توسعه و کاربرد گیاه پالایی در پالایش خاک های آلوده به فلزات سنگین

فاطمه رجائی[1*]

۱*- دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

* ایمیل نویسنده مسئول Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۵ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۲/۰۵

چکیده

موضوع آلودگی خاک توسط مواد شیمیایی زائد باعث افزایش نگرانی‌هایی در مورد محیط زیست شده است. از میان آنها فلزات سنگین به‌دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی که بر موجودات زنده دارند. فلزات سنگین در محیط تجزیه نمی‌شوند، بنابراین نیاز به خارج کردن آن‌ها از محیط می‌باشد. از طرفی هزینه‌های بسیار گزاف روش‌های فیزیکی و شیمیایی سبب تلاش در جهت دست‌یابی به روش‌های ارزان‌تری شده است. بنابراین پژوهشگران روش نوینی با استفاده از پتانسیل گیاهان برای زدودن آلودگی خاک ها و حفظ این سرمایه ملی بنا نهاده اند. از مشخص‌ترین معایب این روش محدود به سایت های با آلودگی متوسط و پائین، تولید بیوماس پایین، ریشه کم عمق، دسترسی زیستی پایین فلزات در خاک به ویژه خاک های آهکی و جوان در مناطق خشک و نیمه خشک ، زمان بر بودن می باشد. یکی از راه حل ها به منظور فائق آمدن مشکلات ذکر شده در گیاه پالایی، انتخاب گونه های مناسب، استفاده از باکتری‌های مقاوم به فلزات سنگین و محرک رشد گیاه، برای تقویت سیستم ریشه‌ای ، تولید زیست توده بیشتر و افزایش دسترسی زیستی فلزات توسط گیاهان می باشد. بنابراین استفاده از تلقیح میکروبی به گونه های گیاهی کمک خواهد کرد تا فلزات سنگین از خاک به طور موثر پالایش شوند. کاربرد تکنیک گیاه پالایی تاکنون در کشور ما کمتر و تنها در آزمایشگاه ها و به صورت آزمایشی انجام شده و به علت ناآگاهی و بی توجهی مسولان هیچ گاه به عنوان روشی موثر در پالایش فلزات سنگین در خاک های آلوده مورد استفاده قرار نگرفته است. لذا ضروری است تا ضمن معرفی و جایگزینی گیاهان و به کارگیری استراتژی های نوین براساس بررسی همیاری گیاهان – جوامع میکروبی ، بتوانیم در مسیر گسترش و بومی سازی گیاه پالایی نوین، جهت کاهش ریسک سلامت خاک و افزایش امنیت غذایی به طور موثر و اقتصادی گام برداریم.

کلمات کلیدی

"گیاه پالایی"، "فلزات سنگین"، "میکروارگانیسم ها".

اهمیت و ضرورت گیاه پالایی

خاک بستری است که بقای میلیون‌ها انسان بدان وابسته است و از دیدگاه جهانی، خاک سومین جزء عمده محیط زیست تلقی می شود. با توجه به محدودبودن منابع خاک، آلودگی خاک یکی از مهم ترین معضلات زیست محیطی کشورها است. در صورتی که خاک آلوده پاک‌سازی نشود، آلاینده‌ها به تدریج در عمق خاک نفوذ کرده و افزون بر آلودگی خاک، باعث آلودگی سفره های آب زیرزمینی می شود که یکی از مهم ترین منابع تأمین آب در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران است. به این ترتیب، یکی از مهم‌ترین چالشها در جهان، مبارزه با آلودگی منابع خاک از یک سو و احیاء و پاک سازی مکان های آلوده شده از سوی دیگر است (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۳). موضوع آلودگی خاک توسط مواد شیمیایی زائد باعث افزایش نگرانی-هایی در مورد محیط زیست شده است. از میان آنها فلزات سنگین به‌دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی که بر موجودات زنده دارند، در غلظتهای کم نیز حائز اهمیت شناخته شده‌اند. همچنین، هنگامی که فلزات سنگین درون بافت‌های گیاهی تجمع می یابند اغلب به صورت مستقیم از طریق قرارگیری به جای سایر عناصر غذایی ضروری در رنگدانه‌ها یا آنزیم‌ها و اختلال در عملکرد آن‌ها تاثیر می گذارند. یا به صورت غیرمستقیم حضور فلزات سنگین با تخریب ساختار سلول باعث ایجاد تنش اکسیداتیو و افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS[1]) می‌گردد (صارمی و همکاران،، ۱۳۹۳). علاوه بر فرآیندهای طبیعی، فلزات سنگین می توانند به وسیله منابع انسانی مانند فعالیتهای معدنکاوی، دفن ضایعات و زباله‌های مختلف، مصارف بیش از حد کودهای شیمیایی، سوخت های فسیلی و نظایر آن موجب آلودگی خاک گردند. براساس بررسی‌های به عمل آمده در ایران، رشد بی‌رویه شهرها در دهه‌های اخیر از یک سو و فقدان سیستم جمع آوری فاضلاب از سوی دیگر موجب شده است که، اراضی کشاورزی به پذیرنده‌های فاضلاب–های شهری و فاضلاب–های صنعتی برخی صنایع تبدیل گردند. در سال ۱۳۵۲–۱۳۵۳ یکی از اولین تحقیقات درباره آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین ، در تهران انجام گرفت،که در آن به آلودگی بالای کادمیوم در خاک های مناطق جنوب تهران، در اثر آبیاری با نهر فیروز آباد اشاره شد (ترابیان، ۱۳۹۱). از مسائل عمده دیگر، استفاده از لجن فاضلاب ها در زمین های کشاورزی است ،که حاوی فلزات سنگین هستند (میرحسینی،

