نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، شماره پیاپی ۳۴، سال نهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳ / صفحات: ۷۱-۶۵

نقش درختچه ریش بز (*Ephedra procera* Fisch & Mey.) در جذب فلزات سنگین معدن منگنز رباط کریم

علی سلطانی جاوید[۱]، فرهنگ مراقبی*[۲] و مژگان فرزامی سپهر[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه

[۲] استادیار،دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یادگار امام خمینی(ره) شهرری، تهران

[۳] استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه

تاریخ دریافت: ۹۳/٤/۷ تاریخ پذیرش:۹۳/٦/۲۲

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثرات فلزات سنگین (منگنز، سرب و مس) بر مورفولوژی گیاه و میزان جذب عناصر در قسمت‌های مختلف گیاه ریش بز مستقر در معدن منگنز رباط کریم استان تهران، صورت گرفت. نمونه‌برداری و نحوهٔ انجام آزمایش میزان فلزات سنگین با توجه به روش پیشنهادی کتاب استاندارد متد انجام شد. نتایج بررسی‌های ظاهری پایه‌های گیاهی مستقر شده در معدن منگنز رباط کریم نشان داد که فلزات سنگین اثرات منفی بر روی مورفولوژی گیاهان آن منطقه داشتند. پایه‌های ریش بز روییده شده در معدن نسبت به پایه‌های روییده شده در خارج محل معدن، از نظر فاصله میان گره، طول ساقه و طول ریشه، اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. به‌طوری‌که گیاهان داخل معدن از نظر طول ساقه و فاصله میان گره، بزرگتر و از نظر طول ریشه، کوچکتر از پایه‌های خارج معدن بودند. آنالیز فلزات سنگین در این گیاه نشان داد که تحت غلظت بالای منگنز این عنصر در ریشه و ساقه گیاه تجمع نیافت و بدین ترتیب نتوانست اثر منفی بر گیاه اعمال کند. اما فلز سرب به‌طور قابل ملاحظه‌ای در سیستم ریشه‌ای و ساقه ریش بز تجمع یافت. همچنین فلز مس نیز در سیستم ریشه‌ای ریش بز بیشتر از بخش‌های هوایی و ساقه آن تجمع یافت.

واژگان کلیدی: تغییرات مورفولوژیک، ریش بز، فلزات سنگین

مقدمه

افزایش بیش از حد جمعیت، صنعتی شدن جوامع، مصرف سوخت‌های فسیلی و استفاده از فلزات در صنایع مختلف باعث پیدایش برخی مسائل و مشکلات جدید در محیط زیست گردیده است. از جمله آلودگی‌های مهم ایجاد شده، آلودگی خاک به فلزات سنگین است. این فلزات در حال حاضر یکی از نگرانی‌های جوامع بشری هستند (مراقبی و همکاران ۱۳۹۲). فلزات سنگین عناصری با جرم اتمی بالاتر از ۵۵/۸g/mol و یا چگالی بیشتر از ۵ g/cm^3 می‌باشند. این عناصر به‌طور طبیعی و به میزان بسیار کم در اکوسیستم زنده یافت می‌شوند و تعداد اندکی از آنها در غلظت بسیار پایین جز عناصر ضروری موجودات زنده محسوب می‌شوند. فلزات سنگین غیر قابل تجزیه زیستی بوده و تمایل به تجمع در سیستم‌های بیولوژیکی دارند (رفعتی و همکاران، ۱۳۹۱). فعالیت‌هایی نظیر معدن کاری، خروجی‌های صنایع، استفاده از کودهای شیمیایی، آفت کش‌ها و آبیاری با فاضلاب‌های آلوده در کشاورزی و

*نویسنده مسئول: f.moraghebi@iausr.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

سوزانیدن سوخت‌های فسیلی و زباله‌ها موجب افزایش میزان آنها در خاک می‌شود (Celik et al., 2005).

