

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

معرفی روش‌های مختلف اصلاح خاک‌های آلوده



نویسنده: لیلا تابنده

نشریه فنی، شماره ۱۶، سال ۱۳۹۴



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

شورای انتشارات مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع
طبیعی فارس

معرفی روش‌های مختلف اصلاح خاک‌های آلوده

نگارش: مهندس لیلا تابنده

سال انتشار: ۱۳۹۴

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

عنوان نشریه	معرفی روش‌های مختلف اصلاح خاک‌های آلوده
نگارش	لیلا تابنده
ناشر	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس
سال انتشار	۱۳۹۴
شمارگان	۵۰۰
شماره ثبت مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی

نشانی: شیراز، بلوار جانبازان، خیابان استاد مردانی غربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

تلفن: ۳۷۲۰۹۳۳۲ (۰۷۱)، دورنگار: ۳۷۲۰۵۱۰۷ (۰۷۱)

پایگاه اطلاعاتی مرکز: www.farsagres.ir

مخاطبان نشریه:

کلیه‌ی کارشناسان، مروجان، مهندسان ناظر و کشاورزان

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با

- معرفی روش‌های مختلف اصلاح خاک‌های آلوده
- بررسی مزایا و معایب روش‌های مختلف اصلاح خاک‌های آلوده
- معرفی بهترین روش اقتصادی اصلاح خاک‌های آلوده

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

- ۱- مقدمه..... ۱
- ۲- روش‌های آلودگی زدایی خاک‌ها..... ۲
- ۱-۲- روش‌های درجا..... ۳
- ۲-۲- روش‌های غیر درجا..... ۶
- ۳- استفاده از گیاهان برای پاکسازی خاکهای آلوده..... ۹
- ۱-۳- فیلتراسیون ریشه‌ای..... ۱۱
- ۲-۳- تثبیت گیاهی..... ۱۳
- ۳-۳- تبخیر گیاهی..... ۱۴
- ۴-۳- گیاه پالایی..... ۱۵
- ۴- معرفی گیاهان ابر جاذب..... ۱۷
- ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها..... ۱۸
- ۶- منابع مورد استفاده..... ۲۱



۱- مقدمه

خاک اساس هستی، تولید و انبار مواد خام است و نقش بسیار مهمی در زندگی انسان ایفا می‌کند. هرگونه تغییر در ویژگی‌های اجزاء تشکیل دهنده خاک، به-نحویکه استفاده از آن ناممکن گردد، آلودگی خاک نامیده می‌شود. از آنجا که، خاک منبع درآمد و تولید محصولات کشاورزی است، لذا حفظ خاک همانند حفظ آب و هوا ضروری است. بنابراین در سالهای اخیر، اقدامات گوناگون در جهت افزایش تولید در صنعت، استفاده از کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات نباتی، علف‌کش‌ها، فاضلاب‌های صنعتی و شهری (آبیاری) شده است که منجر به آلودگی خاک‌ها و در نتیجه از بین رفتن موجودات زنده و کاهش توان تولید آنها شده است. متأسفانه آلودگی خاک، به شکل مستقیم یا غیر مستقیم سلامتی انسان، حیوان و سایر موجودات زنده را تهدید می‌کند. البته خاک خاصیت پالایش پذیری دارد که می‌توان آن را معلول خواص فیزیکی (وجود منافذ و خلل و فرج)، جذب سطحی (وجود بارهای غیرهمنام) و خواص بیولوژیکی (وجود میکرو ارگانیسم‌ها اعم از باکتری، قارچ و کرم) دانست.



۲- روش‌های آلودگی زدایی خاک‌ها

خاک‌های آلوده به جهت طبیعت ناهمگن خاک و حجم بالای موادی که باید اصلاح شوند، محیطی پیچیده و پر هزینه برای پاکسازی هستند. بنابراین، تلاش‌های زیادی در جهت رفع آلودگی از خاک‌های آلوده با به کارگیری مجموعه‌ای از تکنیک‌های درجا^۱ و غیردرجا^۲ در حال انجام است. هیچ یک از این تکنیک‌ها، راه حل منطقی برای اصلاح خاک‌های آلوده نبوده و اغلب ممکن است بیش از یک تکنیک، برای بهینه سازی فعالیت خاک‌سازی لازم باشد. در این راستا، بدیهی است که، اقدامات مدیریتی زیر نمی‌توانند موجب حذف فلزات سنگین از خاک شوند. اما می‌توانند تاثیرات سوء آنها را از طریق غیر متحرک کردن فلزات در خاک‌های آلوده، کاهش دهند. بنابراین، تکنیک‌های متعددی در آلودگی زدایی خاک‌ها استفاده می‌شوند، که در هر یک از روش‌های زیر، مزایا و معایب خاصی گزارش شده است.