1 -Reactive Oxygen Species

۱۳۸۸ ؛ اسفندیاری، ۱۳۸۸). از طرف دیگر، مصرف کودهای فسفاته در زمین های کشاورزی موجب کاهش pH خاک و آزاد شدن فلزات سنگین سرب، کروم، کادمیوم و آرسنیک ، به خاک می شود. به طوری که، در مطالعه انجام گرفته بین سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در مزارع گندم ، افزایش قابل ملاحظه سرب و آرسنیک در اثر استفاده از کودهای شیمیایی مشاهده شد (Atafar، ۲۰۱۰). این عوامل، سبب تجمع زیستی فلزات سنگین در گیاهان شده و سرانجام از طریق زنجیره غذایی به انسان و دام منتقل می شوند. به طوری که در مناطق مختلف ایران غلظت فلزات سنگین در گیاهان خوراکی بالاتر از حد استاندارد ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی و فائو گزارش شده است (لرستانی، ۱۳۹۳). از دیگر عوامل آلودگی محیط به فلزات سنگین، فعالیت های معدنکاوی، معادن متروکه سولفیدی، زهاب اسیدی معدن و باطله های رها شده می باشد. باطله ها دارای غلظت بالایی از عناصر بوده که در معرض فرسایش آبی و بادی هستند و به عنوان یک منبع دائمی انتشار آلودگی فلزات به محیط خود عمل می کنند، که تحت شرایط ویژه محیطی رها شده و وارد منابع آب و خاک می شوند (دالوند، ۱۳۹۵). همچنین، شیرابه پسماند ها معمولاً دارای غلظت بالایی از فلزات سنگین است به طوری که میزان فلزات سنگین چند برابر خاک های عادی می باشد. لندفیل کهریزک نمونه واضحی از عامل آلودگی خاک و آب های زیر زمینی به فلزات سنگین می باشد. به طوری که این لندفیل زمینی به وسعت ۸۰۰ هکتار را تا عمق ۱۰۰ متری آلوده کرده و علاوه بر آن، آلودگی حاصل از آن، چاه های اطراف را تا شعاع ۴ کیلومتری، تحت تاثیر قرار داده است. قابل ذکر است این مشکل در استان های شمالی با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی بسیار قابل توجه می باشد (کبریا و همکاران، ۱۳۹۳). فلزات سنگین در محیط تجزیه نمی‌شوند، بنابراین نیاز به خارج کردن آن‌ها از محیط می‌باشد. از طرفی هزینه‌های بسیار گزاف روش‌های فیزیکی و شیمیایی سبب تلاش در جهت دست‌یابی به روش‌های ارزان‌تری شده است. استفاده از روش های معمول تیمار فیزیکی، شیمیایی در مواردی که غلظت فلزات سنگین پایین باشد اقتصادی و مقرون به صرفه نمی باشند و حتی ممکن است باعث تولید پساب های ثانویه ای گردند که به نوبه خود مشکلات تصفیه ای بیشتری را درپی خواهند داشت (Jacob، ۲۰۱۳). بنابراین پژوهشگران روش نوینی با استفاده از پتانسیل گیاهان برای زدودن آلودگی خاک ها و حفظ این سرمایه ملی بنا نهاده اند. سطح بالای فلزات سنگین در گیاهان می تواند اثرات جدی بر رشد و توسعه گیاهان داشته باشد اما بعضی از گیاهان با توسعه مکانیسم های ویژه می توانند در غلظت های بالا فلزات سنگین را در خود تجمع دهند ، که گیاهان بیش اندوز نامیده می شوند. گیاهان بیش اندوز می توانند فلزات را ۱۰۰ برابر بیشتر از گیاهان غیر بیش اندوز در خود ذخیره نمایند.گیاه پالایی روشی موثر، بدون نیاز به تجهیزات گران قیمت و افراد متخصص، سازگار با محیط زیست و قابل اجرا در سطوح وسیع است. علاوه بر آن، حضور پوشش گیاهی در سطح خاک مانع از فرسایش و هدر رفت خاک و ایجاد گرد و غبار می شود. با استفاده از گیاهان و کاشت آنها در خاک های آلوده و به کارگیری تکنیک های جدید این شیوه، درصد قابل ملاحظه ای از فلزات سنگین جذب گیاهان شده و از محیط حذف می شوند. با وجود مزایایی که برای استفاده از گیاهان در پالایش آلاینده‌های آلی و غیر آلی بر شمرده شده، از مشخص‌ترین معایب این روش محدود به سایت های با آلودگی متوسط و پائین، تولید بیوماس پایین، ریشه کم عمق، دسترسی زیستی پایین فلزات در خاک به ویژه خاک های آهکی و جوان در مناطق خشک و نیمه خشک ، زمان بر بودن می باشد (۱۴). این محدودیت‌های اجتناب ناپذیر، محققان را مجبور به اصلاح رویکردهای سنتی و به کارگیری تکنیک های جدید شیوه گیاه پالایی برای به حداقل رساندن محدودیت ها و اطمینان از استفاده گسترده از گیاه پالایی می-کند. انتخاب گونه های مناسب برای گیاه پالایی فلزات سنگین از مراحل حساس گیاه پالایی می باشد، به طوری که در گیاهان بیش اندوز دو عامل بسیار مهم باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد: دامنه تحمل پذیری گیاه نسبت به عناصر و دیگری توان تجمع زیستی در اندام های مختلف گیاه (Sarwar، ۲۰۱۶). یکی دیگر از راه حل ها به منظور فائق آمدن مشکلات ذکر شده در گیاه پالایی، استفاده از باکتری‌های مقاوم به فلزات سنگین و محرک رشد گیاه، برای تقویت سیستم ریشه‌ای ، تولید زیست توده بیشتر و افزایش دسترسی زیستی فلزات توسط گیاهان می باشد (Etesami، ۲۰۱۸). باکتری‌های محرک رشد با افزایش حلالیت عناصر نظیر فسفات‌های آلی و معدنی و سهولت در جذب آن و تامین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه را سبب می شوند. علاوه بر این، باکتری ها با استفاده از مکانیسم های مختلف شامل جذب زیستی، ترسیب زیستی[۲] ، تجمع، تغییر شکل فلزات سنگین، افزایش حلالیت فلز و غیره بر پالایش فلزات سنگین از خاک موثرند. بنابراین استفاده از تلقیح میکروبی به گونه های گیاهی کمک خواهد کرد تا فلزات سنگین از خاک به طور موثر پالایش شوند (Sobariu، ۲۰۱۷). کاربرد تکنیک گیاه پالایی تاکنون در کشور ما کمتر و تنها در آزمایشگاه ها و به صورت آزمایشی انجام شده و به علت ناآگاهی و بی توجهی مسولان هیچ گاه به عنوان روشی موثر در پالایش فلزات سنگین در خاک های آلوده مورد استفاده قرار نگرفته است. لذا ضروری است تا ضمن معرفی و جایگزینی گیاهان و به کارگیری استراتژی های نوین براساس بررسی همیاری گیاهان – جوامع میکروبی ، بتوانیم در مسیر گسترش و بومی سازی گیاه پالایی نوین، جهت کاهش ریسک سلامت خاک و افزایش امنیت غذایی به طور موثر و اقتصادی گام برداریم.

