقه توسط شیکر به هم زده شدند. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شده و مایع رویی با استفاده از کاغذ صافی صاف شد. در نهایت غلظت باقی مانده فلزات در محلول توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شد. نتایج حاصل از آزمایشات جذب با استفاده از مدل های جذب لانگمویر و فروندلیچ برازش یافتند. نتایج نشان داد که توانایی زئولیت در جذب عناصر سنگین مورد مطالعه با توجه به CEC بالای آن نسبت به سیپولیت بیشتر بود. با افزایش غلظت اولیه محلول به دلیل اشباع شدن سایت های جذب، درصد جذب کاهش یافت. با اضافه کردن مقادیر بیشتر کانی های سیپولیت و زئولیت به خاک، میزان جذب عناصر سنگین مورد بررسی افزایش یافت چرا که با افزودن میزان کانی، تعداد جایگاه های جذب قابل دسترس افزایش می یابد. همچنین مشاهده شد که اضافه کردن تا ۱۰ درصد کانی به خاک رسی تفاوت معنی داری در جذب ایجاد کرد ولی در مورد بافت شنی لومی جهت ایجاد حداکثر جذب مفید، میزان بیشتری از کانی نیاز بود و افزودن ۱۵ درصد کانی به خاک تفاوت معنی دار در جذب ایجاد کرد که دلیل آن به پتانسیل جذب پایین تر خاک شنی لومی نسبت داده می شود. با افزایش pH مشاهده شد که میزان جذب عناصر نیکل و کبالت به طور معنی داری افزایش یافت که دلیل آن را می توان به مقدار کمتر و فعالیت کمتر یون هیدروژن در pHهای بالاتر نسبت داد.</p> | | |

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۱ | چکیده فارسی..... |
| ۲ | ۱- فصل اول: مقدمه و هدف..... |
| ۳ | ۱-۱- مقدمه..... |
| ۷ | ۲-۱- اهمیت موضوع..... |
| ۷ | ۳-۱- اهمیت حذف فلزات سنگین از آب و خاک..... |
| ۱۰ | ۴-۱- سیولیت..... |
| ۱۲ | ۵-۱- زئولیت..... |
| ۱۴ | ۱-۵-۱- عکس‌های SEM از زئولیت..... |
| ۱۵ | ۲-۵-۱- کاربرد زئولیت‌ها در کشاورزی..... |
| ۱۶ | ۶-۱- اهداف..... |
| ۱۷ | ۲- فصل دوم: مروری بر منابع موجود..... |
| ۱۸ | ۱-۲- انواع آلاینده‌ها..... |
| ۱۹ | ۲-۲- فلزات سنگین..... |
| ۲۰ | ۱-۲-۲- ویژگی‌های فلزات سنگین..... |
| ۲۱ | ۳-۲- آلودگی فلزات سنگین..... |
| ۲۴ | ۱-۳-۲- خصوصیات و کاربرد نیکل..... |
| ۲۶ | ۲-۳-۲- خصوصیات و کاربرد کبالت..... |
| ۲۷ | ۴-۲- پالایش فلزات سنگین از آب و خاک..... |
| ۲۷ | ۱-۴-۲- روش‌های تصفیه فلزات سنگین در محیط آب..... |
| ۲۸ | ۲-۴-۲- روش‌های تصفیه فلزات سنگین در خاک..... |

| | |
|----|---|
| ۳۰ |۵-۲- عوامل موثر بر جذب عناصر سنگین..... |
| ۳۰ |۱-۵-۲- اثر pH..... |
| ۳۱ |۲-۵-۲- اثر اندازه ذرات..... |
| ۳۲ |۳-۵-۲- کانی‌های رسی..... |
| ۳۴ |۴-۵-۲- مواد آلی..... |
| ۳۵ |۵-۵-۲- مدت زمان تماس..... |
| ۳۶ |۶-۵-۲- کربنات کلسیم..... |
| ۳۷ |۷-۵-۲- اکسیدها و هیدروکسیدها..... |
| ۳۸ |۸-۵-۲- اثر درجه حرارت..... |
| ۳۹ |۶-۲- پیشینه موضوع در جهان و ایران..... |
| ۴۲ |۷-۲- همدم‌های جذب..... |
| ۴۴ |۱-۷-۲- انواع همدم‌های جذب سطحی..... |
| ۴۶ |۸-۲- معادلات جذب سطحی..... |
| ۴۶ |۱-۸-۲- معادله لانگ‌مویر..... |
| ۴۸ |۲-۸-۲- معادله فروندلیچ..... |
| ۵۱ |۳- فصل سوم: مواد و روش کار..... |
| ۵۲ |۱-۳- نمونه‌برداری از خاک‌ها..... |
| ۵۲ |۱-۱-۳- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها..... |
| ۵۳ |۲-۱-۳- آزمایش‌های کانی‌شناسی رسی..... |
| ۵۶ |۲-۳- انجام آزمایشات جذب..... |
| ۵۶ |۱-۲-۳- مواد شیمیایی..... |
| ۵۷ |۲-۲-۳- دستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش..... |
| ۵۷ |۱-۲-۲-۳- دستگاه جذب اتمی..... |

