



هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران
۱۸-۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

بررسی و معرفی گونه‌های گیاهی مقاوم به آلاینده‌ها به منظور استفاده در پالایش و اصلاح مناطق آلوده

اسفندیار جهانتاب*^۱، وحید کریمیان^۲

۱- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران

e.jahantab@ut.ac.ir

۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج، یاسوج،

ایران

چکیده

عناصر سنگین از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست به‌شمار می‌آیند که در چند دهه اخیر به‌شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. تجمع عناصر سنگین در خاک بویژه در اراضی کشاورزی و مرتعی امری تدریجی بوده و غلظت این عناصر می‌تواند به سطحی برسد که امنیت غذایی بشر را تهدید نماید. تحقیق حاضر با هدف بررسی و معرفی گونه‌های گیاهی مقاوم و توانمند در پالایش خاک‌های آلوده انجام گرفت. بدین منظور ابتدا با استفاده از منابع کتابخانه‌ای معتبر، مجلات و پایگاه‌های مختلف علمی داده‌ها جمع‌آوری گردیده و مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به انجام تحقیقات گسترده توسط نگارنده در این زمینه، نظرات تحلیلی نگارنده اعمال گردید. نتایج نشان داد تا کنون بیش از ۴۰۰ گونه گیاه بیش‌اندوز شناسایی شده است. این گیاهان متعلق به ۴۵ خانواده گیاهی هستند و مهم‌ترین خانواده‌ها شامل شب بو (Brassicaceae)، بقولات (Fabaceae)، کاسنی (Asteraceae)، نعناعیان (Lamiaceae) و اسکروفولاریاسه (Scrophulariaceae) هستند. بهترین گونه طبیعی شناخته شده فوق‌بیش‌اندوز گر *Thlaspi caerulescens* است که می‌تواند روی، کادمیم و نیکل را در اندام‌های خود انباشته کند. از گونه‌های دیگر فوق‌انباشتگر می‌توان به گونه‌های *Alyssum murale*، *Brassica juncea* و *Astragalus racemosus* اشاره کرد. گونه گیاهی *Alyssum sp* به عنوان یک گونه انباشتگر نیکل شناخته شده است. در تحقیقی درخت حرا (*Avicennia marina*) را نماگر زیستی (بایواندیکاتور) مناسب برای آلودگی ناشی از نیکل در مناطق ساحلی کشور ایران پیشنهاد شده است. گونه‌های گیاهی *Stipagrostis plumosa*، *Calotropis procera* L. و *Sinapis arvensis* L. به عنوان انباشتگر در مناطق نفت‌خیز جنوب ایران معرفی شده است. بنابراین با توجه به تنوع بالای گیاهی کشور



ایران استفاده از چنین گونه های گیاهی، جهت اصلاح و پالایش خاک های آلوده در مناطق آلوده پیشنهاد می گردند.

کلمات کلیدی: گونه های گیاهی، آلودگی خاک، پالایش خاک.

مقدمه

مراتع علاوه بر تولید علوفه خدمات متعدد دیگری نیز دارند. بر اساس نتایج تحقیقات مختلف، حدود ۳۰ درصد ارزش مراتع به مسایل اقتصادی مانند (مانند تولید علوفه، تولید گیاهان دارویی و صنعتی و تولید عسل) می باشد. در حالی که کارکردهای زیست محیطی، حدود ۷۰ درصد ارزش مراتع را به خود اختصاص می دهند (یگانه ۱۳۹۲). همچنین بسیاری از گیاهان مرتعی علاوه بر ارزش های متعدد قادر هستند در خاک های آلوده رشد کنند و باعث کاهش آلاینده های خاک شوند (جهانتاب، ۱۳۹۵).

عناصر سنگین از جمله مهم ترین آلاینده های محیط زیست به شمار می آیند که در چند دهه اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته اند. تجمع عناصر در خاک، امری تدریجی بوده و غلظت عناصر سنگین می تواند به سطحی برسد که امنیت غذایی بشر را تهدید نماید. سالانه هزاران تن از این عناصر که ناشی از فعالیت های شهری، صنعتی و کشاورزی است، وارد خاک می شود (احمدی، ۲۰۱۲).