2- Bioprecipitation

اهمیت و توجیه اقتصادی و اجتماعی گیاه پالایی

خاک منبع درآمد ، تولید و اساس جمیع تمدن مادی و یکی از منابع مهم و ارزشمند طبیعت است و بدون داشتن خاک سالم حیات و زندگی روی زمین امکان پذیر نخواهد بود. به طوری که در سطح بین المللی هرمترمکعب خاک می تواند ۱۵-۶۰ دلار فروخته شود. در برخی از نقاط جهان، خاک های آلوده به فلزات و مواد شیمیایی مانند سرب، آزبست و گوگرد، برای تولید محصولات کشاورزی نامطلوب است و پس از برداشت به علت سطوح بالای سمیت محصولات، قابل استفاده نمی باشد. که این امر، منجر به ایجاد زیان های عظیم اقتصادی می شود. به عنوان مثال، در بخش کشاورزی چین، حدود ۱۲ میلیون تن دانه های آلوده به صورت سالیانه دفن می شوند و ضرر کشاورزان چینی به میزان ۲/۶ میلیارد دلار برآورد می شود. علاوه بر این، آلاینده از طریق گیاهان وارد زنجیره غذایی می شود و به سلامتی حیوانات و انسان ها آسیب می رساند (Wan، ۲۰۱۷). محاسبه سود پالایش خاک های مزارع ندرتا انجام می شود و ارزش بازاری قابل دسترس برای خاک های مزارع وجود ندارد، به خاطر اینکه آنها نمی توانند فروخته یا خریده شوند. بنابراین ارزش خاک های مزارع به طور غیر مستقیم می تواند محاسبه شود. ارزش های غیر مستقیم گیاه پالایی می تواند شامل بهبود عملکرد خاک برای تولید محصولات کشاورزی با کیفیت ، امنیت غذایی ، سلامت خاک ، ممانعت از فرسایش خاک ، سودهای اجتماعی (استفاده دوباره از زمین برای استفاده فضای سبز)، جنبه های زیست محیطی (حفاظت از خاک کشاورزی، حفاظت از زیستگاه ها برای گونه های حساس) و منافع اقتصادی (ایجاد شغل، افزایش ارزش زمین) باشد (Wan، ۲۰۱۷). آلودگی زدایی خاک ها یک هدف طولانی است که می تواند همزمان درآمد کشاورزان را در سطح قابل مقایسه با شرایط قبل از پالایش نگه داشت. در حقیقت در خاک های آلوده به فلزات سنگین توام با پالایش خاک های آلوده می توان به بهره برداری اقتصادی نیز دست یافت و انگیزه پالایش اراضی را در کشاورزان و مدیران صنایع را افزایش داد. در حقیقت این تکنولوژی را می توان با دو هدف پالایش خاک های آلوده به فلزات سنگین و بهره وری اقتصادی و کشاورزی به کار برد. در صورتی که، این عمل صورت نپذیرد نه تنها مشکل آلودگی همچنان باقی خواهد ماند، بلکه هر روز بر بار آلودگی زمین ها نیز اضافه خواهد شد و با مرور زمان زمین حاصلخیزی خود را از دست خواهد داد. از طرف دیگر این آلودگی وارد زنجیره غذایی شده و امنیت غذایی را به خطر خواهد انداخت. گونه های گیاهی مورد بررسی می تواند شامل سه گروه زراعی، علفی و زینتی باشد. تولید گل های شاخه بریده درایران در سالهای اخیر روندی صعودی داشته به طوریکه از 2.33 میلیارد شاخه در سال ۲۰۱۶ به ۳,۳۱ میلیارد شاخه در سال ۲۰۱۷ رسیده است این رشد ۴۱ درصدی نشانه توجه روزافزون تولید کنندگان به تولید گل های شاخه بریده میباشد. کشت گل های شاخه بریده نوید بخش ایجاد ۴۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ شغل در سراسر کشور است. ایران در سال ۲۰۱۵ توانسته از صادرات گل های شاخه بریده ۴۷ میلیون دلار درامد کسب کند در حالیکه در آمد حاصل از این نوع کشت تا یک میلیارد دلار در سال ظرفیت دارد. همچنین برای نمونه گل جعفری دارای برآورد اقتصادی ۸۵-۱۰۰ میلیون در هکتار می باشد و میزان تولید آن بین ۱۵۰-۲۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار می باشد. با توجه به گونه های زینتی مورد بررسی در این طرح که شامل گل مارگاریت (۲۵۰ میلیون تومان در هکتار) ، همیشه بهار (۲۰۰ میلیون تومان در هکتار) ، داوودی (۴۰۰ میلیون تومان در هکتار) ، گلایل (۵۲۰ میلیون تومتن در هکتار) و شمعدانی (۵۷۰ میلیون تومان در هکتار) می‌باشد می توان به توجیه اقتصادی و اجتماعی طرح پرداخت. از گروه دیگر گیاهان مورد استفاده در این طرح گیاهان زراعی شامل ارزن (۳۰-۷۰ تن در هکتار علوفه تر و ۲-۳ تن در هکتار عملکرد دانه) ، سورگوم (۱۲۰-۱۵۰ تن در هکتار علوفه تر و ۷-۹ تن در هکتار عملکرد دانه) و کتان (۷۰۰-۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار محصول ، ۱۰۰-۶۰۰ کیلوگرم روغن در هکتار) می باشد که علاوه بر گیاهان جایگزین پیشنهادی در اراضی زارعی آلوده به فلزات سنگین و تثبیت آلودگی در خاک و ریشه گیاهان از نظر اقتصادی و میزان عملکرد قابل مقایسه با گیاهان کشت شده در اراضی آلوده خواهد بود.. همچنین گروه دیگر گیاهان برای کاشت در اراضی آلوده به فلزات سنگین گیاهان علوفه ای مانند فستوکا، اسپرس، چمن تیموتی، چچم، علف باغ و علف گندمی می باشد که این گیاهان دارای عملکرد مناسب ۵- ۱۰ تن در هکتار بوده که می توانند به عنوان علوفه مورد تغذیه دام قرار گیرند. همچنین، میکروارگانیسم های کاندید جهت پاکسازی خاک می تواند به صورت محصول باکتری خشک روی حامل مناسب (جهت تثبیت میکروارگانیزم) برای استفاده در مقیاس صنعتی کشت و تولید گردد. از طرف دیگر، تصفیه بیولوژیکی آلودگی ها از اقتصادی ترین و مؤثرترین روش های تصفیه می باشد و سایر روش های فیزیکی و شیمیایی، در مواردی که غلظت فلز سنگین پایین اقتصادی و مقرون به صرفه نمی باشند. گیاهان از آنجا که می توانند در سطح وسیعی رشد کرده و با هزینه کمتری نسبت به سایر روش های تصفیه بیولوژیکی ، فلزات سمی را جذب کنند و بر عکس سیستم های مصنوعی ضرری برای محیط زیست ندارند، بسیار مقرون به صرفه هستند. به طوری که در اکثر موارد هزینه ها ۵۰ درصد پایین تر از روش های دیگر مانند خاکبرداری است. (۱۸).

