گیاه پالایی فلزات سنگین از خاک

منصوره معینی و علی نقی فرح بخش

دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز

چکیده

آلودگی خاک ها به مواد زاید صنعتی و شهری در اثر فعالیت های انسان، یکی از خطرات مهمزیست محیطی است. فلزات سنگین از رایجترین آلاینده ها هستند و در سال های اخیر آلودگی به آنها به شدت افزایش یافته است. این آلودگی ها، مشکلات عمده زیست محیطی و بهداشتی در سرتاسر دنیا به وجود آورده و اکوسیستم ها را مورد تهدید قرار داده است. بر خلاف آلاینده های آلی، نه تنها فلزات سنگین به وسیله تغییرات زیستی و شیمیایی از محیط حذف نمی شوند بلکه به صورت پایدار هم در محیط باقی می مانند. انواع فناوری های اصلاحی متداول که برای پاکسازی محیط های آلوده به فلزات سنگین استفاده می شود پر هزینه و گران قیمت است و توام با تولید مقدار زیادی مواد زاید می باشد و افزون بر این، موجب جلوگیری از حاصلخیزی خاک می شود. استفاده از فناوری گیاه پالایی، راهکاری مناسب برای حذف آلاینده های فلزی از آب، خاک و هوا است. این روش از نظر اقتصادی باصرفه، دوستدار محیط زیست و رویکردی مناسب از نظر زیبا شناسی است. دامنه متنوعی از گیاهان شامل انواع خودرو، خوراکی و زینتی وجود دارد که می توان به عنوان جاذب های زیستی و به منظور پاکسازی خاک از آنها در محیط های طبیعی و شهری استفاده نمود. برای پاکسازی محیط های آلوده، گیاهان سازوکارهای گوناگونی دارند مانند تصفیه، تثبیت، فرّار سازی و استخراج. در هر صورت، با این روش ها مقادیر زیادی زیست توده به وجود می آید که دفع آنها نیاز به مدیریت درست دارد. زیست توده انبوه گیاهان هرز قادر به محدود کردن و جلوگیری از انتقال مواد آلوده به زنجیره های غذایی است و افزون بر این منبع مناسبی برای تولید انرژی تجدید پذیر می باشد.

واژه های کلیدی: جاذب های زیستی، خاک، فلزات سنگین، گیاه پالایی.

مقدمه

کیفیت خاک به ویژگی های ساختمانی و شیمیایی آن بستگی دارد. وجود آلاینده های فلزی موجب تغییر در کیفیت خاک می گردد و حاصلخیزی آن را کاهش می دهد. فلزات سنگین از اجزای طبیعی پوسته زمین هستند و شامل جیوه (Hg)، کادمیم (Cd)، ارسنیک (As)، کروم (Cr)، تالیوم (Tl) و سرب (Pb) می‌باشند. فلزات سنگین به وسیله تغییرات زیستی و شیمیایی، تجزیه یا تخریب نمی‌شوند و بنابراین به صورت پایدار در محیط باقی می مانند.

از نظر تاریخی، آلودگی خاک ها به فلزات سنگین از استخراج معادن و کارخانه های ذوب فلز آغاز شد. ضایعات معادن موجب آلودگی اولیه خاک و محیط زیست اطراف آن می گردد. ورود این مواد به آب های زیر زمینی، آلودگی ثانویه را به همراه دارد. مرحله سوم آلودگی با استفاده از رسوبات رودخانه ای و یا استخراج آب های زیر زمینی آغاز می شود. در حال حاضر آلاینده های فلزی، ناشی از فعالیت های انسانی مانند ذوب و آبکاری فلزات، دود اگزوزها، زباله‌های صنعتی و همچنین مصرف کود و فاضلاب شهری در اراضی کشاورزی می‌باشد (بلیلاک و هوانگ، 2000). باران های اسیدی با شکستن اجزاء خاک و آزاد کردن فلزات سنگین موجب ورود آنها به نهرها، دریاچه‌ها،