از آنجا که فلزات تجزیه پذیر نیستند، در نتیجه می‌توانند برای مدت طولانی در محیط آبی و خاکی بمانند، این فلزات به وسیله آب، به خاک سطحی می‌رسند و یا ممکن است به وسیله گیاهان و محصولات کشاورزی جذب شوند (Ashraf et al., 2011). همچنین باعث تغییرات ریخت شناسی و مورفولوژی مثل کاهش اندازه، تغییر در رنگ و شکل در گونه‌های گیاهی می‌شود. این تغییرات بیشتر ناشی از جذب فلزاتی مانند منگنز، روی، مس و سرب توسط این گیاهان می‌باشد. تغییر در مورفولوژی برگی در گیاهان تحت تنش می‌تواند به‌عنوان مکانیسم سازشی مطرح شود که برگ‌ها را قادر می‌سازد تا بتوانند زندگی خود را در برابر تنش حفظ بنمایند. این فلزات موجب بروز کلروز در برگ می‌گردد که در نهایت به صورت نکروز ادامه یافته و سپس برگ به‌طور کامل تیره می‌شود. کاهش میزان آب نسبی گیاه، کاهش سطح برگ و شدت تعرق، به علت زیادی عناصر سنگین در محیط کشت می‌باشد که جذب و انتقال آب را کاهش داده و می‌تواند بر سیستم فتوسنتزی نیز اثر گذارد. مشخص شده است که عناصر سنگین ساختار اپیدرمی را تغییر می‌دهند و می‌توانند سبب کاهش اندازه سلول، افزایش کوتیکول، تعداد روزنه و کرک و همچنین کاهش اندازه سلول‌های نگهبان شوند (امینی وهمکاران، ۱۳۸۹).

Singh و همکاران (۲۰۱۰) بیان می دارند گیاهانی که قادر به جذب غیر عادی فلزات سنگین هستند پتانسیل ژنتیکی جهت پاک سازی خاک‌های آلوده را دارند و در واقع مزیت اصلی این گیاهان این است که آنها با وجود کشت در زمین‌های آلوده به فلز یا آبیاری توسط آب آلوده، توانایی جذب و انباشتن فلز را دارند. در بررسی های انجام شده توسط .Mleczak و همکاران (۲۰۱۰) در کشور لهستان تحت عنوان تولید بیومس و قدرت گیاه پالایی[1] دو گونه *Salix alba* و *Salix viminalis* و تعیین توانایی کلون‌های Salix برای تولید بیومس و ذخیره یون های فلز سنگین مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص گردید این توانایی در کلون‌های مختلف بید متفاوت است.

کاستن از میزان آلاینده‌ها مستلزم صرف وقت و هزینه بالایی است. خاک‌های آلوده به فلزات سنگین می توانند به وسیله تکنیک‌های فیزیکی وشیمیایی وبیولوژیکی پالایش شوند (Mc Eldowney et al., 1993) در این بین تکنیک گیاه پالایی یکی از راه‌های مقرون به صرفه است که عبارت است از استفاده از گیاهان در رفع آلودگی‌ها از محیط و انتقال بی‌ضرر آنها که با استفاده از تجمع فلزات سنگین در بافت‌ها و اندام‌های مختلف گیاه امکان پذیر است. این روش موجب ترمیم رویشگاه، رفع آلودگی، حفظ فعالیت بیولوژیک و ساختار فیزیکی خاک شده و بطور چشمگیری ارزان است (Pulford, 2003).

به‌طورکلی استفاده از گیاهان انباشتگر فلز می‌تواند خطرات زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و پسماند معادن را کاهش دهد که این فرآیندها احتمال نفوذ آنها را به زنجیره غذایی کاهش می‌دهد. بنابراین استفاده از فلور طبیعی مقاوم در برابر فلزات،یک راه حل ارزان و بادوام است (Ashraf et al., 2011). این روش در سال‌های اخیر، به‌دلیل داشتن حداقل عوارض زیست محیطی، هزینه‌های پایین و تولیدات گیاهی قابل بازیافت، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Lui et al., 2009).

ریش بز یا افدرا درختچه‌ای است از بازدانگان با ساقه‌ای بند بند و بسیار منشعب که ارتفاع آن گاهی به یک متر می‌رسد. افدرا اغلب در مناطق خشک و

1- phytoremediation

Archive of SID

www.SID.ir

بیابانی رشد کرده و گیاهی فوق‌العاده مقاوم به خشکی است. دارای ریشه‌هایی است که تا حدود ۳ متر برای استفاده از رطوبت در زمین نفوذ می‌کند. به‌طورکلی سیستم ریشه‌ای آن بسیار فعال بوده و انشعابات وسیعی را به پیرامون می‌فرستد. در انتهای ریشه‌های سطحی (استولون) که در خاک‌های سطحی گسترده شده‌اند، انشعابات هوایی به صورت جست‌های فراوان ظاهر می‌گردند (قهرمان، ۱۳۸٤). این گیاه در زاهدان، منجیل، دامغان، یزد، کویر لوت، خراسان، هزار مسجد سمنان، شهمیرزاد، شاهدشت، رباط کریم، ورامین، راه چناران به قوچان و بیرجند به قائن،گرمسار، زاهدان، اراک، ارتفاعات جبال البرز، قهرود کاشان، دامنه‌های جنوبی البرز و اصفهان دیده شده است (ثابتی، ۱۳۸٤).