1-In situ

2 -Non -In situ



۲-۱- روشهای درجا

در همان محل آلودگی به کار برده می‌شوند و نیازی به خاک‌برداری ندارند و امکان در معرض قرار گرفتن آلاینده‌ها به حداقل می‌رسد.

۲-۱-۱- متصاعد سازی^۳

موجب بیرون کشیدن یا تهویه هوا از میان خاک می‌شود. یک هواکش که هوا را در خاک به جریان می‌اندازد از طریق یک لوله سوراخ‌دار یا مشبک، وارد خاک گشته و از این طریق، هوا به جریان می‌افتد. اما ذرات خاک به بیرون کشیده نمی‌شوند. این روش محدود به مواد آلی فرار است و هزینه نسبتاً کمی دارد [۷].

۲-۱-۲- آبشویی^۴

در این روش، خاک در محل خود بوسیله آب و غالباً هوا همراه یک سورفکتانت (ماده فعال در سطح و دارای نواحی آب‌گریز و آب‌دوست که از آن برای کاهش

3 - Volatilization

4 - Leaching



کشش سطحی استفاده می‌شود) آبشویی می‌شود، سپس محلول خروجی در پایین جمع آوری و پالایش یا دورریزی می‌شود. از محاسن آن این است که برای انواع مختلفی از ترکیبات، قابل استفاده است اما به دلیل استفاده زیاد از آب و به تبع آن حجم زیاد پساب و هزینه دور ریزی بالا، استفاده از این روش چندان متداول نیست. البته کارایی تکنیک آبشویی به گذرپذیری، تخلخل همگنی، بافت و کانی شناسی خاک بستگی دارد [۷].

۲-۱-۳- آهک دهی (افزایش pH)

عناصر کاتیونی در pH پایین بیشتر محلول هستند، بنابراین با افزایش pH، این عناصر برای گیاهان کمتر قابل جذب هستند و باعث می‌شوند که به شکل غیر-متحرک در خاک تبدیل شوند.



۲-۱-۴- تجزیه زیستی^۵

میکروارگانیسم‌هایی که به طور طبیعی در خاک وجود دارند و از طریق افزایش تعداد یا فعالیت تقویت می‌شوند، که به نوبه خود به تجزیه آلاینده‌های خاک کمک می‌کنند. بسیاری از عوامل خاکی، محیطی، شیمیایی و مدیریتی در تجزیه زیستی آلاینده‌های خاک موثر هستند که عبارتند از: مقدار رطوبت، pH، دما، جمعیت میکروبی موجود، میزان دسترسی به عناصر غذایی و شرایط هوازی. بنابراین در اپتیمم مقدار pH برابر با ۷ و دمای بین ۲۹۳ تا ۳۱۳ درجه کلوین، تجزیه زیستی آلاینده‌ها در خاک تسهیل می‌گردد. از محاسن این روش آن است که بر بعضی از ترکیبات غیر فرار موثر است و از محدودیت‌های آن چار چوب زمانی بلند مدت است.



۲-۱-۵- شیشه کردن^۶

در این روش، به وسیله یک جریان الکتریکی، آلاینده‌ها غیر متحرک می‌شوند لذا در این روش، ممکن است بتوان، آلاینده‌ها را حتی برای مدت ۱۰۰۰۰ سال بی-حرکت نمود. البته چون مقدار زیادی الکتریسیته مورد نیاز است لذا بسیار پر هزینه خواهد بود [۳].

۲-۱-۶- جداسازی - دربرگیری

در این روش، آلاینده‌ها با کارگذاری موانع فیزیکی زیر سطحی، از طریق آسترهای رسی در جای خود ابقا شده و حرکت جانبی آنها به حداقل می‌رسد. اخیراً، دانشمندان و مهندسان، کاربرد سورفکتانتها با کانی‌های رس (ارگانو - رسها) را به منظور افزایش نگهداری آلاینده‌های آلی و نیز استفاده از ارگانو - رسها در آسترها به



منظور به حداقل رسانیدن تحرک آلاینده‌ها در تصفیه خانه‌های پساب مورد بررسی قرار داده اند [۵-۸].