Archive of SID

www.SID.ir

رودخانه و آب های زیرزمینی می‌شوند. این فلزات با تجمع در بخش بالایی خاک موجب آلودگی گیاهان زراعی می گردند. فلزات سنگین به دلیل انباشت زیستی خطرناک هستند زیرا که این پدیده منجر به افزایش غلظت آنها در موجودات زنده و بزرگنمایی زیستی می گردد. این عناصر حتی در مقادیر بسیار کم برای سیستم‌های زنده به شدت سمی هستند و تعدادی از آنها ممکن است در بلند مدت سرطان زا باشند. شواهد موجود نشان می دهد که خطر آلودگی فلزات رو به افزایش است و این مشکل در کشورهای در حال توسعه در مرحله بحرانی است. در این کشورها رواج فعالیت‌های صنعتی، بهبود فرایندهای اقتصادی را به همراه داشته است اما تهدید آلودگی فلزی نیز به آرامی به حقیقت می‌پیوندد. بنابراین باید به گونه‌ای مناسب و موثر به حل مسئله آلودگی خاک و برخورد با آن توجه شود.

گیاه پالایی شامل گروه متنوعی از فناوری های مبتنی بر گیاه است که در آن از گیاهان طبیعی یا تاریخته برای پاکسازی محیط های آلوده استفاده می‌شود (فلتمن و لانزا، 1998). تعدادی از گیاهان بدون آنکه علائمی از سمیت نشان دهند، توانایی تجمع مقادیر زیاد فلزات درون بافت هایشان را دارند. اولین بار چنی (1983) استفاده از گیاهانی با توان تجمع بالا را برای پاکسازی مکان های آلوده به فلز پیشنهاد کرد. بر اساس تعریف، یک گیاه با توان تجمع بالا باید بتواند حداقل 100 میلی گرم بر گرم کادمیم و ارسنیک، 1000 میلی گرم بر گرم کبالت، مس، کروم و سرب و 10/000 میلی گرم بر گرم منگنز و نیکل را انباشته سازد (ریوز و بیکر، 2000). این نوع گیاهان نه تنها در گیاه پالایی مفید هستند بلکه نقش مهمی را در فرایندهای بیوژئوشیمیایی ایفا می‌کنند و همچنین از طریق زنجیره غذایی بر سلامت انسان تاثیر می‌گذارند. فناوریگیاه پالایی برای پاکسازی نواحی بزرگ آلوده به مقادیر کم یا متوسط آلاینده‌ها مناسب است. مکان هایی را که به شدت آلوده‌اند نمی‌توان با ابزار گیاه پالایی پاکسازی نمود چون این گونه محیط ها برای رشد گیاه مناسب نیست. عمقی از خاک که می‌تواند به وسیله گیاه پاکسازی یا تثبیت گردد به منطقه ریشه گیاه محدود می‌گردد. بر اساس نوع گیاه این عمق از چند سانتی متر تا چند متر متغیر است. فناوری گیاه پالایی ابزار جدیدی را با پتانسیل بالاتر برای اجرای یک توسعه پایدار، احیای محیط زیست و همچنین حذف آلاینده‌های فلزی از خاک، هوا و آب فراهم می‌کند.