تحقیقات صورت پذیرفته در داخل و خارج کشور

گیاه پالایی یکی از روش‌های پالایش زیستی خاک‌ها است که در دو دهه اخیر به آن توجه زیادی شده است. امروزه، شناسایی گیاهان بیش اندوز اهمیت بسیاری دارد. گیاهان به عنوان راه حل بوم شناختی سالم، پایدار و کم هزینه برای اصلاح و پالایش نواحی آلوده به فلزات سنگین پیشنهاد شده‌اند. گیاهان بیش اندوز توانایی محلول سازی فلزات از ماتریس خاک را دارند. گیاهان فیتوسیدروفرهایی در پاسخ به عدم و

کمبود یون های فلزی ترشح می کنند که افزایش دسترسی زیستی فلزات و حمل آنها به داخل بافت های گیاه را تسریع می کنند. همچنین، تعداد زیادی از گیاهان اسیدهای آلی ترشح می کنند که به عنوان عامل کمپلکس عمل می کنند و pH ریزوسفر را کاهش می دهند، بنابراین کاتیون های فلزات را قابل دسترس می سازند. در تحقیقی دیگر که در معدن سرب و روی باما در منطقه ایرانکوه اصفهان توسط پارسا دوست و همکاران (۱۳۸۶)، بر روی خاک و یازده گونه گیاهی انجام شد، نتایج نشان داد که گونه‌های گیاهی گون اسبی (Astragalus glaucantus)، جو سیخ (Ebenus estellata) و کلاه میرحسین (Acantholimon sp) به ترتیب بیشترین غلظت سرب در اندام هوایی و بیشترین ضریب انتقال سرب از اندام زیرزمینی به اندام هوایی به ترتیب را دارا بودند با توجه به این موضوع و همچنین زیست توده مناسب و بالا، شرایط سازگاری مناسب، این سه گونه جهت پالایش خاک‌های آلوده به عنصر سرب در این منطقه و مناطق مشابه می‌توانند توصیه گردند . در تحقیقی دیگر، Chandra و همکاران (۲۰۱۸) پتانسیل علف های هرز و گیاهان بومی را برای استخراج فلزات سنگین از لجن فاضلاب کارخانه مواد شیمیایی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد تجمع بالای فلزات سرب، نیکل، منگنز و روی در ریشه و برگ از ساقه بالاتر بود. گیاهان دارای فاکتور انتقال و فاکتور ضریب تجمع بالای یک بودند که نشان از تمایل انباشگری این گیاهان دارد. علاوه بر این، مشاهدات آلتراسونیک از بافت های ریشه ، رسوب فلزات سنگین در اجزای مختلف سلولی اثرات سمی را نشان نداد، که بیان کننده ویژگی های سازگاری این گیاهان به محل های آلوده می باشد. یکی دیگر از روش‌های مؤثر در زیست پالایی، برای توسعه پالایش خاک‌های آلوده ، تصفیه زیستی با باکتری‌ها و به طور کلی ریزسازواره‌ها می باشد. استفاده از میکروارگانیسم ها می تواند به عنوان عامل کمک کننده در تقویت جذب ، انتقال و بردباری گونه گیاهی مورد بررسی قرار گیرد. بسیاری از میکروب‌ها به فلزات متعدد مقاومت پیدا کرده اند و قادر به جذب درون، یا برون سلولی آن‌ها هستند. همچنین تحقیقات نشان داده که باکتری-های فراریشه دارای خصوصیاتی هستند که زیست فراهمی فلزات سنگین را از طریق آزاد سازی مواد کلاته کننده، اسیدی سازی محیط، و توسط تاثیر گذاری بر تغییرات پتانسیل ردکس تغییر می‌دهند (Lal، ۲۰۱۸) . تحقیقات دیگری در این زمینه نشان داده که جدایه Pseudomonas maltophilia، کروم شش ظرفیتی متحرک و سمی را به Cr+3 غیر سمی و غیرمتحرک کاهش داده و تحرک محیطی سایر یون‌های سمی مانند Hg+2، Pb+2 و Cd+2 را به حداقل می‌رساند (Aparicio، ۲۰۱۴). اگرچه بعضی از گیاهان در خاک های آلوده به فلزات می توانند باقی بمانند و فلزات را در خود تجمع دهند که ممکن است به وسیله برهم کنش با میکروارگانیسم های مقاوم گیاه به فلزات سنگین و باکتری های محرک رشد باشد اما اکثر آنها رشدشان در این شرایط کاهش می یابد که آنها را غیرکارا برای گیاه پالایی می سازد که بهبود یابد. استفاده از مشارکت بین گیاه و باکتری به یک زمینه جدید برای پالایش آلودگی ها تبدیل شده است. در اثر برهم کنش بین گیاه و باکتری، باکتری‌ها با کاهش استرس‌های محیطی ناشی از آلاینده، رشد و توسعه گیاه میزبان را افزایش می‌دهند که پالایش بیشتر آلاینده را به دنبال دارد . اگر چه باکتری های محرک رشد گیاه معمولا برای بهبود تولیدات کشاورزی جهت تثبیت نیتروژن به کار می رود، آنها همچنین می توانند در توانایی گیاه برای گیاه پالایی سهیم باشند. بعضی مطالعات نشان داده است ریزوباکترهای متعددی بردبار به فلزات هستند و می توانند یک نقش مهمی در جذب فلزات سنگین علاوه بر تاثیر بر رشد گیاه بازی کنند. همچنین باکتری‌های محرک رشد گیاه، در زمینه، تقویت سیستم ریشه‌ای و تولید زیست توده بیشتر توسط گیاهان مورد توجه قرار گرفته است . سنتز انواع هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها نیز از جمله راه‌های تأثیر و تحریک رشد گیاه توسط باکتری محرک رشد است. از دیگر محاسن باکتری‌های محرک رشد، افزایش حلالیت عناصر نظیر فسفات‌های آلی و معدنی و سهولت در جذب آن و تامین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه است. در شرایط تنش فلزات سنگین، عموماً کمبود آهن در گیاهان بروز می‌کند که در این شرایط باکتری با تشکیل کمپلکس سیدروفور-آهن می‌تواند نیاز گیاه را تامین کند (Etesami، ۲۰۱۸). Xiao و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر دسترسی زیستی فلزات سنگین و پارامترهای میکروبی خاک، بر تجمع فلز در دانه برنج بررسی نمودند. نتایج نشان داد فعالیت کاتالازی خاک ، همراه با دسترسی زیستی فلزات می‌تواند ۶۸ درصد کل تجمع فلزات در برنج را توضیح دهد. دسترسی زیستی فلزات در خاک اثر غالبی در تجمع فلزات در دانه برنج داشت (سهم ۶۰ درصد) .Lumininulla و همکاران (۲۰۱۶) همزیستی گیاه Lepidium sativum و ریزوباکترها در حذف زیستی فلزات سنگین را مورد بررسی قرار دادند. . نتایج نشان داد، رشد گیاه به میزان زیادی به وسیله کادمیوم به خاطر سمیت بیشتر آن، تاثیر می پذیرد و تاثیر عنصر کروم کمتر از کادمیوم بوده است. همچنین، نتایج نشان داد بردباری گیاه به فلزات در سیستم گیاه- باکتری افزایش یافته است .