۲-۲- روش‌های غیر درجا

در این روشها معمولاً، خاک به وسیله خاک برداری از محل خود جابه جا شده و سپس یا در همان جا مورد پالایش قرار می‌گیرد و یا اینکه به نقطه دیگری حمل شده و پالایش در آنجا انجام می‌شود. البته در این روش نگرانی‌هایی در مورد در معرض قرار گرفتن آلاینده‌ها در جریان عملیات جابه‌جایی و حمل و نقل وجود دارد.

۲-۲-۱- پالایش صحرائی

در این تکنیک، خاک آلوده برداشته شده و روی زمین گسترده می‌شود تا اینکه فرایندهای طبیعی (تجزیه زیستی و نوری) بتوانند آلاینده‌ها را از خاک برطرف نمایند. لذا، جهت تحریک فعالیت میکروورها، pH خاک را روی ۷ تنظیم کرده و عناصر غذایی به خاک اضافه می‌گردد. بنابراین از محاسن این روش، استفاده از فرایندهای طبیعی تجزیه می‌باشد و از معایب آن به‌جا ماندن برخی بقایا است. البته این روش از لحاظ هزینه در حد متوسط می‌باشد [۷].



۲-۲-۲- پالایش حرارتی

خاک آلوده با استفاده از یک کوره حرارتی در معرض حرارت زیادی قرار می‌گیرد. لذا حرارت زیاد موجب تجزیه آلاینده‌ها می‌شود و مواد فرار آزاد شده نیز جمع‌آوری شده و سپس یا برای سوزانیدن از میان یک سوزاننده دیگر عبور داده می‌شوند و یا با استفاده از حلالها، بازیابی می‌گردند.

۲-۲-۳- در آمیختن با آسفالت

خاک آلوده با آسفالت داغ مخلوط شده و از مخلوط حاصل برای روکش کردن جاده و خیابان استفاده می‌شود. البته در ضمن استفاده آسفالت، خاک، حرارت داده می‌شود که منجر به تصاعد و تجزیه بعضی از آلاینده‌ها شده و مابقی، در آسفالت تثبیت می‌گردند.



۲-۲-۴- تثبیت- سخت سازی^۷

در این روش، یک ماده افزودنی به خاک آلوده برداشته شده اضافه می‌شود و آلاینده‌ها پوشش‌دار می‌گردند و سپس مخلوط حاصله، دفن می‌شود. در این روش، آلاینده از بین نمی‌رود اما آزادانه نیز نمی‌تواند حرکتی داشته باشد. البته استفاده از آن در خاک زیاد متداول نیست.

۲-۲-۵- عصاره‌گیری شیمیایی

خاک آلوده، برداشته شده و با یک حلال یا سورفکتانت، آلاینده‌هایی که آزاد شده‌اند از خاک جدا می‌شوند سپس خاک را شست و شو و هوادهی کرده تا حلال و سورفکتانت خارج گردد. این روش پر هزینه و اغلب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

۲-۲-۶- خاک برداری

خاک آلوده را برداشته و به محل دیگری منتقل می‌کنند. محل دفن باید دارای بسترهایی از جنس رس باشد که در این صورت گذرپذیری خاک‌ها کم بوده و

7- stabilization / solidification



تحرك آلاینده‌ها کاهش می‌یابد. این روش، دارای هزینه بالایی بوده (خاک برداری- انتقال و دفن) و نیز مشکلاتی در رابطه با مسئولیت‌های قانونی، توجه به مسائل ایمنی، تولید بو و احتمال ایجاد رواناب و آلوده شدن آب‌های زیر زمینی وجود دارد. لذا، اصلاح خاک‌های آلوده با روش‌های فیزیکی و شیمیایی مذکور، هزینه‌های هنگفتی را به همراه دارد و برای مناطقی با آلودگی نسبتاً زیاد تعریف می‌شوند و برای اصلاح مناطق وسیع با آلودگی نسبتاً کم مناسب نیستند [۴].

بنابراین همانطور که در روش‌های مذکور اشاره شد، به دلیل هزینه‌های هنگفت اصلاح خاک‌های آلوده، دستیابی به روش‌های مقرون به صرفه در این زمینه، بسیار مهم و ضروری می‌باشد.