چالش ها

پیش از تجمع فلزات سنگین در خاک و ایجاد سمیت، نگرانی چندانی در مورد حضور آنها در محیط زیست وجود نداشت. به دنبال بیماری «ایتای ایتای» در ژاپن و هم چنین سمیت جیوه در مزارع گندم کشور عراق، تاثیر آلودگی فلزات سنگین بر سلامت انسان مورد توجه قرار گرفت (کوبایاشی ، 1970، بکیر و همکاران، 1973). از آن پس کوشش های بسیاری در جهت بهبود روش های فیزیکی و شیمیایی و تجدید نظر در فناوری های متداول انجام شد. افزون بر این، استفاده از زیست فناوری در کاهش آلودگی محیط به فلزات سنگین مورد توجه قرار گرفت و گیاه پالایی به عنوان روشی ارزان قیمت و دوستدار طبیعت ارائه گردید. جستجو و توجه به تنوع زیستی منجر به کشف گیاهانی گردید که می‌توانند به عنوان جاذب های زیستی محیط های آلوده را پاکسازی کنند. تا کنون 163 تاکسون از 45 خانواده گیاهی که مقاوم به فلزات هستند و قادر به رشد در غلظت‌های زیاد فلزات سمی می‌باشند مشخص شده‌اند. در نهاندانگان حدود 400 گیاه انباشته گر فلزات شناخته شده است. خانواده شب بو (Brassicaceae=Cruciferеae) از گروه‌های بزرگ و مناسب در گیاه پالایی است زیرا دارای 11 جنس و 87 گونه

Archive of SID
www.SID.ir

برای تجمع زیاد فلزات است. در خانواده شب بو، تجمع نیکل در 7 جنس و 72 گونه و عنصر روی در 3 جنس و 20 گونه گزارش شده است.

برای پاکسازی خاک، رسوبات یا آب آلوده به فلز، گیاهان از سازوکارهای مختلفی برخوردارند که عبارتند از: 1) تصفیه، 2) تثبیت، 3) فرّار سازی و 4) استخراج.

1- تصفیه با ریشه (Rhizofilteration): این روش یک فناوری ارزان قیمت در پاکسازی آب های سطحی یا زیرزمینی است که حاوی مقادیر کم اما معنی دار از فلزات سنگین مانند کروم، سرب و روی می‌باشد. در این فرایند گیاهان رشد یافته در محیط آبکشت (هیدروپونیک)، به آب های آلوده به فلز انتقال می‌یابند و پس از جذب فلز، آن را در ریشه‌ها و اندام‌های هوایی‌شان انباشته می‌کنند. گیاه مناسب برای تصفیه باید قادر به انباشت و تحمل مقادیر معنی داری از فلز مورد نظر باشد. همچنین از مدیریت آسان، هزینه پائین نگهداری و مقادیر مناسبی از زیست توده یا سطوح ریشه‌ای برخوردار باشد و کمترین میزان ضایعات ثانویه را تولید کند.

از گیاهان آبزی که توانایی حذف فلزات سنگین از آب های آلوده را دارند می توان به سنبل آبی (*Eichornia crassipes*)، عدسک آبی (*Lemna minor*)، کاهوی آبی (*Pistia stratiotes*)، اسفناج آبی (*Ipomea aquatica*)، گونه های مختلف نی لویی (*Typha* spp.) و از سرخس ها جنس های *Azolla*، *Salvinia* و *Pteris* اشاره نمود (چترجی، 2005). این گیاهان به دلیل کوچک بودن و رشد آهسته ریشه‌هایشان پتانسیل محدودی برای تصفیه ریشه‌ای دارند و بنابراین بازده آنها در حذف فلزات زیاد نیست. مقادیر زیاد آب در ساختار گیاهان آبزی، خشک کردن، تهیه کمپوست و سوزاندن آنها را با مشکل مواجه می‌سازد. از اینرو گیاهان خشکی برای روش تصفیه مناسب ترند زیرا با سیستم ریشه‌ای گسترده، سطح وسیع‌تری را برای جذب فلزات فراهم می‌کنند. آفتابگردان (*Helianthus annuus*) و خردل هندی (*Brassica juncea*) گزینه های نویدبخشی برای حذف فلز از آب می‌باشند. ریشه‌های خردل هندی در حذف کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی موثر هستند و آفتابگردان می تواند سرب، اورانیم، سزیم و سرنیم را از محلول های آبکشت حذف کند (دوشنکف و همکاران، 1995). ترشحات ریشه‌ای و تغییر در pH ریزوسفر باعث رسوب فلزات بر سطح ریشه می شود و پس از اشباع ریشه‌ها از فلز، گیاه کامل یا بخشی از ریشه ها برداشت و معدوم می‌گردد.