با توجه به مطالب فوق هدف از این پژوهش بررسی امکان استفاده از گیاه ریش بز که به‌صورت طبیعی در منطقه گسترش دارد جهت پاکسازی منطقه از اثرات نخاله‌های خروجی از معدن که در سطح منطقه پخش شده بود.

مواد و روش‌ها

معدن منگنز رباط کریم در ۹ کیلومتری شهرستان رباط کریم، در جنوب استان تهران قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی این معدن در طول ۵۱ درجه ۱۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه و عرض ۳۵ درجه و ۲٤ دقیقه قرار گرفته است. میانگین دمای این منطقه در تابستان ۳۵ درجه سانتی‌گراد و در زمستان ۳۰- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این معدن در سال ۱۹۲۷ میلادی کشف گردید و از آن زمان به بعد مورد بهره‌برداری مستمر قرار گرفته است (ستوهیان و همکاران، ۱۳۸۱).

جهت سهولت در مطالعه و تحقیق، منطقه به ۳ قسمت تقسیم شد:

قسمت A : دپوی خاک معدن (با سنگ‌های درشت) که محل تخلیه نخاله‌های معدن می‌باشد

قسمت B: آبرفت دپوهای خاکی معدن (با سنگ‌های ریز و شن و ماسه)

قسمت C: خاک دست نخورده اطراف معدن حدود ۱۰۰ متر دورتر از منطقه دپو (منطقه شاهد)

جهت نمونه‌برداری بهتر قسمت A و C هر کدام به ۵ ناحیه کوچکتر تقسیم گردید. هدف از این کار این بود که از همه قسمت‌های اطراف معدن بتوان نمونه برداشت نمود. در هر ناحیه یک پایه ریش بز انتخاب گردید و در کل ده نمونه ریش بز به همراه ریشه از خاک جدا گردید. برداشت نمونه‌ها در اردیبهشت ماه صورت گرفت. میزان عناصر مورد بررسی در خاک داخل و خارج محوطه اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱: میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده در مورد غلظت فلزات سنگین در ۲ ناحیه داخل و خارج معدن:

مقایسه خاک‌ها	Mn ppm	Pb ppm	Cu ppm
خاک معدن	۸/٤۹۸۵	۱/۳۳۱٦	۱/۸۷۹۷
خاک دست نخورده خارج معدن	۰/۹۵٦۳	۰/٤۳۰۲	۱/٤۲٤۷

در نمونه‌ها طول ریشه، طول ساقه، ارتفاع کل و فاصله میان گره اندازه گیری و مقایسه گردید. سپس نمونه‌ها خشک شده و با استفاده از دستگاه جذب اتمی میزان غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گیاهی و خاک اندازه‌گیری گردید (هاشمی و بهزادی، ۱۳۹۰؛ لرستانی، ۱۳۸۸).

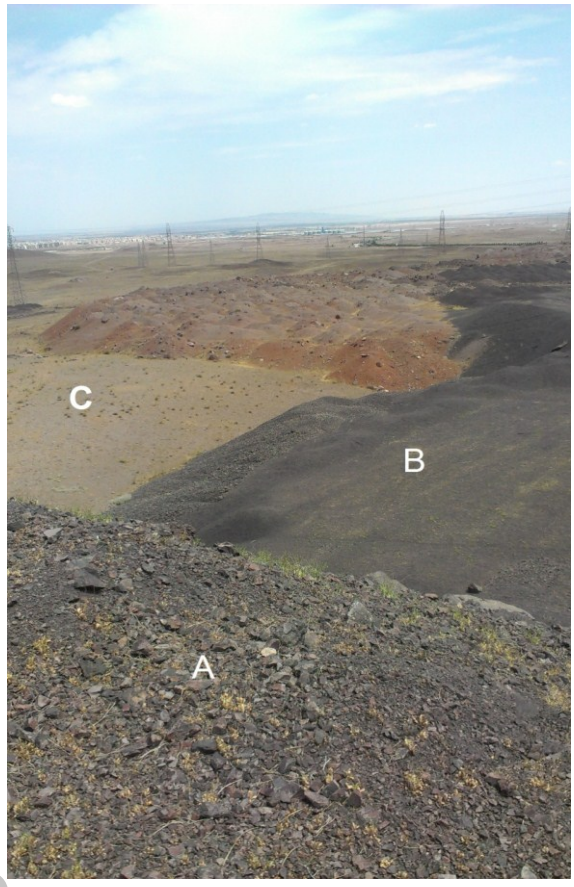
Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