فلزات سنگین در اثر فعالیتهایی نظیر؛ سوزاندن سوخت های فسیلی، معدنکاو، صنایع ذوب فلزات، زباله های شهری، کاربرد کودهای شیمیایی، آفت کشها، لجن فاضلاب و غیره وارد خاک می شود (گور و اودهولیا، ۲۰۰۴). در حال حاضر آلودگی با فلزات سنگین به علت کاربرد کودهای شیمیایی، افزایش فعالیتهای صنعتی، شهرنشینی و بهره وری زیاد از معادن باعث تخریب رویشگاه های گیاهی و مشکلات زیست محیطی مهمی در اکوسیستم های خاکی شده است (بروک و همکاران، ۱۹۹۸).

در بسیاری از مناطق صنعتی پساب کارخانجات به داخل رودخانه ها و یا اراضی اطراف (مانند اراضی کشاورزی یا مراتع طبیعی) رها می شود. این مسئله باعث ورود آلاینده ها به محیط زیست می شود که این روند آلودگی خاک، آبهای سطحی و منابع آب زیرزمینی را در پی دارد. روشهای مختلفی برای پاکسازی خاکهای آلوده در مناطق صنعتی یا معادن وجود دارد. عمده روش های پاکسازی خاکهای مناطق آلوده، اغلب هزینه بر بوده و امکان استفاده از آنها در سطوح وسیع وجود ندارد و گاهی اوقات تأثیرات ناخواسته و نامطلوب بر خاک می گذارند. همچنین بودجه لازم برای پالایش خاک با روش های مرسوم فیزیکی و شیمیایی بالا می باشد.

پس به طور کلی، با توجه به این که آلاینده های آلی خساراتی سنگین و هزینه بر بر پیکره محیط زیست تحمیل می کنند، همچنین هزینه های بسیار گزاف روش های فیزیکی و شیمیایی نیز ایجاب می کند که به دنبال ارائه راهکاری ارزان تر و سازگار با محیط زیست باشد از این رو لزوم انجام تحقیق در این زمینه احساس می شود.



در دهه‌های اخیر استفاده از گیاه‌پالایی در پالایش هر سیستم آلوده‌ای که گیاه بتواند در آن رشد کند، مورد توجه قرار گرفته است. این فرآیند به‌ویژه برای تصفیه سیستم‌های آلوده‌ای که غلظت آلاینده‌های آن‌ها کم است، بیشترین کاربرد را دارد. گیاه‌پالایی فناوری پالایش در محل خاک، آب و رسوبات آلوده است که اقتصادی، دوستدار محیط‌زیست و در حال گسترش است. استفاده از این فرآیند برای پاک‌سازی زمین‌های آلوده به‌عنوان رویکردی جدید در پاک‌سازی خاک و آب‌های آلوده و نیل به توسعه پایدار مطرح شده است. با توجه به اینکه هر ساله حجم وسیعی آلاینده‌های بالقوه سمی و خطرناک به محیط زیست وارد می‌شود و منجر به تحمیل آثار سوئی بر پیکره‌ی زیست بوم گردند و نیز استفاده از روش‌های کم‌هزینه و سازگار با محیط زیست در رفع این آلودگی‌ها کمتر پرداخته شده است لذا ضرورت انجام تحقیق در زمینه‌ی بررسی و شناسایی گونه‌های گیاهی توانمند در پالایش و اصلاح خاک‌های آلوده به این ترکیبات، احساس می‌گردد. لذا تحقیق حاضر با هدف معرفی و شناسایی گونه‌های گیاهی مناسب در پالایش و اصلاح خاک‌های آلوده انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر با هدف بررسی و معرفی گونه‌های گیاهی مقاوم و توانمند در پالایش خاک‌های آلوده انجام گرفت. بدین منظور ابتدا با استفاده از منابع کتابخانه‌ای معتبر، مجلات و پایگاه‌های مختلف علمی داده‌ها جمع‌آوری گردیده و مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به انجام تحقیقات گسترده نگارنده در این زمینه، نظرات تحلیلی نگارنده اعمال گردید.