2- تثبیت با گیاه (Phytostabilization): زمانی که به دلیل وسعت منطقه آلوده یا فقدان بودجه کافی راهبردهای زداینده آلودگی غیرعملی است استفاده از گیاهان بسیار سودمند می باشد. روش های سنتی برای کاهش آلاینده های فلزی در محیط شامل غیر متحرک سازی یا تثبیت فلزات در خاک، مهاجرت فلزات را به حداقل می‌رساند اما به دلیل فرسایش خاک این خطر همچنان وجود دارد که انسان و حیوانات در معرض فلزات قرار گیرند. گیاه با تثبیت فلز از پراکندگی آن به وسیله باد و فرسایش خاک جلوگیری می‌کند و مهاجرت عمودی آلاینده‌ها را به آب های زیرزمینی متوقف می‌سازد. مزایای تثبیت با گیاه نسبت به سایر روش های اصلاحی خاک شامل کاهش هزینه ها، آلودگی زیست محیطی کمتر، ابزار آسان و ارائه معیارهای زیباشناسی می‌باشد. این روش شکل اصلاح یافته غیرفعال سازی در محل است که عملکرد گیاهان، نقش ثانویه‌ای در اصلاح خاک به عهده دارد. در این روش هدف اصلی حذف آلاینده‌های فلزی از محیط نیست بلکه گیاه با تثبیت فلزات، خطر آنها را برای سلامت انسان و محیط کاهش می‌دهد. هم اکنون دو رقم علف بوریا (*Agrostis tenuis*) و یک رقم علف بره (*Festuca rubra*) به

Archive of SID
www.SID.ir

صورت تجاری برای تثبیت فلزات در خاک های آلوده به سرب، روی و مس در دسترس می‌باشد (اسمیت و برادشاو، 1992). تثبیت با گیاه در خاک هایی با بافت ریز و مواد آلی فراوان، بسیار موثر است اما برای خاک های به شدت آلوده پیشنهاد نمی گردد زیرا رشد و بقای گیاه در آن محیط امکان پذیر نمی باشد.

3- فرّارسازی با گیاه (Phytovolatilization): در سال های اخیر بررسی هایی برای یافتن گیاهان خودرو یا تراریخته انجام شده است که بتوانند فرم عنصری فلزات سنگین را از خاک جذب و سپس آنها را با روش های زیستی به گاز تبدیل و در اتمسفر رها کنند. این فناوری ابزاری نویدبخش برای اصلاح خاک های آلوده به سلنیم و جیوه است. در بسیاری از نقاط جهان وجود خاک های غنی از سلنیم به یک مسئله جدی تبدیل شده است. آزاد شدن ترکیبات فرّار سلنیم از گیاهان عالی اولین بار به وسیله لویس و همکاران (1966) گزارش شده است (بروکس، 1998b). گیاهان خانواده شب بو قادر به آزادسازی انواع ترکیبات گازی به میزان بیش از 40 گرم در روز هستند (تری و همکاران، 1992). تعدادی از گیاهان آبزی مانند نی لوئی (*Typha* sp.) نیز برای گیاه پالایی سلنیم مناسب می باشند.

در سال های اخیر با هدف فرّارسازی جیوه، تلاش های قابل توجهی به منظور وارد کردن ژن هایHg–ردوکتاز باکتریایی به گیاهان صورت گرفته است. گیاهانی که جیوه را فرّار می‌کنند از انواع تراریخته هستند. گیاهان رشادی (*Arabidopsis thaliana*) و تنباکو (*Nicotiana tabacum*) با استفاده از ژن های باکتریایی *Mer B* و *Mer A* تغییر یافته‌اند. این گیاهان جیوه عنصری و متیل جیوه را از خاک جذب و آن را در حالت فرّار از طریق برگ ها در اتمسفر رها می‌سازند (هیتون و همکاران، 1998).