| | |
|----|---|
| ۵۷ |۳-۳- آماده سازی نمونه‌ها و محلول‌های آزمایشی..... |
| ۵۷ |۳-۳-۱- نمونه کانی های مورد استفاده..... |
| ۵۸ |۳-۳-۲- تهیه محلول‌های حاوی فلزات سنگین..... |
| ۵۸ |۳-۴- مطالعات ایزوترمی جذب..... |
| ۶۰ |۳-۵- آنالیز آماری..... |
| ۶۱ |۴- فصل چهارم: نتایج و بحث..... |
| ۶۲ |۴-۱- خصوصیات خاک‌های مورد استفاده..... |
| ۶۲ |۴-۱-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی..... |
| ۶۴ |۴-۱-۲- خصوصیات مینرالوژیکی خاک‌های مورد مطالعه..... |
| ۶۶ |۴-۲- خصوصیات کانی‌های سپیولیت و زئولیت..... |
| ۶۸ |۴-۲-۱- کانی شناسی نمونه های مورد مطالعه..... |
| ۷۰ |۴-۳- تاثیر به کار بردن تیمارهای آزمایشی در میزان جذب عناصر سنگین..... |
| ۷۲ |۴-۴- مطالعات جذب سطحی..... |
| ۷۲ |۴-۴-۱- همدمای جذب نیکل و کبالت در محلول‌های حاوی کانی‌های سپیولیت و زئولیت..... |
| |۴-۴-۲- برآزش نتایج حاصل از جذب سطحی نیکل و کبالت توسط کانی‌های سپیولیت و زئولیت |
| ۷۳ |با استفاده از مدل‌های خطی، فروندلیچ و لانگ‌مویر..... |
| ۷۳ |۴-۴-۲-۱- مدل خطی..... |
| ۸۱ |۴-۴-۲-۲- ضرایب و پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگ‌مویر..... |
| |۴-۴-۳- همدمای جذب نیکل و کبالت در خاک‌های تیمار شده با مقادیر مختلف کانی‌های |
| ۸۴ |سپیولیت و زئولیت..... |
| |۴-۴-۴- برآزش نتایج حاصل از جذب سطحی نیکل و کبالت در خاک‌های تیمار شده با مقادیر |
| ۸۹ |مختلف کانی‌های سپیولیت و زئولیت با استفاده از مدل‌های خطی، فروندلیچ و لانگ‌مویر..... |
| ۸۹ |۴-۴-۴-۱- مدل خطی..... |

| | |
|-----|---|
| ۱۰۰ |۲-۴-۴-۴- ضرایب و پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگمویر..... |
| ۱۰۶ |۵-۴- نتیجه‌گیری..... |
| ۱۰۸ |۶-۴- پیشنهادات..... |
| ۱۱۰ |منابع..... |
| ۱۲۶ |چکیده انگلیسی..... |