نتایج

گیاه‌پالایی از دو واژه «phyto» به معنی گیاه و «remediation» به معنی پاک‌سازی تشکیل شده است. گیاه‌پالایی روشی نوظهور است که از گیاهان مختلف برای تخریب، استخراج، جذب یا غیرمتحرک کردن آلاینده‌ها از خاک و آب استفاده می‌کند. اخیراً این فن‌آوری به عنوان روشی نوآورانه و کم‌هزینه در بسیاری از سایت‌های آلوده توجهات بسیاری را به خود جلب کرده است. گیاه‌پالایی فرآیندی است که با استفاده از گیاهان سبز (شامل گونه‌های علفی و چوبی) مواد آلاینده موجود در آب، خاک یا فاضلاب کاهش می‌یابد. از این فرآیند برای حذف آلاینده‌های محیط‌زیست نظیر فلزات سنگین، عناصر کمیاب، ترکیبات آلی و مواد رادیواکتیو استفاده می‌شود. در واقع گیاهان بر اساس مکانیسم جذب و به کمک روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی میزان آلاینده‌ها را کاهش داده می‌دهند. در واقع در این فرآیند، از گیاهان سبز و ارتباط آنها با میکروارگانیسم‌های خاک برای کاهش آلودگی آب و فاضلاب-های استفاده می‌شود. این فناوری می‌تواند برای رفع هر دو نوع آلاینده‌های معدنی و آلی به کار رود (یانگ و همکاران، ۲۰۰۸).



نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که گیاهان قادرند انواع مختلفی از آلاینده‌ها را از محیط زیست انسان پاک کنند و همچنین می‌توانند از انتقال آلاینده‌ها از مکان‌های آلوده به سایر نقاط به‌وسیله باد و آب جلوگیری به‌عمل بیاورند.

بررسی منابع مختلف نشان داد تا کنون بیش از ۴۰۰ گونه گیاه بیش اندوز شناسایی شده است (Robinson, ۲۰۰۳). این گیاهان متعلق به ۴۵ خانواده گیاهی هستند و مهم‌ترین خانواده‌های گیاهی شامل براسیکاسه (Brassicaceae)، فاباسه (Fabaceae)، آستراسه (Asteraceae)، لمیاسه (Lamiaceae) و اسکروفولاریاسه (Scrophulariaceae) هستند (Ghosh and Singh, 2005). این گونه‌های گیاهی بیشتر در مناطق محدودی از آمریکا، نیوزلند، استرالیا و اروپا حضور داشته‌اند (Khan et al, 2000). در این بین بیشترین تعداد گونه‌های گیاهی مربوط به بیش اندوزهای فلز کادمیوم با تنها یک گونه است (Brooks, 1998).

بررسی منابع مختلف نشان داد از جمله گیاهان مناسب برای گیاه تثبیتی می‌توان به واریته‌های مقاوم به فلزات سنگین از خانواده گندمیان، مانند *Agrostis capillaris* و *Festuca rubra* اشاره کرد (کید و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین از تیره بقولات نیز گیاهانی مانند *Lupinus albus* نمونه‌ای مناسبی برای پالایش خاک‌های آلوده به کادمیوم و آرسنیک هستند (واز کوئز و همکاران، ۲۰۰۶). بهترین گونه طبیعی شناخته شده فوق‌بیش‌اندوزگر *Thlaspi caerulescens* است که می‌تواند روی، کادمیم و نیکل را در اندام‌های خود انباشته کند (میلنر و کوچیان، ۲۰۰۸).