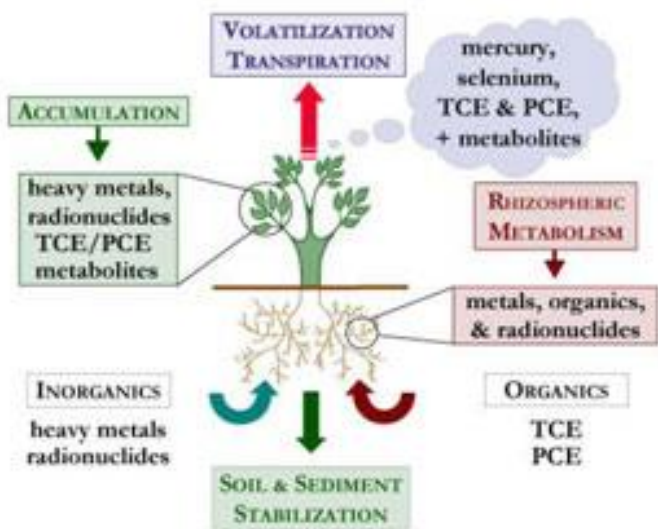
۳- استفاده از گیاهان برای پاکسازی خاکهای آلوده

اصلاح خاک‌های آلوده توسط گیاهان^۸ مقرون به صرفه‌ترین روش پاکسازی می‌باشد. از محسنات این روش آن است که هیچ گونه تغییری در وضعیت طبیعی

8- phytoremediation



اکوسیستم صورت نمی‌گیرد البته از نقاط ضعف این روش، تحمل کم گیاهان در غلظت بالای آلودگی است و بیوماسی که این گیاهان تولید می‌کنند چندان زیاد نیست [۱]. لذا، این روش (شکل ۱) در محیط‌های دچار آلودگی کم تا متوسط اعمال می‌شود و مقدار جذب و نگهداری فلزات توسط گیاهان نسبتاً کم است. البته گیاهان معمولاً مقدار زیادی از فلزات سنگین را به برگ‌های خود انتقال می‌دهند و میزان فلزات سنگین انتقال یافته در برگ، به مراتب بیشتر از میوه و دانه است. با توجه به عمق ریشه، این روش برای آلودگی‌های کم عمق خاک یعنی حدود ۳۰ سانتی‌متری به کار می‌رود. یکی از مشکلات این روش، رهایی و از بین بردن اجساد و بقایای گیاهان آلوده است. بنابراین، باید مواظب مصرف این گیاهان توسط دام بوده و از این رو، جلوی هر گونه چرای دام باید گرفته شود. با وجود این، امروزه اصلاح خاک‌های آلوده به کمک گیاهان، یکی از بهترین شیوه‌های اصلاحی به شمار می‌رود و با بهره‌جویی از مهندسی ژنتیک، گیاهان توانمندی در این زمینه در حال ظهور هستند.



شکل ۱- استفاده از گیاهان برای پاکسازی خاکهای آلوده

اصلاح خاک های آلوده توسط گیاهان شامل چهار تکنیک است:



۳-۱- فیلتراسیون ریشه‌ای^۹

در این تکنیک، از گیاهان برای اصلاح محیط‌های آبی آلوده و در جهت جذب فلزات سنگین محلول در آب روی سطح یا داخل ریشه گیاه استفاده می‌شود. همچنین، در این روش ترشحات ریشه‌ای و تغییرات pH منطقه ریزوسفر، باعث ترسیب فلزات، روی سطح ریشه گیاهان می‌گردد. این دسته از گیاهان باید دارای بیوماس ریشه‌ای بزرگ و یا سطح ریشه‌ای وسیع باشند. گیاهان سنبل آبی^{۱۰}، قح مریم^{۱۱} و عدسک آبی^{۱۲} هر چند برای فیلتراسیون ریشه به کار برده شده‌اند، اما دارای محدودیت‌هایی در این زمینه می‌باشند. گیاهان مذکور دارای ریشه‌های کوچک با رشداندک هستند. غالباً مشاهده می‌شود که گیاهان خاکزی^{۱۳} جهت فیلتراسیون ریشه مناسب‌تر از گیاهان آبی‌اند. زیرا این گیاهان، دارای سیستم ریشه‌ای طویل و قوی و دارای سطوح وسیع ریشه‌ای برای جذب فلزات می‌باشند.