فهرست جدول‌ها

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۱۹ | جدول ۱-۲- طبقه بندی مواد آلاینده و زمینه اثر آنها..... |
| ۲۳ | جدول ۲-۲- غلظت طبیعی و غیر معمول برخی فلزات سنگین در خاک..... |
| ۶۳ | جدول ۱-۴- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه..... |
| ۶۷ | جدول ۲-۴- آنالیز عنصری زئولیت و سیپولیت مورد استفاده..... |
| ۶۸ | جدول ۳-۴- مشخصات XRD زئولیت مورد مطالعه..... |
| | جدول ۴-۴- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر جذب عناصر سنگین توسط کانی‌های مورد |
| ۷۰ | مطالعه در محلول‌های آبی..... |
| ۷۱ | جدول ۵-۴- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر جذب عناصر سنگین در خاک‌های مورد مطالعه.. |
| | جدول ۶-۴- جدول ضرایب توزیع (k_d) نیکل و کبالت در محلول‌های آبی حاوی کانی‌های |
| ۷۴ | سیپولیت و زئولیت..... |
| | جدول ۷-۴- جدول مقایسه میانگین ضرایب توزیع نیکل و کبالت در محلول‌های آبی حاوی |
| ۸۰ | کانی‌های سیپولیت و زئولیت..... |
| | جدول ۸-۴- مقادیر پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگمویر در محلول‌های حاوی کانی‌های |
| ۸۱ | سیپولیت و زئولیت..... |
| | جدول ۹-۴- مقادیر ضریب توزیع (k_d) نیکل در خاک رسی تیمار شده با مقادیر مختلف |
| ۸۹ | کانی‌های مورد مطالعه..... |
| | جدول ۱۰-۴- مقادیر ضریب توزیع (k_d) نیکل در خاکشنی لومی تیمار شده با مقادیر مختلف |
| ۹۰ | کانی‌های مورد مطالعه..... |
| | جدول ۱۱-۴- مقادیر ضریب توزیع (k_d) کبالت در خاک رسی تیمار شده با مقادیر مختلف |
| ۹۰ | کانی‌های مورد مطالعه..... |

| | |
|---|-----|
| جدول ۴-۱۲- مقادیر ضریب توزیع (k_d) کبالت در خاک شنی لومی تیمار شده با مقادیر مختلف کانی‌های مورد مطالعه..... | ۹۱ |
| جدول ۴-۱۳- جدول مقایسه میانگین ضرایب توزیع نیکل در خاک رسی..... | ۹۶ |
| جدول ۴-۱۴- جدول مقایسه میانگین ضرایب توزیع کبالت در خاک رسی..... | ۹۷ |
| جدول ۴-۱۵- جدول مقایسه میانگین ضرایب توزیع نیکل در خاک شنی لومی..... | ۹۸ |
| جدول ۴-۱۶- جدول مقایسه میانگین ضرایب توزیع کبالت در خاک شنی لومی..... | ۹۹ |
| جدول ۴-۱۷- مقادیر پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگ‌مویر عنصر نیکل در خاک شنی لومی حاوی مقادیر مختلف کانی‌های سپیولیت و زئولیت..... | ۱۰۰ |
| جدول ۴-۱۸- مقادیر پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگ‌مویر عنصر نیکل در خاک رسی حاوی مقادیر مختلف کانی‌های سپیولیت و زئولیت..... | ۱۰۱ |
| جدول ۴-۱۹- مقادیر پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگ‌مویر عنصر کبالت در خاک شنی لومی حاوی مقادیر مختلف کانی‌های سپیولیت و زئولیت..... | ۱۰۲ |
| جدول ۴-۲۰- مقادیر پارامترهای معادلات فروندلیچ و لانگ‌مویر عنصر کبالت در خاک رسی حاوی مقادیر مختلف کانی‌های سپیولیت و زئولیت..... | ۱۰۳ |

فهرست شکل‌ها

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۶ | شکل ۱-۱- چرخه فلزات در طبیعت..... |
| ۱۴ | شکل ۱-۲- عکس‌های SEM از زئولیت..... |
| ۴۵ | شکل ۱-۲- انواع همدم‌های جذب سطحی..... |
| ۴۸ | شکل ۲-۲- فرم غیر خطی معادله لانگ‌مویر..... |
| ۴۸ | شکل ۳-۲- فرم خطی معادله لانگ‌مویر..... |
| ۵۰ | شکل ۲-۴- فرم غیر خطی معادله فروندلیچ..... |
| ۵۰ | شکل ۵-۲- فرم خطی معادله فروندلیچ..... |
| | شکل ۱-۴- پراش نگاشت پرتو ایکس خاک الف: مزرعه زراعی ب: مرکز تحقیقات آبخیزداری و کشاورزی اهواز..... |
| ۶۴ | |
| ۶۹ | شکل ۲-۴- دیاگرام کانی شناسی نمونه پودری سپیولیت..... |
| ۶۹ | شکل ۳-۴- دیاگرام کانی شناسی نمونه پودری زئولیت..... |
| | شکل ۴-۴- همدمای جذب نیکل در دو pH ۴/۵ و ۵/۵ توسط دو کانی (الف) سپیولیت و (ب) زئولیت..... |
| ۷۲ | |
| | شکل ۵-۴- همدمای جذب کبالت در دو pH ۴/۵ و ۵/۵ توسط دو کانی (الف) سپیولیت و (ب) زئولیت..... |
| ۷۲ | |
| | شکل ۶-۴- همدمای جذب نیکل در خاک تیمار شده با مقادیر مختلف کانی سپیولیت در pH=۴/۵ توسط دو بافت خاک (الف) شنی لومی و (ب) رسی..... |
| ۸۴ | |
| | شکل ۷-۴- همدمای جذب نیکل در خاک تیمار شده با مقادیر مختلف کانی سپیولیت در pH=۵/۵ توسط دو بافت خاک (الف) شنی لومی و (ب) رسی..... |
| ۸۴ | |
| | شکل ۸-۴- همدمای جذب نیکل در خاک تیمار شده با مقادیر مختلف کانی زئولیت در pH=۴/۵ |