4- استخراج با گیاه (Phytoextraction): این روش برای اصلاح مناطق وسیع که در عمق کم با مقادیر کم یا متوسط آلاینده‌های فلزی آلوده شده‌اند مناسب است. گیاه فلزات را از خاک جذب و به اندام های هوایی انتقال می دهد. با برداشت گیاه، حذف فلزات از خاک صورت می گیرد. تاج خروس خاردار (*Amaranthus spinosus*) و گونه های گل مرواریدی (*Alternanthera philoxereroides* و *A. sessiles*) قادر به تجمع فلزات در بافت های برگ می باشند (پراساد، 2001b). از این گیاهان می توان برای پاکسازی مناطق آلوده استفاده نمود. گونه ای از گل اختر (*Canna generalis*) به عنوان گیاه زینتی در چشم اندازهای شهری کاشته می شود. بررسی های انجام شده نشانگر آن است که گل اختر گیاهی مناسب برای استخراج سرب است (ترامپزنیسکا و همکاران، 2001). شمعدانی معطر نیز یکی از کارآمدترین گیاهان در انباشته گری فلزات است. در مطالعات گلخانه ای قلمه های جوان شمعدانی معطر در چهارده روز توانستند 90 میلی گرم سرب، 27 میلی گرم کادمیم و 19 میلی گرم نیکل را استخراج نمایند. اگر این میزان جذب در شرایط مزرعه ای نیز صورت پذیرد شمعدانی معطر باید بتواند در طی کمتر از ده سال خاک های بسیار آلوده را پاکسازی نماید. در یک برنامه پاکسازی سرب با استفاده از گیاه پالایی، شمعدانی معطر در 16 نوبت و با تراکم 100 گیاه در مترمربع توانست در یکسال 72 گرم سرب در مترمربع را حذف کند. برابر برآوردهای انجام شده این گیاه می تواند حدود 1000 تا 5000 کیلوگرم در هکتار در سال سرب را استخراج نماید. بنابراین اگر شمعدانی معطر در خاکی که آلودگی سرب آن 1000 میلی گرم بر کیلوگرم خاک است کشت شود می تواند در طی 8 سال آن خاک را به طور کامل از آلودگی پاک نماید (ساکسنا و همکاران، 1999).

Archive of SID
www.SID.ir

استخراج گیاهی شناخته شده ترین فناوری در بین تمامی روش های گیاه پالایی است که حذف آلاینده‌های فلزی از خاک را تسهیل می‌کند. در این فناوری گیاهانی با توان تجمع فلزات در خاک های آلوده به فلز کشت و یا به آنجا منتقل می‌گردند. ریشه این گیاهان عناصر فلزی را از خاک جذب و آنها را به اندام های هوایی منتقل و در آنجا انباشته می‌کنند. بعد از رشد کافی گیاه، اندام های هوایی آن برداشت و حذف می‌گردد و بدین ترتیب حذف پایدار فلزات از آن محیط صورت می‌گیرد. استفاده از کلات ها، استخراج فلزات را به وسیله گیاه افزایش می دهد. کلات ها می توانند تجمع سرب را در گیاهانی مانند ذرت (*Zea mays*) و نخود فرنگی (*Pisum sativum*) افزایش دهند (هانگ و همکاران، 1997b).