9-Rhizofiltration

10-Eichhorniacrassipes

11-Hydrocotyle umbellate

12-Lemna minor

13- Terrestrial plant



آفتابگردان^{۱۴} و خردل هندی^{۱۵} مناسب‌ترین گونه‌های گیاهی خاکزی برای اصلاح آب‌های آلوده به فلزات می‌باشند. ریشه خردل هندی عناصری همچون Zn, Pb, Ni, Cu, Cr, Cd و آفتابگردان نیز Sr, Cs, V, Pb را از آبهای آلوده برداشت می‌کند [۱].

۳-۲- تثبیت گیاهی^{۱۶}

در این روش، کاهش سمیت فلزات به کمک غیر فعال کردن و تثبیت فلزات در خاک‌های آلوده مد نظر است و از گیاهان چند ساله که برداشت نمی‌شوند در این زمینه استفاده می‌شود. صرفاً، در این روش، به منظور حذف آلاینده‌های فلزی از محیط زیست فعالیتی انجام نخواهد شد و هدف، محدود کردن آلودگی می‌باشد. بنابراین، گیاهانی که در این روش استفاده می‌شوند باید :

-
- 14- Helianthus annuus
 - 15-Brassica juncea
 - 16-Phytostabilization



الف- توانایی اندکی در انتقال فلزات آلاینده به بافت‌های فوقانی داشته باشند تا خطر مصرف بخش‌های هوایی گیاه توسط انسان و دام وجود نداشته باشد.

ب- به راحتی در منطقه استقرار یابند.

ج- رشد سریع داشته باشند.

د- دارای سیستم ریشه‌ای قوی و متراکم باشند.

مطالعه گیاهانی که دارای این شرایط باشند امروزه نیز ادامه دارد. خوج^{۱۷} و لرزانک خزنده^{۱۸} و تبریزی^{۱۹} گونه‌های مناسب برای این روش می باشند که قادر به تثبیت خاک های آلوده به Cu, Zn, Pb هستند [۱].

۳-۳- تبخیر گیاهی^{۲۰}

-
- 17-Agrostistenuis
 - 18-Festucarubra
 - 19-Populus alba
 - 20-Phytovolatilization



در این روش، گیاه فلزات آلاینده (سلنیوم و جیوه) را جذب و سپس از راه تعرق به شکل گاز در جو متصاعد می‌کند. گونه‌هایی از تیره Brassicaceae (شب بویان) می‌توانند روزانه حدود ۴۰ گرم در هکتار Se به شکل ترکیبات گازی از خود متصاعد کنند. برخی از گیاهان آبی نیز مانند دم گربه‌ای^{۲۱} قادر به تبخیر Se از محیط‌های آلوده می‌باشند [۹].

برخلاف گیاهان متصاعد کننده Se، گیاهان متصاد کننده جیوه همراه با تغییرات ژنتیکی قادر به این امر شده‌اند. *Arabidopsis thaliana* و توتون^{۲۲} پس از ادغام ژن مورد نظر موجود در باکتری‌های احیا کننده Hg قادر به تبخیر جیوه از اندام‌های گیاهی خویش می‌شوند. گیاهان مذکور جیوه عنصری Hg (II) و متیل جیوه را از خاک جذب و به شکل بخار جیوه از اندام‌های هوایی خویش متصاعد می‌کنند [۸].

21- Cattail

22-Nicotianatabacum



۳-۴- گیاه پالایی^{۲۳}

در این روش، هدف تجمع فلزات سنگین در اندام های هوایی و برداشت گیاهان از منطقه مورد نظر است. این روش، مشهورترین تکنیک اصلاح خاک های آلوده توسط گیاهان می باشد. در این تکنیک، گیاهان در محیط های آلوده مستقر می شوند. ریشه های گیاهان مذکور پس از نفوذ به بستر خاک آلاینده های فلزی را جذب کرده آنها را به بخش های هوایی منتقل و در آنجا ذخیره می سازند. در صورتی که فراهمی فلزات آلاینده در خاک برای جذب کافی نباشد، گیاهان مذکور با تولید کلاته کننده یا اسیدی کردن محیط، باعث افزایش فراهمی فلزات و در نتیجه بالا رفتن سطح جذب می گردند. پس از رشد گیاه و درست زمانی که گیاه حداکثر مقدار فلزات آلاینده را در اندام های هوایی خویش ذخیره ساخته است، بخش هوایی آن را برداشت و از منطقه آلوده دور می کنند. این تکنیک مانند روش تراشیدن خاک، با مشکل دفع مواد آلوده شده روبرو است [۲-۶]. در این مورد نیز پیشنهادهایی از جمله، سوزاندن بقایای گیاهی به منظور کوچک شدن حجم مواد زائد شده است.