- ۸۵ توسط دو بافت خاک (الف) شنی لومی و (ب) رسی
- شکل ۴-۹- همدمای جذب نیکل در خاک تیمار شده با مقادیر مختلف کانی زئولیت در $pH=5/5$
- ۸۵ توسط دو بافت خاک (الف) شنی لومی و (ب) رسی
- شکل ۴-۱۰- همدمای جذب کبالت در خاک تیمار شده با مقادیر مختلف کانی سپیولیت در
- ۸۶ $pH=4/5$ توسط دو بافت خاک (الف) شنی لومی و (ب) رسی
- شکل ۴-۱۱- همدمای جذب کبالت در خاک تیمار شده با مقادیر مختلف کانی سپیولیت در
- ۸۶ $pH=5/5$ توسط دو بافت خاک (الف) شنی لومی و (ب) رسی
- شکل ۴-۱۲- همدمای جذب کبالت در خاک تیمار شده با مقادیر مختلف کانی زئولیت در
- ۸۷ $pH=4/5$ توسط دو بافت خاک (الف) شنی لومی و (ب) رسی
- شکل ۴-۱۳- همدمای جذب کبالت در خاک تیمار شده با مقادیر مختلف کانی زئولیت در
- ۸۷ $pH=5/5$ توسط دو بافت خاک (الف) شنی لومی و (ب) رسی

فصل اول

مقدمه و هدف

فعالیت‌های روز افزون انسان بر روی کره زمین سبب شده است که عملکرد بخش خاک در مواردی دچار اختلال شود و باعث آلودگی خاک گردد. از دیدگاه جهانی، پس از آب و هوا، پوسته خاک سومین جزء عمده محیط زیست انسان تلقی می‌گردد. خاک علاوه بر اینکه پایگاه موجودات خشکی‌زی، به ویژه جوامع انسانی است محیط منحصر به فردی برای زندگی انواع جانداران، مخصوصاً گیاهان به شمار می‌آید. گیاهان عامل جذب نور خورشید بوده و گردش گاز کربنیک را در طبیعت نیز عهده دارند، لذا در کلیه انواع حیات، به ترتیبی پای خاک در میان است. همچنین خاک یک محل آرمانی برای تجزیه، فساد و به طور کلی چرخه‌های آلاینده‌های مختلف محسوب می‌شود (بایوردی، ۱۳۸۲).

هر نوع تغییری در کیفیت و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بر موجودات دیگر تاثیرگذار است. لذا، بررسی و شناسایی عوامل آلاینده در خاک امری اجتناب ناپذیر می‌باشد (دهکردی، ۱۳۸۷). بسیاری از توجهاتی که نسبت به خاک نشان داده می‌شود به طور خاص به تولید مواد غذایی معطوف می‌گردد (بکن و هویت^۱، ۲۰۰۵). آلاینده‌ها حاصلخیزی خاک را تغییر داده و کارایی مطلوب خاک را کاهش می‌دهند (کاباتا و همکاران^۲، ۲۰۰۱). آلاینده‌های مختلف مانند فلزات سنگین پس از ورود به خاک می‌توانند به آلودگی آب و هوا نیز منجر شوند.

بسیاری از عوامل فیزیکوشیمیایی از قبیل بافت و ساختمان، شوری، pH، میزان ماده آلی، آهک، میزان و نوع کانی‌های رسی و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های مختلف در خاک‌های مختلف تغییر می‌کنند. تغییر هر یک از فاکتورهای فوق روی عملکرد و رفتار خاک تاثیرگذار بوده و باعث خواهد شد تا خاک‌های مختلف در مواجهه با یک پارامتر ثابت مثل گیاه، کود، انواع آلودگی‌های مختلف با شرایط محیطی متفاوت،

1- Bacon and Hewitt

2- Kabata et al.