بهینه سازی و راهبردهای گیاه پالایی

با بررسی های پیشنهادی ذیل می توان به تولید غذای سالم در اراضی آلوده به فلزات سنگین، تولید علوفه سالم در اراضی آلوده به فلزات سنگین، مدیریت مراتع در راستای احیای پوشش گیاهی و سلامت دام، پاکسازی اراضی کشاورزی از فلزات سنگین ، استفاده از گیاهان جایگزین در کشاورزی با بهره وری اقتصادی مناسب، حفظ سلامت مراتع و دام از طریق توصیه گیاهان جایگزین، شناسایی گیاهان مستعد برای گیاه پالایی، افزایش رشد و تولید بیومس گیاهان در شرایط تنش حاصل از فلز، افزایش کارایی استخراج گیاهی از طریق افزایش انحلال و جذب فلزات، کاهش ریسک سلامت و نیز شناساییگیاهان باارزش افزوده بالا و توان بالای استخراج فلز از خاک دست یافت.

۱- معرفی گیاهان زراعی مناسب جهت جایگزینی کشت درخاک های آلوده به فلزات سنگین: آلوده شدن زمین های کشاورزی به عناصر سنگین، به عنوان یک خطر جدی برای تولید محصولات سالم در ایران و جهان مطرح می شود. گیاهان زراعی به خاطر جذب عناصر سنگین از خاک، به عنوان یک پل ارتباطی مهم برای انتقال عناصر سنگین از خاک به زنجیره غذایی بشر محسوب می شود. حتی در غلظت های پایین این عناصر سلامتی انسان را تهدید می کنند. به همین منظور نیاز است با استفاده از تکنیک تثبیت زیستی، آلاینده ها در خاک از طریق تجمع آنها در ریشه گیاهان و یا رسوب در محدوده ریشه انتقال آنها به زنجیره غذایی را کاهش دهیم. برخلاف سایر تکنیکهای گیاه پالایی، تثبیت گیاهی منجر به حذف فلز از خاک نمیگردد، اما با تثبیت آنها از طریق جذب یا رسوب در منطقه ریشه از خطرات آنها برای سلامتی انسان و محیط می‌کاهد. گیاهانی با فاکتور غلظت زیستی بالا (BCF، نسبت غلظت فلز در ریشه گیاه به غلظت آن در خاک) و و فاکتور انتقال پایین (TFنسبت غلظت فلز در ساقه به غلظت آن در ریشه) برای تثبیت گیاهی مناسب می‌باشند. عدم وجود غلظت بالای فلزات در ساقه ضرورت دفع گیاهان برداشت شده را از بین میبرد. در این پروژه گونه سورگوم، ارزن و کتان جهت کشت در اراضی زراعی جهت کاهش بار آلودگی در محصولات زراعی و سلامت غذایی جهت بررسی پیشنهاد می گردد.

۲- معرفی گیاهان علفی (علوفه ای) جهت تثبیت فلزات سنگین درخاک‌های آلوده

تحقیقات فراوانی در رابطه با نحوه و میزان آلودگی فراورده های گیاهی و عوارض ناشی از مصرف مستقیم انها صورت گرفته است. در این راستا مصرف گیاهان علوفه ای آلوده توسط دام و حیوانات اهلی از دو دیدگاه قابل بررسی است. اول اینکه استفاده از علوفه های آلوده باعث بروز ناراحتی هایی در دام و حیوانات اهلی از قبیل کاهش تولید شیر و سرعت رشد، کاهش مقاومت نسبت به بیناری ها و عفونت ها و اختلال در تولید مثل می شود. دوم آنکه با مصرف فراورده های دامی، مواد آلاینده وارد چرخه غذایی انسان خواهند شد. همچنین با توجه به تعدد صنایع آلودگی و راه های انتقال آن ، در حال حاضر بهترین راه جهت کاهش این خطرات جدی گرفتن نحوه تغذیه و کنترل جیره غذایی دام هاست. بنابراین، استفاده از گونه‌های خاص گیاهی برای غیر متحرک کردن آلاینده‌ها در خاک، از طریق جذب سطحی و تجمع توسط ریشه، جذب داخل ریشه یا رسوب در منطقه ریشه و تثبیت فیزیکی خاکها یا به عبارت دیگر تثبیت گیاهی ضروری می باشد همچنین تثبیت گیاهی تحرک آلاینده‌ها را کاهش داده و از انتقال آنها به آبهای زیرزمینی و اتمسفر جلوگیری می‌کند. بنابراین، در این تحقیق چند نوع گیاه علوفه ای که دارای دارای جنبه اقتصادی و عملکرد مناسب نیز می باشند شامل گونه های اسپرس (Onobrychis aucheri Boiss) ، چمن تیموتی (Phleum pratense) ، چچم پایدار (Lolium perenne) ، علف لیمو (Lemon Grass)، فستوکا (Tall fescue)، علف باغ (Dactylis glomerata)، آگروپایرن (Agropyron desertorum)، علف پشمکی بدون ریشک (Agropyron desertorum)، در راستای تولید علوفه سالم و احیای پوشش گیاهی در مراتع و سلامت دام جهت تحقیق پیشنهاد می گردد.

۳- معرفی گیاهان بیش اندوز زینتی جهت پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین

در سالهای اخیر تکنولوژی پالایش محیطی مبتنی بر گیاه یا همان گیاه پالایی به عنوان یک استراتژی مقرون به صرفه درجا برای پاکسازی فلزات از مکانهای آلوده به طور وسیعی دنبال شده است. در این پروژه ، استخراج گیاهی یعنی استفاده از گیاهان جذب کننده آلاینده برای حذف فلزات یا آلاینده‌های آلی از خاک از طریق تجمع آنها در بخشهای قابل برداشت مد نظر می باشد. استخراج گیاهی شامل کاشت چند باره گیاه در خاک آلوده میباشد تا غلظت فلز را به حد قابل قبولی برساند. گونه های ذیل جهت ررسی پیشنهاد می گردد: گل جعفری (Tagetes patula /erecta)، مارگریت (Chrysantemum maximum) گل همیشه بهار (officinalis/alata Calendula)، گل داوودی (Chrysanthemum indicum)، گلایل (Gladiolus grandiflorus)، شمعدانی(Pelargonium graveolens).