از گونه‌های دیگر فوق‌انباشتگر می‌توان به گونه‌های *Alyssum sp* (Brassicaceae)، *Brassica juncea* (Brassicaceae) و *Astragalus racemosus* (Leguminosae) اشاره کرد که به‌عنوان فوق‌انباشتگر برای فلزات سرب، روی و کادمیوم مورد توجه قرار گرفته‌اند (دنگ و همکاران، ۲۰۰۸).

فوق‌انباشتگرهای طبیعی معمولاً به‌آهستگی رشد می‌کنند و بیومس اندکی دارند. *Thlaspi caerulescens* به‌عنوان یک فوق‌انباشتگر کادمیوم و روی معرفی شده است (پلسل و همکاران، ۲۰۱۰ و لیو و همکاران، ۲۰۱۱). این گیاه بیش از ۳ درصد روی را در ساقه‌های خود تجمع می‌دهد و در مواردی بیش از ۰/۱ درصد کادمیوم در بیومس روزانه خود تجمع می‌دهد (لیتنمایر و همکاران، ۲۰۱۱).

رضوانی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش دادند گیاهان مختلفی که قادر به جذب فلزات و عناصر سنگین هستند اغلب از خانواده‌های Brassicaceae, Astraceae, Amaranthaceae, Poaceae, Fabaceae هستند. فريتيوف و گريگر (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای گونه *Arundo donax* توانایی این گونه را در جذب ۳ عنصر روی، کادمیوم و سرب بیان نمودند.

اولین گیاه ابرانباشتگر در سال ۱۸۸۵ میلادی در اروپا شناخته شد و سپس صدها گونه در سراسر جهان کشف شد. گونه گیاهی *Alyssum murale* از خانواده Brassicaceae به عنوان یک گونه انباشتگر نیکل



هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران
۱۸-۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

شناخته شده است (McGrath, ۲۰۰۰). منصوری و همکاران (۱۳۹۴) درخت حرا (*Avicennia marina*) را نماگر زیستی (بایواندیکاتور) مناسب برای آلودگی ناشی از نیکل در مناطق ساحلی کشور ایران پیشنهاد دادند. جهانتاب (۱۳۹۴) برخی از گونه‌های فوق مانند *Stipagrostis plumosa*، *Calotropis procera* L. و *Sinapis arvensis* L. را به عنوان انباشتگر در آلودگی نفتی استفاده نمود و ایشان اظهار داشتند در تحقیقات بعدی از این گونه‌های گیاهی برای گیاه پالایی خاک‌های آلوده به سرب و نیکل استفاده شود. در جدول ۱ تیره‌های گیاهی بیش‌اندوز فلزات سنگین ارایه شده است.

جدول ۱- تیره های گیاهان بیش اندوز عناصر سنگین

عنصر(فلز)	تعداد گونه	خانواده گیاهی(تیره)
کادمیوم	۱	تیره شب بو
کبالت	۲۶	تیره گل میمون، تیره برگ بو
مس	۲۴	تیره گل میمون، تیره برگ بو، تیره غلات، تیره جگن
منگنز	۱۱	تیره پروتئاسه، تیره کانیونیاسه، تیره خاسیان
نیکل	۳۳۰	تیره بنفشه، تیره فلاکورتیاسه، تیره فرفیون، تیره کانیونیاسه
سلنیوم	۱۹	تیره شب بو، تیره بنفشه ها
تالیوم	۱	تیره شب بو
روی	۱۶	تیره شب بو، تیره بنفشه

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق و مطالعات انجام گرفته، استفاده از گونه های گیاهی، جهت پالایش خاک های آلوده پیشنهاد می گردند.