عکس‌العمل‌های متفاوت و حتی متضادی داشته باشند. شناسایی این رفتارهای خاک از جنبه حاصلخیزی خاک اهمیت دارد (کشاورزی، ۱۳۸۵). بنابراین به محض تغییر در نوع خاک، کارایی فرآیند حذف فلزات سنگین با استفاده از جاذب‌های زیستی تغییر خواهد کرد.

عناصر فلزی سنگین موجود در خاک ممکن است منشأ متفاوتی داشته باشند. عناصر لیتوژنیک عناصری هستند که مستقیماً از سنگ کره (مواد مادری) به خاک به ارث رسیده‌اند و عناصر پدوژنیک عناصری هستند که منشأ لیتوژنیک دارند ولی تجمع و توزیع آنها در خاک به دلیل فرآیندهای خاک‌سازی اتفاق افتاده است. عناصر آنتروپدوژنیک نیز عناصری هستند که به طور مستقیم یا غیر مستقیم به دلیل فعالیت‌های بشر وارد خاک شده‌اند (صلحی، ۱۳۸۴).

امروزه آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین یکی از مشکلات رو به رشد، در سراسر جهان است. با افزایش غلظت فلزات سنگین خاک، احتمال ورود آنها به گیاهان کشت شده در اراضی کشاورزی نیز افزایش می‌یابد. تجمع فلزات سنگین در گیاهان خوراکی کشت شده در اراضی کشاورزی به دلیل اینکه برای سلامتی انسان مخاطراتی را ایجاد می‌کند، منجر به افزایش نگرانی شده است. در واقع آلودگی زنجیره غذایی یکی از مهمترین مسیرهای ورود این آلاینده‌های سمی به بدن انسان می‌باشد (زینگ و همکاران^۱، ۲۰۰۸).

مرگ و میر و بیماری در اثر مسمومیت انسان به فلزات سنگین به طور مبسوط گزارش شده است. لذا مطالعه رفتار این عناصر در خاک و نحوه پاک‌سازی خاک‌های آلوده یکی از نیازهای قرن حاضر محسوب می‌گردد. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر روند آلودگی محیط زیست رو به فزونی گذاشته است تکنیک‌های مبارزه با آلودگی و سالم سازی محیط زیست نیز اهمیت بیشتری پیدا کرده است.

1- Zheng et al.

تقریباً تمام فلزات سنگین در بدن عوارض سوئی بر جای می‌گذارند که از آن جمله می‌توان به اختلال در سیستم عصبی، کلیوی، غده‌ها، سرطان، صدمات ذهنی و جسمانی و ایجاد جهش‌های ژنتیکی اشاره کرد (آرتولا و همکاران^۱، ۲۰۰۰، ال‌گرنی^۲، ۲۰۰۷).

پاسخ به این که یون‌ها یا عناصر موجود در خاک چگونه با فاز جامد یا محلول خاک در ارتباط هستند، همیشه مورد سوال بوده است.

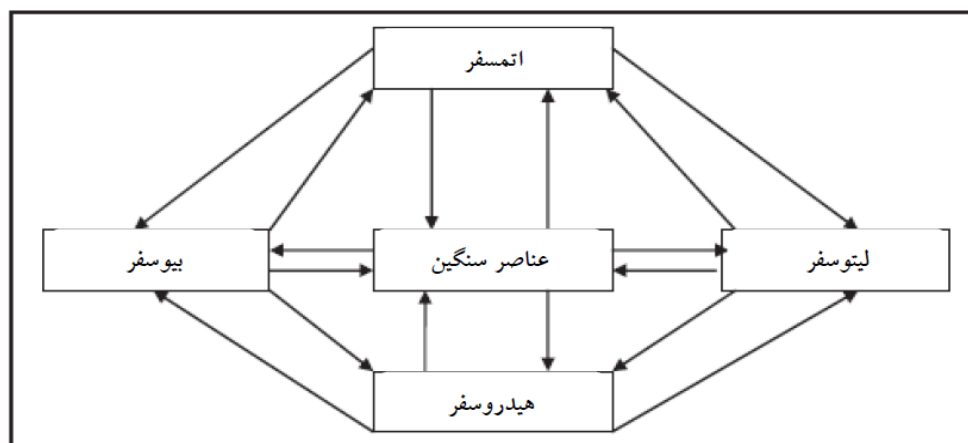
فاز محلول خاک قسمت فعال آن می‌باشد که در تأمین یون‌ها و ترکیبات مورد نیاز گیاهان و موجودات زنده، آبشویی و انتقال و دیگر فرآیندهای موجود در خاک، در آن صورت می‌گیرند. در حقیقت واکنش‌های مربوط به جذب عناصر از فاز محلول بر روی سطوح جامد، مهمترین واکنش‌های شیمیایی موثر بر رفتار و قابلیت دسترسی عناصر برای گیاه در خاک می‌باشند. این واکنش‌ها کنترل‌کننده غلظت یون‌های عناصر و کمپلکس آنها در محلول خاک بوده و بنابراین اثر مهمی بر روی جذب به وسیله گیاه و تحرک این عناصر دارند (انگوتی، ۱۳۷۳).