موفقیت فناوری استخراج به چند ویژگی گیاه بستگی دارد که می توان به توانایی تولید زیست توده فراوان و تجمع سریع مقادیر زیاد فلزات در اندام های هوایی اشاره نمود. برای مثال خردل هندی (*Brassica juncea*) در حذف روی موثرتر از کیسه چوپان (*Thlaspi caerulescence*) می‌باشد که یک انباشته گر موثر روی است. این مزیت ناشی از آنست که تولید زیست توده در خردل هندی ده برابر زیست توده در گیاه کیسه چوپان است (ابس و همکاران، 1997). گیاهانی که برای اهداف استخراج گیاهی مورد توجه قرار می‌گیرند باید به فلزات مورد نظر یا سایر فلزات مقاوم باشند و از کارایی لازم در انتقال این فلزات از ریشه به بخش های هوایی و قابل برداشت گیاه برخوردار باشند. ترکیب این دو ویژگی منجر به حداکثر حذف فلز از محیط خواهد شد. بعضی از گیاهان خانواده گندمیان مانند جو(*Hordeum vulgare*) و یولاف (*Avena sativa*) به غلظت های زیاد مس، کادمیم و روی مقاوم هستند و مقادیر متوسط تا زیاد آنها را در بافت های خود ذخیره می کنند (ابس و کوچیان، 1998). از دیگر ویژگی‌های مطلوب گیاهان، مقاومت آنها به شرایط سخت خاک (مانند pH خاک، شوری و میزان آب)، تولید سیستم ریشه‌ای انبوه، استقرار آسان و نیاز به مراقبت کم و مشکلات کمتر در مورد آفات و بیماری ها است. به طور معمول یافتن گیاهی که تمام ویژگی های یاد شده را یکجا به همراه داشته باشد مشکل است. بنابراین، نیاز به تمرکز بر اصلاح گیاهان و انجام تحقیقات در زمینه مهندسی ژنتیک است.

نتیجه گیری و بحث

عناصر سمی و فلزات سنگین حاصل از فرایندهای انسانی در اجزاء بیوسفر در حال افزایش هستند. به دلیل تردد فاضلاب های صنعتی و ضایعات معادن، غلظت فلزات در خاک و آب هزاران برابر شده است. در شرایطی که تلاشی برای پاکسازی مکان های آلوده به فلز صورت نمی گیرد، یا امکان حضور شرکت‌های مسئول به مدت طولانی وجود ندارد و یا پاکسازی مکان های آلوده در اولویت دستور کار قرار ندارد، فناوری گیاه پالایی راهبردی مناسب برای کاهش خطر آلودگی محیط می باشد. این فناوری در مراحل ابتدایی است و اهداف تجاری بزرگی را پیش رو دارد. آرزوی سودآور بودن این ایده جدید، انگیزه‌ای قوی برای حفظ طبیعت ایجاد کرده است. این فناوری جدید از نظر اقتصادی باصرفه، دوستدار طبیعت و با رویکردی مناسب از نظر زیبا شناسی است. ازینرو در اصلاح خاک می تواند در جایگاهی برتر از فناوری های متداول قرار گیرد.

روش گیاه پالایی باید به عنوان یک اصلاح طولانی مدت مورد توجه قرار گیرد زیرا برای کاهش غلظت فلزات و رسیدن به سطح قابل قبول، نیاز به کشت های دوره ای است. مدت زمان لازم برای پاکسازی، به نوع و میزان

Archive of SID
www.SID.ir

آلاینده‌های فلزی، طول فصل رشد و بازده حذف فلزات به وسیله گیاه بستگی دارد اما به طور معمول محدوده آن بین یک تا 20 سال می‌باشد.

تجاری شدن فناوری تصفیه با ریشه از سویی وابسته به اقتصاد و از سوی دیگر ناشی از مزایای فنی آن می‌باشد از جمله اجرایی بودن در مورد بسیاری از فلزات مشکل ساز، توانایی بهبود بخشی در سطح وسیع، نیاز کمتر به مواد شیمیایی سمی، کاهش حجم ضایعات ثانویه، احتمال پذیرش عمومی و نظارت مردمی. به هرحال کاربرد این فناوری ممکن است در مقابل دیگر روش های مشابه و ارزان قیمت با چالش‌هایی مواجه باشد. تولید نشاهای رشد یافته در شرایط آبکشت و نگهداری موفقیت آمیز سیستم‌های مربوطه در مزرعه نیاز به تربیت نیروهای متخصص دارد و همچنین نیازمند تسهیلات و ابزارهای ویژه است. این امور می‌تواند هزینه‌های سرانه را افزایش دهد.