اما این روش، آلودگی هوا را به همراه دارد. بنابراین، موثر واقع شدن این روش در اصلاح خاک‌های آلوده به عوامل متعددی بستگی دارد:

۱- منطقه با آلودگی نسبتاً کم .

۲- قدرت بالای جذب توسط گیاه و بیوماس هوایی زیاد ، تراکم ریشه ای

بالا ، رشد سریع ، قدرت تحمل به سطح آلودگی منطقه ، سازگاری با

شرایط اقلیمی و خصوصیات خاک مانند شوری و PH و

۴- معرفی گونه‌های ابر جاذب^{۲۴}

هرگاه نسبت غلظت فلز مورد نظر در بخش هوایی به غلظت همان فلز در بخش ریشه گیاهی بزرگ‌تر از واحد باشد، آن گیاه به عنوان جاذب آن فلز محسوب خواهد شد. در این تعریف گونه‌هایی که قادر به جذب فلزات در سطوح ۱۰۰ برابر بیش از گیاهان معمولی‌اند، گیاهان ابر جاذب محسوب شده‌اند. از این رو گیاهان ابر جاذب

²⁴-Hyperaccumulator



قادرند ppm ۱۰ جیوه، ppm ۱۰۰ کادمیوم، ppm ۱۰۰۰ سرب، مس، کبالت، کروم و ppm ۱۰۰۰۰ نیکل و روی را در بافت‌های خود ذخیره سازند. تیره شب بو^{۲۵} بیشترین جمعیت گیاهان ابر جاذب، یعنی ۱۱ جنس و ۸۷ گونه را به خود اختصاص می‌دهد [۴]. طبق تحقیقات انجام شده در اطراف شهرک تخصصی روی استان زنجان، مشخص گردید که، مقدار برخی از فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم و روی در نمونه‌های گیاهی بالا بوده و نتایج برخی از گونه‌های گیاهی حاکی از آن است که گونه‌هایی در این مناطق آلوده وجود دارند که توانایی جذب فلزات سنگین را دارا می‌باشند [۱-۲]. به عنوان مثال گونه گیاهی از مک^{۲۶} که نوعی علف هرز است و جزء تیره شب بو می‌باشد و همان طور که قبلاً اشاره شد این تیره، بیشترین گونه گیاهی جاذب می‌باشد. سپس گیاه مریم گلی یا سالویا^{۲۷} که از تیره نعناع که نوعی گیاه مرتعی است از دیگر گیاهان ابر جاذب منطقه استان زنجان شناخته شده است.

25 -Brassicaceae

26-Cardariadraba

27- Salviaofficinalis



نتیجه‌گیری و پیشنهاد

پیشگیری از آلودگی خاک، از هر روش اصلاحی ارزان‌تر و ضروری‌تر به نظر می‌رسد. بنابراین جلوگیری از آلودگی خاک بهترین روش برای حفظ محیط زیست است. به دلیل هزینه هنگفت بسیاری از روش‌های مذکور به خصوص در سطح وسیع آلودگی، لذا استفاده از گیاهان در مناطقی با آلودگی نسبتاً کم، روش عملی‌تر و قابل قبول‌تری می‌باشد. انتخاب دقیق گیاهان در جهت اصلاح و حذف آلودگی خاک بسیار حائز اهمیت است. به‌رحال، بایستی گیاهانی انتخاب گردند که تاثیر سوئی بر حیات وحش نداشته باشند و بیوماس هوایی و تراکم ریشه‌ای زیاد، رشد سریع، سازگاری با شرایط اقلیمی و محیطی و در نهایت قادر به تحمل سطح آلودگی منطقه باشند.

در این باره، به منظور حذف یا کاهش اثرات مخرب آلاینده‌ها بر خاک‌های زراعی پیشنهاد می‌شود که:

- ۱- خرید اراضی اطراف کارخانجات توسط صاحبان صنایع و عدم اختصاص این گونه اراضی به کاشت محصولات زراعی و باغی.



۲- درختکاری و ایجاد فضای سبز بصورت کمربندی در اطراف کارخانجات تولید سرب و روی به منظور جذب و تثبیت فلزات سنگین و جلوگیری از انتشار آنها توسط آب و باد.