٤- بررسی پتانسیل جذب فلزات سنگین در گیاهان علوفه‌ای مراتع اطراف معادن با اهداف حفظ سلامت مراتع و دام از طریق توصیه گیاهان جایگزین

گیاهان اطراف معادن به دلیل انتشار فلزات سنگین، تحت تاثیر قرار گرفته و آسیب می‌بینند. از طرف دیگر، تغذیه دامها در مراتع آلوده اطراف معادن با علوفه حاوی باقیمانده فلزات سنگین منجر به دریافت مقادیر معتنابهی از این عناصر توسط دام ها می‌شود که نه تنها می‌تواند در بافتهای خوراکی دام ذخیره گردد بلکه از طریق شیر نیز دفع شود. فلزات سنگین نقش مهمی در ایجاد مسمومیت دام ایفا می کنند. میزان جذب فلزات سنگین بسته به توانایی گیاهان، زیست فراهمی فلزات در سیستم و سایر شرایط محیطی میتواند بسیار متغیر باشد. بنابراین پتانسیل گیاه پالایی گیاهان علوفه‌ای خوش خوراک اطراف معادن (معدن مس سرچشمه، معدن مس سونگون، معدن مس میدوک کرمان، معدن سرب و روی انگوران، معدن سرب و روی مهدی آباد، معدن سرب و روی آهنگران ملایر) در اندام های مختلف گیاهان علوفه ای جایگزین پیشنهادی مورد تغذیه دام نیاز است بررسی و معرفی گردد. این روش می تواند همچنین در مناطق آلوده اطراف معادن یک روش مناسب برای

بهبود و بازیابی مناطق می باشد. به طوری که،این پروسه می‌تواند منجر به استقرار دوباره پوشش گیاهی در مکانهایی شود که به دلیل غلظت بالای فلزات پوشش گیاهی از بین رفته است.

۵- بررسی باکتری های متحمل به فلزات سنگین دارای ویژگی های محرک رشدی گیاه با هدف افزایش رشد و تولید بیومس گیاهان در شرایط تنش حاصل از فلز

استفاده از باکتری‌ها می‌تواند یک استراتژی ساده و موثر برای افزایش رشد و نیز فعالیت زیست پالایشی باشد. باکتری‌ها مکانیسم های متفاوتی از طریق جذب زیستی، تجمع زیستی، فروشویی، معدنی سازی زیستی و تبدیل زیستی برای آلودگی زدایی از محیط های آلوده دارند. از طرف دیگر به طور معمول باکتری‌های محرک رشد گیاه تحت شرایط تنشی منجر به بهبود رشد گیاهان می‌شوند. برخی از باکتری‌های ریزوسفری که به طور مستقیم و غیر مستقیم اثرات مفیدی روی گیاهان دارند باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد می‌نامند. این باکتری‌های مفید ۳(PGPR) همچنین باکتری‌های افزایش دهنده محصول نیز نامیده می‌شوند . باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد می‌توانند با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی بطور مستقیم در افزایش رشد و عملکرد گیاه ایفای نقش کنند. افزایش انحلال عناصر غذایی کم محلول مانند فسفر، تولید ACC – دآمیناز، تولید هورمون‌های رشد گیاهی مانند اکسین، تثبیت نیتروژن و تولید سیدروفور (از دیدگاه افزایش قابلیت جذب آهن) از اهم مکانیسم‌های ستقیم می‌باشند. در حالت غیر مستقیم، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد با استفاده از مکانیسم‌های مختلف آنتاگونیستی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را خنثی یا تعدیل نموده و بدین طریق موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند . رقابت برای جذب مواد و اشغال جایگاه‌های مناسب برای فعالیت پاتوژن‌ها، تولید آنتی‌بیوتیک، تولید سیدروفورها (از دیدگاه خارج کردن عناصر از دسترس پاتوژن ها)، آنزیم‌های لیتیک و تولید سیانید هیدروژن از مهم‌ترین مکانیسم‌های مورد استفاده در این روش می‌باشند (Ma، ۲۰۱۸).

۶- بررسی باکتری های توانمند در تولید ترکیبات کلاته کننده با هدف افزایش کارایی استخراج گیاهی از طریق افزایش انحلال و جذب فلزات

بازده استخراج گیاهی فلزات از خاکها به قابلیت دسترسی فلزات برای گیاهان بستگی دارد. توزیع مجد فلزات و شدت پیوند آنها در خاک تحت تاثیر گونه‌های فلزی، سن و خصوصیات خاک قرار دارد. . اگر میزان دسترسی فلزات جهت جذب توسط گیاهان کم باشد میکروارگانیسم ها می توانند عوامل کلات کننده یا اسیدی کننده را جهت افزایش دسترسی فلزات به خاک اضافه نمایند.

۷- امکان سنجی استفاده از باکتری‌ها به منظور کاهش تجمع فلزات سنگین در گیاهان زراعی کشت شده در خاک های آلوده به فلزات سنگین با هدف کاهش ریسک سلامت و افزایش کیفیت غذایی

باکتری ریزوسفری و اندوفیتی (با توانی بیشتر) علاوه بر تعدیل اثرات مضر حاصل از تنش های زیستی و غیر زیستی (حاصل از فلزات سنگین، شوری و...) به گیاه می توانند از طریق مکانیسم های مختلف منجر به کاهش جذب و تجمع فلزات سنگین در گیاه (یا در اندام های هوایی) نیز گردند. علاوه بر کاهش اثرات مخرب تنش های حاصل از فلزات سنگین روی گیاه، باکتری های مقاوم به فلزات سنگین می توانند فراهمی فلزات سنگین برای گیاه را از طریق مکانیسم های مختلف در خاک کاهش دهند. یکی از این مکانیسم، جذب سطحی یا تجمع زیستی فلزات سنگین داخل سلول های باکتری ها می باشد. در حال حاضر، تکنیک های جذب زیستی فلزات سنگین برای حذف فلزات سنگین توصیه می شود، زیرا آن ها موثرتر، کم هزینه، و سازگار با محیط زیست هستند. باکتری اندوفیت ریشه با جذب سطحی فلزات سنگین (جذب فلزات سنگین بر روی دیواره سلولی باکتری)، تجمع ، تشکیل کمپلکس ، کاهش و اکسایش و غیره مانع از انتقال آنها به اندام های هوایی گیاه (اندام های قابل برداشت توسط انسان یا دام) می گردند. در نهایت با این روش در زمین های زراعی می توان خطرات این عناصر برای سلامتی انسان و دام را کاهش داد (Xi، ۲۰۱۸).