فرّارسازی راه حلی پایدار در حذف فلزات سنگین است زیرا فرم‌های معدنی این عناصر از خاک حذف می‌شود و انواع گازی آنها بار دیگر در محل مربوطه یا نزدیک آن ته نشین نمی‌شوند. در این فناوری، گیاه بعد از کاشت، به مدیریت بیشتر و دفع مواد گیاهی آلوده نیاز ندارد. از دیگر مزایای این روش می توان به کاهش فرسایش و جلوگیری از تخریب محیط اشاره نمود. فرّارسازی با گیاه در محل‌هایی که در نزدیکی مراکز پر جمعیت هستند و یا شرایط ویژه هواشناسی، رسوب این ترکیبات فرّار را تسریع می‌کند پیشنهاد نمی‌گردد.

گیاهان برگزیده برای تثبیت فلز باید ناقلان ضعیفی باشند تا آلاینده‌های فلزی به بافت‌های هوایی گیاه انتقال نیابد و مورد مصرف انسان و حیوانات قرار نگیرد. فقدان مقادیر قابل توجه فلزات در بخش های هوایی، ضرورت انجام اصلاحات روی بقایای گیاه به عنوان ضایعات خطرناک را منتفی می‌سازد. از دیگر ویژگی‌های این گیاهان، استقرار و مراقبت آسان، رشد سریع، سیستم ریشه‌ای متراکم و مقاومت به آلاینده‌های فلزی است.

در روش استخراج با گیاه، زمین باید تا حد امکان عاری از موانع و درختان برگریز باشد و توپوگرافی آن انجام عملیات کشاورزی و استفاده از ابزارهای کشاورزی را امکان پذیر سازد. فلزات در خاک باید به راحتی در دسترس گیاه قرار گیرد تا به وسیله ریشه‌ها جذب شود. در بسیاری از حالات می‌توان فلزات ارزشمند را از خاکستر غنی از فلز گیاه استخراج نمود و این امر به عنوان یک منبع درآمد می‌تواند بخشی از هزینه های پاکسازی را جبران نماید.

به تازگی پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه روشن ساختن رازهای ژنتیکی در گیاهان انباشته گر فلزات صورت گرفته است. انتخاب گونه‌های مقاوم به فلزات سنگین ابزاری مناسب برای کسب موفقیت در گیاه پالایی است. این گیاهان به عنوان گنجینه ها و ذخایر ارزشمند در خدمت کاربردهای زیست فناوری می‌باشند.

منابع

1-Bakir, F., S.F. Dambuji, M.Amin-Zaki, M. Muthada, A. Khalidi, N.K.Y. Al-Rawi, S. Tikrity and H. Dahir. 1973. Metylmercury in Iraq. Science. 181:230.

2-Blaylock, M.J. and Huang, J.W. Phytoextraction of metals. 2000. In: I. Raskin and B.D. Ensley eds. Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean-up the environment. New York, John Wiley & Sons, Inc., p. 53-70.

3-Brooks, R.R. (ed). 1998b. Plants that hyperaccumulate heavy metals. Wallingford, CAB International. p. 384.

4-Chaney, R.L. Plant uptake of inorganic waste constitutes. 1983. In: Parr, J.F.; Marsh, P.B. and Kla, J.M. eds. Land treatment of hazardous wastes. Park Ridge, NJ, Noyes Data Corp., p. 50-76.

5-Chatterji, A.K. 2005. Introduction to Environmental Biotechnology. Prentice-Hall.P.179.