۳- ممانعت از کشت گیاهان زراعی خصوصاً سبزیجات برگی مثل اسفناج، کاهو و کلم در مناطق آلوده.

۴- شناسایی و کاشت گیاهان ابرجاذب بومی هراستان در مناطق آلوده و جمع آوری آنها پس از حداکثر جذب فلزات سنگین در بافت های خویش طی چندین مرحله.

۵- استفاده از فیلتر در کارخانجات به منظور کاهش میزان گرد و غبار حاوی فلزات سنگین و در نتیجه جلوگیری از آلودگی هوا و خاک اطراف کارخانجات توسط باد.

۶- جلوگیری از دفع فاضلابها و پسابهای صنعتی حاوی فلزات سنگین به خاکهای کشاورزی و آبهای سطحی و استفاده از سیستم تصفیه بمنظور استفاده مجدد از فاضلابهای تولیدی.



۷- اجتناب از دیپوی کنسانتره در محیط‌های روباز که منجر به انتشار ذرات گرد و غبار حاوی فلزات سنگین با باد و آب شده و در نتیجه موجبات آلودگی هوا، خاک و آب را فراهم می‌آورد.

۸- اجتناب از دفع ضایعات، کنسانتره مصرف شده و لجن فاضلاب در مسیله‌ها و جاهایی که امکان حرکت و جابجایی آنها توسط آب‌های سطحی و سیلاب‌ها وجود دارد.

۹- عدم دفن ضایعات در مکانهایی که باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود.

۱۰- قرار دادن یک لایه خاک غیرآلوده به ضخامت ۱ متر روی ضایعات و کنسانتره های دفن شده و سپس کاشت درختان و گیاهان مقاوم به فلزات سنگین به منظور تثبیت ضایعات و جلوگیری از حرکت آنها توسط آب و باد انجام گیرد.

۱۱- شناسایی و مرزبندی کامل مراتع و اراضی آلوده به فلزات سنگین با توجه به معیارهای بین‌المللی.

۱۲- جلوگیری از چرای دام در مناطق آلوده.



۱۳- کنترل میزان فلزات سنگین در فراورده های دامی توسط دستگاه های اجرایی
ذیربط.

قابل ذکر است که، انجام اقدامات فوق الذکر، نیاز به تهیه مقدمات و ملزومات اجرایی
می باشد.

منابع مورد استفاده

- [۱] گلچین، آ. آتش نما، ک. تکاسی، م و اسماعیلی، م. ۱۳۸۶. تاثیر فلزات سنگین بر روی مراتع و دامهای استان زنجان. انتشارات سازمان مدیریت استان زنجان.
- [۲] گلچین، آ. اسماعیلی، م و تکاسی، م. ۱۳۸۴. منابع آلاینده خاکها و محصولات زراعی و باغی استان زنجان فلزات سنگین. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان زنجان.
- [۳] مدنی حسینی، م. فرح بخش، م. ۱۳۸۸. اصلاح یک خاک آلوده به سرب توسط روش الکتروسیتتیک. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. ۴۶۵ص.
- [4] lasat, M.M. 2002. phytoextraction of toxic metals. journal of Environment Quality(JEQ). 31:109-120.
- [5] Moore, D.M and Reynolds, R.C. 1989. "x-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals". Oxford Univ. press, NY.
- [6] prasad, M and Freitas, H. 2003. Metal hyperaccumulation in plants biodiversity prospecting for phytoremediation technology. Electronic Journal of Biotechnology. 6(3):285-321.
- [7] Sparks, D.L. 1993. Soil decontamination. In "Hand book of Hazardous materials"(m.corn,ed), pp.671-680. Academic press, SanDiego, CA.
- [8] Srinivasan, k.R., and Fogler, H.S. 1990. Use of inorgano-organo clays in the removal of priority pollutants from industrial wastewaters structural aspects. Clay Miner. 38(3).277-286.
- [9] Terry, N., Carlson, C., Raab, T.K and Zayed, A. 1992. Rates of selenium Volatilization among crop species. Journal of Environment Quality. 21:341-344.





شورای انتشارات مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع
طبیعی استان فارس

نشانی: شیراز، بلوار جانبازان، خیابان استاد مردانی غربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی
و منابع طبیعی فارس

تلفن: ۳۷۲۰۹۳۳۲ (۰۷۱)، دورنگار: ۳۷۲۰۵۱۰۷ (۰۷۱)

نشانی وب‌گاه: www.farsagres.ir