نتایج مربوط به تغییرات مورفولوژیک گیاهان ریش بز داخل و خارج معدن: به‌طورکلی، فلزات سنگین داخل معدن (Mn, Pb, Cu) تاثیر منفی بر روی شرایط ریختی گیاه گذاشت. خلاصه نتایج تحقیق در جدول‌های ۲، ۳ و ٤ ارائه شده است. در بررسی ظاهری پایه‌ها مشخص گردید که پایه‌های خارج معدن از نظر توصیفی، شاداب تر، روشن تر، دارای تعداد برگ و انشعابات بیشتر می‌باشند. در حالی که پایه‌های داخل معدن، تنک تر بود و تعداد انشعابات کمتری داشت و در کل از نظر ریخت و نمای ظاهری ، همانند پایه‌های مسن و نیمه سبز ریش بز بودند.

لازم به ذکر است چون اندام گیاهی مانند ریشه در دو منطقه مقایسه گردیده از آزمون T-Test استفاده شد.



شکل ۱: پخش نخاله‌های خروجی معدن در منطقه

جدول ۲: مقایسه آماری گیاه ریش بز در ۲ ناحیه داخل و خارج معدن براساس آزمون T-Test

شرح آزمون	معنادار و بی معنا	درصد	نشانه	توضیحات
ارتفاع	بی معنا	-	ns	-
طول ریشه	معنادار	۰/۰۵	*	ریشه گیاهان خارج معدن بزرگتر
طول ساقه	معنادار	۰/۰۵	*	طول ساقه گیاهان معدن بیشتر
فاصله میان گره	معنادار	۰/۰۱	**	فاصله میان گره گیاهان معدن بیشتر
تاج پوشش	بی معنا	-	ns	-

**و*، ns = میانگین مربعات به‌ترتیب در سطح ۱و ۵ درصد معنی‌دار و بی‌معنی هستند.

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس اثرات فلزات سنگین بر برخی از صفات مورفولوژیک در ریش بز

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع کل	طول ریشه	طول ساقه	میانگره	تاج پوشش
تیمار	۱	۳/۱۲۵	۲٦٤/٥ **	٥۱۲ **	۱/٦۲ **	۰/۰٤٥
خطا	٦	۸۲/۱۲٥	۱٤/٥۸۳	۲٤	۰/۰۸۳	٥۹۸/٥۱۱
ضریب تغییرات	-	۱۰	۱٦	۷/۳	۹/۷	۹/۹

** = میانگین مربعات ب در سطح ۱ درصد معنی‌دار هستند.

Archive
www.SID.ir

نتایج مربوط به آنالیز فلزات سنگین در گیاهان ریش بز داخل و خارج معدن: به‌طورکلی فلز منگنز در ۲ بخش ریشه و ساقه ریش بز، تاثیر معنی‌داری نگذاشت. اما در مورد فلز سرب این رویه صدق نمی‌کند و این فلز به‌طور قابل ملاحظه‌ای در سیستم ریشه‌ای و ساقه ریش بز تجمع پیدا کرده است. غلظت فلز مس نیز در ساقه گیاهان داخل و خارج معدن، تفاوت زیادی نداشت. اما در سیستم ریشه‌ای گیاهان خارج معدن، تجمع زیادی پیدا کرده است. یافته‌های این تحقیق نشان داد که تجمع بالای سرب در ریشه گیاهان معدن، مانع تجمع زیاد مس شده است و تجمع پایین تر منگنز و سرب در ریشه گیاهان خارج معدن، باعث ورود مس بیشتری به ریشه این گیاهان شد (جدول ٤). نتایج تجزیه واریانس اثرات انباشت فلزات سنگین منگنز، سرب و مس در ساقه و ریشه گیاه ریش بز در جدول ٤ آورده شده است.

لازم به ذکر است چون مقدار سرب لازم بود به شکل هم زمان در همه اندام و در دو منطقه مقایسه گردد از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد.