منبع اصلی ورود فلزات سنگین به خاک به دو دسته ی صنعتی (استخراج معادن، استفاده از سوخت‌های فسیلی و سوزاندن ضایعات) و کشاورزی (مانند استفاده از کود، کمپوست و لجن فاضلاب) تقسیم می‌شوند. بنابراین به نظر می‌رسد که با توسعه فعالیت‌های کشاورزی به عنوان یکی از منابع ورود فلزات سنگین به خاک، بررسی وضعیت آلودگی خاک ضرورت دارد (دولچ و همکاران^۳، ۲۰۰۶). هنگام بارندگی بویژه بارندگی‌های شدید مقادیر زیادی از انواع آلوده‌کننده‌ها، نظیر گازهای ناشی از فعالیت‌های صنعتی در باران حل شده و منجر به انتقال این آلودگی‌ها به آب‌های پذیرنده و خاک‌ها می‌گردد (گاگنون و همکاران^۴، ۱۹۹۲).

1- Artola et al.
2- Al-Garni
3- Doelsch et al.
4- Gagnon et al.

فلزات سنگین وارد شده به محیط فقط در ارتباط با فعالیت انسان نمی‌باشند. بعضی چرخه‌های طبیعی شناخته شده حاکی از آن است که فلزات از سنگ‌ها به خاک و سپس به آب و تشکیل رسوبات تغییر مکان می‌دهند و در نهایت به سنگ‌ها باز می‌گردند. مقاومت و پایداری عناصر سنگین در خاک و آب نسبت به سایر آلاینده‌ها بسیار طولانی‌تر است (انصاری، ۱۳۸۵). پایداری فلزات در محیط زیست مشکلات زیادی را ایجاد می‌کند. فلزات نمی‌توانند مانند آلوده کننده‌های آلی از طریق شیمیایی یا فرآیندهای زیستی تجزیه شوند، لذا مدت زمان طولانی در خاک اقامت می‌یابند. پایداری فلزات سنگین به آنها اجازه می‌دهد تا در فواصل قابل توجه توسط آب یا هوا منتقل شوند. فلزات همچنین می‌توانند پیوندهای شیمیایی مستحکمی با رسوبات موجود در آب‌های سطحی برقرار کند و رسوبات را به فلزات سنگین آلوده کنند (دیوید و لونتال^۱، ۱۹۹۵، گو و همکاران^۲، ۲۰۰۶).

شکل ۱-۱ نحوه چرخه عناصر سنگین در طبیعت را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود تبادل فلزات سنگین تحت پوشش تمام جنبه‌های محیط زیست می‌باشد.



شکل ۱-۱- چرخه فلزات در طبیعت

1- David and Leventhal
2-Guo et al.

۲-۱- اهمیت موضوع

مطالعات در مورد فلزات سنگین و نقش آن‌ها در محیط زیست نیز همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. از آنجا که فلزات سنگین خاصیت تجمع پذیری در بافت‌های زنده‌ی مختلف و عدم تجزیه پذیری و نیز مقاومت در برابر تغییرات بیولوژیکی را دارا می‌باشند لذا پس از ورود به محیط، قادرند در چرخه حیات به حرکت خود ادامه داده و بتدریج در بافت‌های چربی و زنده ذخیره گردند و موجب خطرات جدی از قبیل سمیت حاد و مزمن و اثرات سوء ژنتیکی شوند، لذا شناسایی و کنترل میزان حضور آن‌ها در آب و خاک بسیار مهم می‌باشد (بذرافشان و همکاران، ۱۳۸۵). قوانین تنظیم شده موکد زیست محیطی برای تخلیه این عناصر از محیط، مستلزم کاربرد توسعه‌ی فن آوری‌های مختلف، جهت خروج فلزات سنگین می‌باشد. پساب‌ها، حاوی سطوح کم تا متوسط فلزات سنگین می‌باشند که اغلب ناشی از فعالیت‌های آبکاری فلزات، صنایع معدن‌کاری، کودسازی، کارخانه‌های باتری‌سازی، رنگ‌سازی، داروسازی، صنایع تولید وسایل الکترونیک و بسیاری دیگر می‌باشد (اسپرینسکی و همکاران، ۲۰۰۶).