آلاینده‌های مختلف آلی و معدنی، اثرات اثرات نامطلوب زیادی بر اکوسیستم‌ها (خاک و هوا) دارند این آثار نامطلوب و مضر بر کلیه اشکال حیات و اکولوژی و بر انسان دارد. از جمله این آثار می توان به کاهش پوشش گیاهی، میکروارگانسیم‌های خاک، آب‌های زیرزمینی و روزمینی و جمعیت آبزیان اشاره کرد که به طور



مستقیم و غیر مستقیم تهدید جدی بر اکوسیستم‌های اطراف می‌باشد. بنابراین با توجه مضرات و آثار زیان‌بار آلاینده‌ها، پاکسازی خاک در مناطق آلوده امری لازم و ضروری است. در سه دهه‌ی اخیر روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی نظیر تصفیه‌ی حرارتی، تثبیت و جامدسازی و زیست‌پالایی، جهت رفع آلودگی از خاک ایجاد شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روش‌های فیزیکی و شیمیایی جهت حذف آلودگی از مناطق با وسعت نسبتاً کم کاربرد دارند و برای مساحت‌های زیاد نظیر خاک‌های آلوده به مواد صنعتی، مواد نفتی، محل‌های معدنکاری و نظایر آن بسیار پرهزینه هستند. علاوه بر هزینه‌ی بالا، روش‌های فیزیکی و شیمیایی محل شرایط طبیعی محیط زیست می‌باشد هزینه‌ی بالای حذف آلاینده‌ها از خاک از یک سو و جدی‌تر شدن خطرات بهداشتی مربوط به خاک از سوی دیگر موجب تلاش جهت ایجاد و توسعه‌ی فناوری‌های جایگزین و ارزان‌تر جهت پالایش زمین‌های آلوده گردیده است. در سال‌های اخیر استفاده از فن‌آوری گیاه‌پالایی مورد توجه بسیار قرار گرفته است که علت آن هزینه پایین، کاربرد آسان، استفاده در محل آلودگی و مزایای متعدد دیگر است. گیاه‌پالایی یک فن‌آوری نوین است که با استفاده از گیاهان برای جذب، جمع‌آوری و رفع آلاینده‌ها در بستر رشد از طریق فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به طور گسترده عمل می‌کند.

از آن جائیکه مناطق آلوده در جهان و به‌ویژه در ایران بسیار وسیع و دارای شرایط اقلیمی متنوعی است، جهت زیست‌پالایش آلودگی‌ها، استفاده از گیاهان بومی هر منطقه، امری ضروری است. بنابراین، با توجه به تنوع بالای گونه‌های گیاهی در ایران و آلودگی مناطق مختلف به آلاینده‌های مختلف، استفاده از گیاه‌پالایی می‌تواند به عنوان یک راهکار موثر و کاربردی در زیست‌پالایی خاک‌های آلوده مطرح شود.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه، هدف از اجرای پروژه‌های گیاه‌پالایی خارج کردن آلودگی از محیط خاک بوده و لذا هر گیاهی که بتواند آلودگی بیشتری را از محیط خاک خارج نماید گزینه مناسب‌تر محسوب می‌شود.

گیاهان مقاوم به آلاینده‌های مختلف می‌توانند برای پالایش زمین‌های آلوده (phytoremediation) مورد استفاده قرار گیرند. در واقع این پژوهش جهت شناسایی گیاهان رشد یافته در مناطق به منظور تعیین پتانسیل آنها جهت مقاومت به آلودگی صورت گرفته است و بر اساس نتایج حاصله پیشنهاد می‌شود گیاهانی که به عنوان گیاهان مقاوم شناخته شده‌اند جهت زیست‌پالایی که روشی نسبتاً ساده و کم هزینه‌ای است، مورد استفاده قرار بگیرند.

منابع



یگانه، ح. ۱۳۹۲. ارزیابی و ارزش گذاری اقتصادی پروژه های احیایی در اکوسیستم های مرتعی کشور (حوزه آبخیز تهم زنگان). رساله دکتری علوم مرتع دانشگاه تهران.

جهانتاب، ا. ۱۳۹۴. بررسی امکان پالایش خاک های آلوده به برخی ترکیبات نفتی به وسیله گیاهان مرتعی در مناطق نفت خیز (مطالعه موردی: پازنان گچساران). رساله دکتری علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۲۶۹ ص.