جدول ٤: مقایسه اثرات ساده تجمع فلزات سنگین در ریش بز و خاک مورد مطالعه

فاکتورها	سرب	مس	منگنز
ریشه ریش بز-داخل معدن	۰/۳۸۹a	۱/۰۹۵a	۰/٦٤٢a
ریشه ریش بز -خارج معدن	۰/۰۷۷b	۱/۳۸۲a	۰/٦۳٥a
ساقه ریش بز -داخل معدن	۰/۰۱۲b	۰/۷۳۳a	۰/٥۷٦a
ساقه ریش بز -خارج معدن	۰/۰۹۰a	۰/۸۱٦a	۰/٥۱۳a

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

بحث

بعد از بررسی نتایج تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت فلز منگنز در ۲ بخش ریشه و ساقه افدرا، تاثیر خاصی نداشت. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که این گیاه، خود را با شرایط سخت زندگی در کنار معدن منگنز سازگار کرده است و این فلز سنگین نتوانسته است تاثیر چشمگیری در این گیاه درختچه‌ای اعمال کند. اسدالهی و مظفری (۱۳۹۱) بیان می‌دارند در درختان پسته با افزایش منگنز به ۱۲ و ٢٤ میکرومولار وزن خشک قسمت‌های هوایی افزایش یافت. اما در صورت وجود هر عامل بیرونی تنش زای دیگری مثلاً شوری اثر مفید منیزیم در رشد گیاه قابل مشاهده نمی‌باشد. در این طرح نیز اثر مفید منگنز در افزایش قسمت‌های هوایی گیاه قابل مشاهده نبود.

در مورد فلز سرب این رویه صدق نمی‌کند و این فلز به‌طور قابل ملاحظه‌ای در سیستم ریشه‌ای و ساقه افدرا تجمع پیدا کرد که تاییدی است بر کارهای Maddah و Moraghebi (۲۰۱۳) که نشان دادند سرب در ریشه درختان *Picea abies* و *Pinus sylvestris* ذخیره می‌گردند. غلظت فلز مس نیز در ساقه گیاهان داخل و خارج معدن، تفاوت زیادی نداشت. اما در سیستم ریشه‌ای گیاهان خارج معدن تجمع زیادی پیدا کرده بود که دلیل این امر می‌تواند ممانعت گیاه از ورود مس به بخش‌های هوایی باشد. یافته‌های ما نشان داد که تجمع بالای سرب در ریشه گیاهان معدن مانع تجمع زیاد مس شده است و تجمع پایین‌تر منگنز و سرب در ریشه گیاهان خارج معدن، باعث ورود مس بیشتری به ریشه این گیاهان گردیده است.

به‌طورکلی تفاوت‌های مورفولوژیک بین پایه‌های داخل و خارج معدن ناشی از میزان بالای فلز سرب موجود در قسمت‌های ریشه و ساقه ریش بز می‌باشد. همچنین در تحقیقی که توسط کریمی و همکاران (۱۳۹۲) صورت گرفت نیز مشخص شد که با افزایش غلظت سرب در خاک گیاه کنگر فرنگی میزان انباشت سرب در ریشه این گونه بیشتر از ساقه‌ها بود. اما با یافته‌های حاصل از آزمایشات Dominguz و همکاران

Archive of SID

www.SID.ir

(۲۰۰۵) و Pulford و همکاران (۲۰۰۳) مغایرت دارد زیرا آنها از آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که *Populus alba* بیشترین سرب دریافتی از خاک‌های آلوده را در برگ‌های خود ذخیره می‌کند. عدم قابلیت جذب برخی از فلزات سنگین در خاک یا جذب انتخابی مشاهده شده تاییدی است بر کارهای Rafati و همکاران (۲۰۱۱) که نشان دادند حتی گونه‌های سریع رشد نیز همه فلزات را جذب نمی نمایند.

از نظر ظاهری به نظر می‌رسد که گیاه درختچه‌ای ریش بز، بیشترین میزان انرژی خود را جهت افزایش طول میان گره گذاشته است. درست شبیه حالتی است که گیاهان آفتاب دوست تحت تنش سایه قرار گرفته و برای گریز از استرس کم نوری (سایه)، طول میان گره خود را افزایش می‌دهد. در پایه های ریش بز نیز دقیقاً همین عمل صورت گرفته بود و پایه‌های تحت تنش فلزات سنگین موجود در معدن، از همین الگوی دفاعی استفاده کرده‌اند و طول میان گره و در نتیجه طول ساقه خود را افزایش داده‌اند. از آنجا که گیاه بیشترین انرژی خود را صرف افزایش طول میان گره و ساقه کرده، در نتیجه طول ریشه در پایه‌های داخل معدن، کاهش می‌یابد. در این خصوص به نظر می‌رسد که با کوچک‌تر شدن ریشه، گیاهان داخل معدن به اندازه کافی قادر به جذب مواد غذایی نیستند و در نتیجه دچار کمبود مواد غذایی شده‌اند که با یافته‌های اردکانی (۱۳۹۲) هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