مرگ و میر و بیماری در اثر مسمومیت انسان به فلزات سنگین به طور مبسوط گزارش شده است. لذا مطالعه رفتار این عناصر در خاک و نحوه پاک سازی خاک‌های آلوده یکی از نیازهای قرن حاضر محسوب می‌گردد. باتوجه به اینکه در سال‌های اخیر روند آلودگی محیط زیست رو به فزونی گذاشته است تکنیک‌های مبارزه با آلودگی و سالم سازی محیط زیست نیز اهمیت بیشتری پیدا کرده است (آرتولا و همکاران، ۲۰۰۰).

۳-۱- اهمیت حذف فلزات سنگین از آب و خاک

یکی از اساسی‌ترین مسائل در رابطه با فلزات سنگین، عدم متابولیزه شدن آن‌ها در بدن می‌باشد و اینکه

نمی‌توانند همانند آلاینده‌های آلی از بین بروند و فقط می‌توانند از نقطه‌ای به نقطه دیگر انتقال یابند که این نیز خود فرآیندی بسیار هزینه‌بر می‌باشد (بذرافشان و همکاران، ۱۳۸۵). به طور عام، فلزات سنگین، سم‌های سیستمیک بوده که می‌توانند سبب مرگ و میر شوند (شکیبایی و همکاران^۱، ۲۰۰۹، بیسوجیت و همکاران^۲، ۲۰۱۱)، بنابراین باید راهکارهایی جهت کاهش خطرات آلودگی این عناصر در خاک و به دنبال آن به حداقل رسانی اثرات این مواد روی گیاهان، جانوران، کیفیت آب و به دنبال آن خطرات تهدیدکننده سلامتی انسان که در راس زنجیره غذایی می‌باشد، اتخاذ شود. جذب فلزات سنگین به وسیله ذرات خاک از مهمترین فرآیندهای تاثیرگذار بر فراهمی، سمیت و تحرک این عناصر در محیط خاک به شمار می‌رود. یکی از اهداف مطالعات خاکشناسی، شناسایی خاک‌ها با ظرفیت جذب بیشتر این عناصر و در نتیجه تعیین محل‌های مناسب برای دفن فاضلاب‌های صنعتی است. به همین منظور، شناسایی توانایی خاک‌ها در جذب فلزات سنگین بسیار مهم و راهگشا می‌باشد (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷). نوع خاک، pH خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، اندازه ذرات، نفوذ پذیری خاک و نوع آلاینده‌ها بر بازدهی روش‌های حذفی فلزات سنگین از منابع آب و خاک موثرند (مارکیویچ و همکاران^۳، ۲۰۰۵، شوابکه^۴، ۲۰۰۵، پو و همکاران^۵، ۲۰۰۶).

آنچه که در زمینه تجمع فلزات سنگین در خاک اهمیت دارد این است که تهدید آلاینده‌های فلزی از زمان ورود به بافت‌های گیاهی، آب‌های سطحی و زیرزمینی و در نهایت زنجیره غذایی آغاز می‌شود. البته باید توجه داشت که خطرات و پیامدهای آبخوبی فلزات سنگین و جذب آن‌ها توسط گیاهان به تعادل فرآیندهای جذب و واجذب فلزات بین فازهای محلول و جامد خاک بستگی دارد. از این رو پتانسیل سمیت‌زدایی فلزات سنگین در خاک، به ترکیب خاک به ویژه مقدار و نوع کانی‌های رسی، مواد آلی و

1- Shakibaie et al.
2- Biswajit et al.
3- Markiewicz et al.
4- Shawabke
5- Pu et al.

اکسیدهای آهن و منگنز بستگی دارد (کوکوئوبا^۱، ۲۰۰۹). از سوی دیگر، آلودگی‌های مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی از جمله مسائلی هستند که رفته رفته به نوعی تهدید جهانی برای منابع آب، خاک و هوا تبدیل شده‌اند. این آلاینده‌ها به طور عمده شامل عناصر N، P، As، فلزات سنگین (Cu، Zn، Pb، Cd و Ni)، ترکیبات آلی حاوی کربن و پاتوژن‌ها هستند که از راه‌های گوناگونی از جمله ذرات اتمسفری، کودهای شیمیایی، کمپوست، آب آبیاری، آهک و ضایعات صنعتی به منابع آب و خاک راه می‌یابند (یونال و اردوقان^۲، ۱۹۹۸). رفتار زیست محیطی فلزات سنگین در خاک و پتانسیل زیان‌زایی آن‌ها روی سلامت انسان، به شکل موجود آن‌ها در خاک بستگی دارد. رفتار یک عنصر در ترکیب با محلول خاک تحرک آن را تحت تاثیر قرار داده و نهایتاً زیست‌فراهمی و سمیت آن برای موجودات را تعیین خواهد کرد (بیکن و همکاران^۳، ۲۰۰۸).