سایر پیشنهادات :

استفاده از جلبک‌ها برای پاکسازی فلزات از پساب‌های صنعتی

استفاده از قارچ مایکورایزا در فرآیند گیاه پالایی فلزات

بررسی تکنیک مهندسی رایزوسفر در فرآیند گیاه پالایی فلزات

منابع

- پارسادوست ف. ۱۳۸۶. گیاه پالایی عنصر سرب توسط گیاهان مرتعی در خاک های آلوده ایرانکوه اصفهان. منابع طبیعی شماره ۷۵ ،۱۸-۲۵.
- ترابیان، ۱۳۹۱، بررسی اثر آبیاری با فاضلاب روی جذب فلزات سنگین به وسیله سبزی های برگی جنوب تهران ، مجله علوم خاک و ۱۲ (۲): ۱۹۰-۱۹۶.

3 -Plant Growth Promoting Rhizobacteria

- دالوند م، زارع چاهوکی م. ۱۳۹۵. تعیین غلظت فلزات سنگین در ریشه گیاه درمنه در اراضی اطراف معدم مس دره زرشک تفت، محیط زیست طبیعی، ۶۹ (۱): ۳۵-۴۶.
- صارمی راد ب ، اسفندیاری ع، شکرپور م ،۱۳۹۳. اثر کادمیوم روی برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک گندم در مرحله گیاهچه‌ای. دوره ۲۷، شماره ۱:۱-۱۱.
- لرستانی ب، ۱۳۹۳. آلودگی فلزات سنگین در محصولات گندم در برخی مزارع کشاورزی شهرستان همدان علوم و تکنولوژی محیط زیست دوره ۱۶ : ۲۰۵-۲۱۸.
- میرحسینی ب، ۱۳۸۶. بررسی امکان استفاده از لجن خشک شده تصفیه خانه های فاضلاب شهر تهران درکشاورزی علوم محیطی ۵(۲): ۱۶-۲۲.
- مردانی. ۱۳۸۸ بررسی آلودگی خاک های جنوب تهران در مسیر رواناب های سطحی آلوده به فلزات سنگین ، آب و فاضلاب، ۳: ۱۰۸-۱۱۳.
- یوسفی کبریا د, تقی زاده م, درویشی غ. ۱۳۹۳. تأثیر نفوذ شیرابه بر ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک محل دفن زباله شهری (مطالعه موردی:محل دفن تنکابن). نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران دوره ۳۳ ،۶۳-۶۹.
- یوسفی د.، تقی زاده م.، ۱۳۹۳. تأثیر نفوذ شیرابه بر ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک محل دفن زباله شهری) مطالعه موردی:محل دفن تنکابن ، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران دوره ۳۳ ،۶۳-۶۹.

- Atafar, 2010, Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration, Environ Monit Assess 160: 83-89.
- Etesami H, 2018. Bacterial mediated alleviation of heavy metal stress and decreased accumulation of metals in plant tissues: Mechanisms and future prospects Ecotoxicology and Environmental Safety 147: 175–191
- Luminița Sobariu1 D, Ionela Tudorache Fertu D, Diaconu1 M, 2016. Rhizobacteria and Plant Symbiosis in Heavy Metal Uptake and Its Implications for Soil, N Biotechnol. 2017 Oct 25; 39 (Pt A):125-134
- Jacob J, Karthik C, Ganesh Saratale R, 2018. Biological approaches to tackle heavy metal Lal S., Ratna S., Said O.B., Kumar R., 2018. Biosurfactant and exopolysaccharide-assisted rhizobacterial technique for the remediation of heavy metal contaminated soil: An advancement in metal phytoremediation technology. Environmental Technology & Innovation, 10, 243-263.
- Ma Y, Prasad M.N.V, Rajkumar M., 2011, Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Coimbra 3000, Biotechnology Advances 29 (2011) 248–258
- Sarwar N, Imran M, Rashid Shaheen M, Ishaq W, 2016. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives, Chemosphere, 171, 2017, 710-721 .
- Xiaoming Wan, Mei Lei, Tongbin Chen I, Cost–benefit calculation of phytoremediation technology for heavy-metal-contaminated soil Science of the Total Environment xxx: xxx–
- Xi Y, Song Y. Johnson D, 2018. Se enhanced phytoremediation of diesel in soil by Trifolium repens Ecotoxicology and Environmental Safety 154: 137–144.
-

Development and application of phytoremediation in the treatment of soils contaminated with heavy metals

Fatemeh Rajaei[1*]

[*]1- Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

[*] Email Address: Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

Abstract

Introduction

The issue of soil contamination by waste chemicals has raised concerns about the environment. Among them, heavy metals are also known to be important in low concentrations due to their non-degradability and physiological effects on living organisms. In addition to natural processes, heavy metals can be used by human resources such as mining activities, landfilling of various wastes and wastes, use of sewage sludge in agricultural lands, waste leachate, excessive use of chemical fertilizers, fossil fuels and the like cause soil pollution. Heavy metals do not decompose in the environment, so they need to be removed from the environment. On the other hand, the exorbitant costs of physical and chemical methods have led to efforts to achieve cheaper methods. The use of conventional physical and chemical treatment methods is not economical and cost-effective in cases where the concentration of heavy metals is low, and may even lead to the production of secondary effluents, which in turn will lead to more treatment problems. Therefore, researchers have developed a new method using the potential of plants to eliminate soil pollution and preserve this national capital. Some plants, by developing special mechanisms, can accumulate heavy metals in high concentrations, which are called hyperaccumulation plants. The most characteristic disadvantages of this method are limited to sites with medium and low pollution, low biomass production, shallow roots, low biological access of metals in the soil, especially calcareous and young soils in arid and semi-arid regions, time consuming. These unavoidable constraints are forcing researchers to refine traditional approaches and apply new phytoremediation techniques to minimize the constraints and ensure widespread use of phytoremediation.Selecting suitable species for phytoremediation of heavy metals is one of the critical stages of phytoremediation. Another solution to overcome the problems mentioned in phytoremediation is to use heavy metal-resistant bacteria and plant growth stimulants to strengthen the root system, produce more biomass and increase the bioavailability of metals by plants. Therefore, the use of microbial inoculation will help plant species to effectively filter heavy metals from the soil.The application of phytoremediation technique has been less in our country so far and only in laboratories and experimentally and due to the ignorance and negligence of officials has never been used as an effective method in refining heavy metals in contaminated soils. Therefore, it is necessary to introduce and replace plants and apply new strategies based on the study of cooperation between plants - microbial communities, to be able to expand and localize modern phytoremediation, to reduce soil health risk and increase food security effectively and economically.To achieve the above goals, the following suggestions can be considered:

1- Introducing suitable crops to replace cultivation in soils contaminated with heavy metals: Contamination of agricultural lands with heavy elements is a serious risk for the production of healthy crops in Iran and the world. Therefore, it is necessary to reduce the contaminants in the soil by accumulating them in the roots of plants or depositing them in the root zone and transferring them to

the food chain by using the bio-stabilization technique. Unlike other phytoremediation techniques, plant stabilization does not remove metal from the soil, but by stabilizing them by adsorption or deposition in the root zone, it reduces their risks to human health and the environment. Plants with high bio-concentration factor (BCF, the ratio of metal concentration in the root of the plant to its concentration in the soil) and low transfer factor (TF ratio of metal concentration in the stem to its concentration in the root) are suitable for plant stabilization. The absence of high concentrations of metals in the stem eliminates the need to discard harvested plants. In this project, sorghum, millet and flax species are proposed for cultivation in agricultural lands to reduce the burden of contamination in crops and food health for study.

2- Introduction of herbaceous plants (forage) for stabilization of heavy metals in contaminated soils
Consumption of infected forage plants by livestock and domestic animals can be examined from two perspectives. First, the use of contaminated forage causes disturbances in livestock and domestic animals, such as reduced milk production and growth rate, reduced resistance to binaries and infections, and impaired reproduction. Second, by consuming animal products, pollutants will enter the human food cycle. Also, due to the multiplicity of pollution industries and ways of its transmission, currently the best way to reduce these risks is to take seriously how to feed and control the diet of livestock. Therefore, the use of specific plant species to immobilize contaminants in the soil, through surface adsorption and accumulation by the root, intra-root adsorption or deposition in the root zone and physical stabilization of soils or in other words plant stabilization is also necessary. Plant stabilization reduces the mobility of pollutants and prevents their transfer to groundwater and the atmosphere. Therefore, in this study, several types of forage plants that have economic aspects and good yield, including sainfoin (Onobrychis aucheri Boiss), Timothy (Phleum pratense), Lolium perenne, Lemon Grass Tall fescue, Dactylis glomerata, Agropyron desertorum, Agropyron desertorum in order to produce healthy forage and restore vegetation in pastures and animal health are recommended for research.

3- Introducing ornamental overgrowth plants for refining soils contaminated with heavy metals
In recent years, plant-based environmental treatment technology, or phytoremediation, has been widely pursued as an in-situ cost-effective strategy to clean metals from contaminated sites. In this project, plant extraction means using polluting plants to remove metals or organic pollutants from the soil by accumulating them in harvestable areas. Plant extraction involves planting the plant several times in contaminated soil to bring the metal concentration to an acceptable level. The following species are recommended for review: Parsley (Tagetes patula / erecta), Margaret (Chrysantemum maximum) Marigold (Calendula officinalis / alata), Chrysanthemum (Chrysanthemum indicum), Gladiolus grandiflorus, Pelargonium graveos).

4- Investigation of bacteria resistant to heavy metals with plant growth stimulant properties with the aim of increasing the growth and production of plant biomass under conditions of metal stress
Using bacteria can be a simple and effective strategy to increase growth as well as bioremediation activity. Bacteria have different mechanisms for decontamination of contaminated environments through biosorption, bioaccumulation, sales, bio-mineralization and biotransformation. On the other hand, plant growth-promoting bacteria typically improve plant growth under stress. Some rhizosphere bacteria that directly and indirectly have beneficial effects on plants are called growth-promoting rhizosphere bacteria. These beneficial bacteria (PGPR) are also called product-enhancing bacteria. Growth-promoting rhizosphere bacteria can play a direct role in increasing plant growth and yield by using various mechanisms. Increased dissolution of insoluble nutrients such as phosphorus, production of ACC-deaminase, production of plant growth hormones such as auxin, nitrogen fixation

and production of siderophore (from the point of view of increasing iron absorption) are the most important direct mechanisms. Indirectly, growth-promoting rhizosphere bacteria neutralize or modify the harmful effects of plant pathogens by using various antagonistic mechanisms, thereby increasing plant growth. Competition to absorb substances and occupy suitable sites for the activity of pathogens, production of antibiotics, production of siderophores (from the perspective of removing elements from the pathogens), lytic enzymes and production of hydrogen cyanide are the most important mechanisms used in this method.

5- Study of bacteria capable of producing chelating compounds with the aim of increasing the efficiency of plant extraction by increasing the dissolution and absorption of metals
The efficiency of plant extraction of metals from soils depends on the availability of metals to plants. The magnitude distribution of metals and the intensity of their bonding in the soil are influenced by metal species, age and soil properties. If the availability of metals for plant uptake is low, microorganisms can add chelating or acidifying agents to increase the availability of metals to the soil.

6- Feasibility study of using bacteria to reduce the accumulation of heavy metals in crops grown in soils contaminated with heavy metals with the aim of reducing health risk and increasing food quality Rhizospheric and endophytic bacteria (with greater potency) in addition to modulating the harmful effects of biological and non-biological stresses (due to heavy metals, salinity, etc.) to the plant can reduce the absorption and accumulation of metals through various mechanisms They are also heavy in the plant (or in the aerial parts). In addition to reducing the destructive effects of heavy metal stresses on plants, heavy metal-resistant bacteria can reduce the availability of heavy metals to plants through various mechanisms in the soil. One of these mechanisms is the adsorption or bioaccumulation of heavy metals inside bacterial cells. At present, heavy metal bioabsorption techniques are recommended for the removal of heavy metals because they are more efficient, less costly, and more environmentally friendly. Root endophytic bacteria prevent their transfer to plant shoots (organs that can be harvested by humans or animals) by adsorption of heavy metals (adsorption of heavy metals on the bacterial cell wall), accumulation, complex formation, reduction and oxidation, etc. Finally, with this method in agricultural lands, the risks of these elements for human and animal health can be reduced.With the mentioned studies, it is possible to produce healthy food in heavy metal contaminated lands, produce healthy forage in heavy metal contaminated lands, manage rangelands in order to restore vegetation and animal health, clean agricultural lands from heavy metals, use alternative plants in Agriculture with good economic productivity, maintaining the health of pastures and livestock through the recommendation of alternative plants, identifying plants susceptible to phytoremediation, increasing the growth and production of plant biomass under metal stress, increasing crop extraction efficiency by increasing dissolution and metal uptake, Reducing health risk as well as identifying high value-added plants and high metal extraction capacity were achieved.

Keywords
"phytoremediation", "heavy metals", "microorganisms."