رضوانی، م، ق. نورمحمدی و ف. زعفریان. ۱۳۸۴. پاکسازی مواد آلاینده خاک، آب های زیرزمینی و هوا به وسیله گیاهان (Phytoremediation). مجله علوم کشاورزی. ۱۱ (۱): ۷-۲۵.

Ahmadi, B. 2012. The role of heavy metals in human health. July 20 2012. available at: Resources heavy metals.

Brooks, R.R., A, Chiarucci and T. Jaffre. 1998. Revegetation and stabilization of mine dumps and other degraded Terrain. Pl-14, In: Brooks, R.R. (ed.), Plants that hyperaccumulate heavy metals, CAB International, U.S.A.

Deng, D., J. Deng., J. Li., J. Zhang., M. Hu and Z. Lin. 2008. Accumulation of zinc, cadmium, and lead in four populations of *Sedum alfredii* growing on lead/zinc mine spoils. *J Integr Plant Biol*, 50: 691-698

Fritioff, A. and Greger, M. 2006. Uptake and distribution of Zn, Cu, and pb in an aquatic plant *potamogeton natans*, *Journal of Chemosphere*, 63:220-227.

Gaur A and Adholeya A, 2004. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Curr sci*, 86: 528-534.

Khan, AG., Kuek, C., Chaudhry, TM., Khoo, CS., and Hayes. 2000. Role of Plants, Mycorrhiza and Phytochelators in heavy metal contaminated land remediation, *Chemosphere*, 41: 197-207.

Kidd, P., J. Barcelob., MP. Bernal., F. Navari-Izzo., C. Poschenriederb., S. Shileve., R. Clemente and C. Monterroso. 2009. Trace element behaviour at the root-soil interface: implications in phytoremediation. *Environ Exp Bot*, 67:243-259

Leitenmaier, B., A. Witt., A. Witzke., A. Stemke., W. Meyer-Klaucke., PMH. Kroneck and H. Kupper. 2011. Biochemical and biophysical characterisation yields insights into the mechanism of a Cd/Zn transporting ATPase purified from the hyperaccumulator plant *Thlaspi caerulescens*. *Biochim Biophys Acta-Biomembr*, 1808:2591-2599.

Liu, GY., YX. Zhang and TY. Chai. 2011. Phytochelatin synthase of *Thlaspi caerulescens* enhanced tolerance and accumulation of heavy metals when expressed in yeast and tobacco. *Plant Cell Rep*,



30:1067–1076.

McGrath, S.P., E. Lombi, C.W. Gray., N. Caille., S.J. Dunham and F.J. Zhao. 2006. Field evaluation of Cd and Zn phytoremediation potential by the hyperaccumulators *Thlaspi caerulescens* and *Arabidopsis halleri*. *Environmental Pollution*, 141:115-125.

Milner, MJ. and LV. Kochian. 2008. Investigating heavy-metal hyperaccumulation using *Thlaspi caerulescens* as a model system. *Ann Bot*, 102:3–13.

Plessl, M., D. Rigola., VH. Hassinen., A. Tervahauta., S. Karenlampi., H. Schat., MGM. Aarts and D. Ernst. 2010. Comparison of two ecotypes of the metal hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* (J. & C. PRESL) at the transcriptional level. *Protoplasma*, 239:81–93.

Robinson, BH., Green SR. and Mills T. 2003. Assessment of Phytoremediation as best management practice for degraded environment. In: Currie LD, Stewart R, Anderson CWN (eds) *Environmental management using soil-plant-system*. Fertilizer and Lime Research Center, Massey University, Palmerston North, Occasional Report 2003: 16: 39-49.

Vazquez, S., R.Agha., A. Granado., MJ. Sarro., E. Esteban., JM. Penalosa and RO. Carpena. 2006. Use of white lupin plant for phytostabilization of Cd and As polluted acid soil. *Water Air Soil Pollut*, 177:349–365.

Yang, L. 2008. Phytoremediation: An ecotechnology for treating contaminated sites. *Amer Soc Civ Eng*, 12(4): 279- 290.