اصلاح خاک‌های آلوده به کاتیون‌های فلزی سمی، به طور مرسوم از طریق دفن آلاینده‌ها و یا پوشاندن سایت‌های آلوده صورت می‌گیرد، لیکن این روش‌ها عملاً ناکارآمد و هزینه بر محسوب می‌شوند زیرا دفن و پوشاندن آلاینده‌ها علیرغم هزینه‌های انجام آن، آلاینده‌ها را از محیط حذف نمی‌کنند (مولیگان و همکاران^۴، ۲۰۰۱). روش‌های مختلفی جهت تثبیت آلاینده‌ها در خاک وجود دارد که اساس آن‌ها غیر قابل تحرک نمودن آلاینده‌ها توسط واکنش‌گرهای مناسب می‌باشد. روش‌های اصلی تخلیه‌ی فلزات سنگین شامل ترسیب شیمیایی، فیلتراسیون، تبادل یونی، جذب سطحی، تشکیل کمپلکس‌های پایدار با لیگاندهای آلی و اسمز معکوس می‌باشند (ویلی و آلیز^۵، ۲۰۰۷، موهانا و آچاریا^۶، ۲۰۰۹). در روش ترسیب، معمول‌ترین روش برای حذف کاتیون‌های فلزات سنگین از آب‌ها و پساب‌ها، رسوب دادن آن‌ها به صورت

1- Kocaoba
 2- Unal and Erdogan
 3- Bacon et al.
 4- Mulligan et al.
 5- Veli and Alyuz
 6- Mohana and Acharya

هیدروکسید فلز است. بیشتر فلزات سنگین در حالت‌های هیدروکسید، سولفید، کربنات و بعضی از ترکیبات دیگر، به طور نسبی نامحلول هستند (فرگوسن^۱، ۱۹۸۰). رسوب گذاری شیمیایی علی‌رغم باصرفه بودن از لحاظ اقتصادی، در مورد محلول‌های رقیق کارایی خود را از دست می‌دهد. تبادل یونی و اسمز معکوس عموماً کارآمد برآورد شده‌اند در حالی که شرایط اجرایی سختی داشته و هزینه بالایی نیاز دارند. از بین تمام روش‌های ذکر شده، فرآیند جذب سطحی، به ویژه با استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت طبیعی از جمله زئولیت، سیپولیت، زیست توده طبیعی تاثیر قابل توجه و سهولت اجرایی داشته و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه است (باهاتاچرای و همکاران^۲، ۲۰۰۶ و کایا و همکاران^۳، ۲۰۰۵، کارا و همکاران^۴، ۲۰۰۳). علاوه بر این هیچ پیامد زیست محیطی در پی نداشته و کاملاً دوستدار طبیعت است.

۱-۴- سیپولیت

سیپولیت نوعی کانی رسی است که ظاهری فیبر مانند داشته و از دسته سیلیکات‌های منیزیم آبدار محسوب می‌شود. از جمله کانی‌های منحصر به فرد خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌رود که معمولاً همراه با گچ یا کانی‌های کربناتی مانند کلسیت یافت می‌شود. این کانی که به رس ویژه معروف است دارای کاربردهای مختلف صنعتی و زیست محیطی می‌باشد. این کانی جز سیلیکات‌های لایه ای ۲:۱ می‌باشد. بعضی‌ها معتقدند که این کانی‌ها فقط در خاک به وجود می‌آیند و در سنگ مادر وجود ندارند برخی مطالعات وجود آن را در سنگ‌های مادری نیز به اثبات رسانده است. این کانی در سطح وسیعی در خاورمیانه، شمال آفریقا، آمریکا و استرالیا وجود دارد (خادمی و مرموت^۵، ۱۹۹۸).

فرمول شیمیایی سیپولیت به صورت زیر است:

1- Fergusson
 2- Bahattacharya and et al.
 3- Kaya et al.
 4- Kara et al.
 5- Khademi and Mermut