Archive of SID
www.SID.ir

6-Dushenkov, V., Kumar P.B.A.N., Motto, H. and Raskin, I. 1995. Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. Environmental Science and Technology. Vol. 29: 1239-1245.
7-Ebbs, S.D. and Kochian. L.V. 1998. Phytoextraction of zinc by oat (Avena sativa), barley (Hordeum vulgare), and Indian mustard (Brassica juncea). Environmental Science and Technology. Vol. 32 (6): 802-806.
8-Ebbs, S.D.; Lasat, M.M.; Brandy, D.J.; Cornish, J.; Gordon, R. and Kochian, L.V. 1997. Heavy metals in the environment: Phytoextraction of cadmium and zinc from a contaminated soil. Journal of Environmental Quality. Vol. 26:1424-1430.
9-Flathman, P.E. and Lanza, G.R. 1998. Phytoremediation: current views on an emerging green technology. Journal of Soil Contamination. Vol. 7 (4): 415-432.
10-Huang, J.W.; Chen, J.; Berti, W.R. and Cunningham, S.D. 1997a. Phytoremediation of lead contaminated soil: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environmental Science and Technology. Vol. 31 (3): 800-805.
11-Heaton, A.C.P., Rugh, C.L., Wang, N. and Meagher. R.B. 1998. Phytoremediation of mercury - and methylmercury - polluted soils using genetically engineered plants. Journal of Soil Contamination. Vol. 7 (4): 497-510.
12-Kobayashi, J. 1971. Ralationship between the “Itai’Itai” disease and the pollution of river water by cadmium from a mine proceedings. Fifth Inter. Water Pollution Res. Conf. San Francisco, 1970.
13-Prasad, M.N.V. Bioremediation Potential of Amaranthaceae. 2001b. In: Proceedings of the 6th International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium. (4^{th} - 7^{th} June, 2001, San Diego, California, USA. Vol. 6 (5): 165-172.
14-Reeves, R.D. and Baker, A.J.M. Metal- accumulating plants. In: Raskin, I. and Ensley, B.D., eds. 2000. Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean-up the environment. New York, John Wiley and Sons. p. 193-230.
15-Saxena, P.K.; Krishnaraj, S.; Dan, T.; Perras, M.R. and Vettakkoruma-Kankav, N.N. 1999. Phytoremediation of metal contaminated and polluted soils. In: Prasad, M.N.V. and Hagemeyer, J., eds. Heavy metal stress in plants - From molecules to ecosystems. Springer-Verlag, Heidelberg. p. 305-329
16-Smith, R.A.H. and Bradshaw, A.D. 1992. Stabilization of toxic mine wastes by the use of tolerant plant populations. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Vol. 81: A230-A237.
17-Terry, N., Carlson, C., Raab, T.K. and Zayed, A. 1992. Rates of selenium volatilization among crop species. Journal of Environmental Quality. Vol. 21: 341-344.
18-Trampczynska, A., Gawronski, S.W. and Kutrys, S. 2001. Canna generalis as a plant for phytoextraction of heavy metals in urbanized area. Zeszyty Naukowe Politechniki Slaskiej. Vol. 45: 71-74.

Archive of SID

Phytoremediation of heavy metals from soil

M. Moeeni and A. N. Farahbakhsh

Islamic Azad University of Shiraz, College of Agriculture

Abstract

www.SID.ir

A major environmental concern due to dispersal of industrial and urban wastes generated by human activities is the contamination of soil. Heavy metals are the most prevalent pollutants. In recent years, contamination of soils by heavy metals has been increased. As a result, it has caused environmental and health problems all around the world.
Unlike organic compounds, metals can not be degraded, and cleanup usually requires their removal. A wide range of physical and chemical processes is available for the removal of heavy metals from the environment. Most of the conventional remedial technologies are expensive and inhibit the soil fertility. This may cause negative impacts on the ecosystem. Phytoremediation is a cost-effective, environmental friendly and aesthetically pleasing approach. Different species of plants can be used for removing of heavy metals as bioabsorbents. Plants have different mechanisms for phytoremediation including rhizofilteration, phytofixation, phytovolatilization and phytoextraction. However, a lot of biomass is produced during this process and it needs proper disposal and management. High biomass weeds can be selected to restrict the passage of contaminants into the food chain by selecting non-edible, disease resistant and tolerant plants, which can provide renewable energy.
Key words: Bioabsorbents, heavy metals, phytoremediation, soil.

Archive of SID

www.SID.ir