در پایان می‌توان گفت وجود سه فلز سنگین (مس، سرب و منگنز) در معدن رباط کریم باعث تاثیرات منفی بر روی گیاه *Ephedra procera* شد. بررسی‌ها نشان داد که گیاه ریش بز امکان انباشت سرب را در ساقه‌های خود را دارد، بنابراین با جمع‌آوری ساقه‌های این گیاه می توان نسبت به جمع‌آوری سرب که از ضایعات فرعی معدن می‌باشد استفاده نمود بدون آنکه باعث از بین رفتن پایه‌ها گردد. لیکن این گیاه انباشتگر مناسبی برای مس و منگنز نمی‌باشد.

منابع

اردکانی، م.ر. (۱۳۹۲). اکولوژی. انتشارات دانشگاه تهران . چاپ پانزدهم.صفحه ۳۵۰

اسداللهی، ز. و مظفری، و. (۱۳۹۱). تأثیر شوری و منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی دانهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.) در محیط کشت پرلیت. علوم و فنون کشت‌های گلخانه ای. سال سوم. شماره ۱۲. صفحات ۲۸-۱۳.

امینی، ف.، نوری. م. و فروغی. م. (۱۳۸۹). تاثیر عناصر سنگین بر آناتومی، برخی فلاونوئیدها و نیتروکسین‌های برگ *Coronilla vira* L. در کشت هیدروپونیک. مجله علمی پژوهشی سلول و بافت. جلد ۱. شماره ۱. صفحات ۲۰-۹.

ثابتی، ح. (۱۳۸٤). جنگل‌ها , درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه تهران. جلد۱. صفحه ٦۳۰.

رفعتی، م.، خراسانی، ن.، مراقبی، ف. و شیروانی، ا. (۱۳۹۱). توانایی گونه‌های توت سفید (*Morus alba*) و سپیدار (*Populus alba*) در تثبیت و برداشت فلزات سنگین. نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ٦۵. شماره ۲، صفحات ۱۹۱-۱۸۱.

ستوهیان، ف.، شریفی، س. و رنجبران، م. (۱۳۸۳). اثرات آلودگی زیست محیطی معدن منگنز رباط کریم, اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های کشاورزی منابع طبیعی و محیط زیست. صفحات ۱۳۷-۱۳۱.

کریمی، ن.، خاناحمدی، م. و مرادی، ب. (۱۳۹۲). اثر غلظت‌های مختلف سرب بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه کنگر فرنگی. مجله پژوهش‌های

Archive of SID
www.SID.ir

تولید گیاهی. جلد ۲۰. شماره ۱. صفحات ۳۹-۳۱.

لرستانی، ب. (۱۳۸۸). بررسی میزان فلزات سنگین در خاک‌های آلوده استان همدان و امکان سنجی حذف آنها توسط گونه‌های گیاهی بومی فرا انباشته کننده. پایان‌نامه دکتری، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، گروه علوم محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

قهرمان، ا. (۱۳۸٤). کروموفیت‌های ایران. انتشارات دانشگاه تهران. جلد ۱. صفحه ۳۹

مراقبی، ف.، کوهی‌نژاد، ح. و میرزاپور مغانلو، ا. (۱۳۹۲). آلودگی هوا و تاثیر آن بر گیاهان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری صفحه. ۱٥٤.

هاشمی، م. و بهزادی، ف. (۱۳۹۰). آشنایی با دستگاه طیف سنجی جذب اتمی، مجله فیزیک نوین. شماره ۷. صفحات ۲٥-۱٤.

Ashraf, M.A. Maah, M. and Yussof, I. (2011). Heavy metals accumulation in-plants growing in ex tine mining catchment. International Journal Environmental Science and Technology. 8(2):410-416.

Celik, A., Kartal, A. and Kaska, Y. (2005). Determining the heavy metal pollution in Denizil (Turkey) by using *Robinia pseudo acacia* L. Environmental International. 31:105-112.

Dominguez, M.T., Madejon, D., Maranon, T. and Murillo, J.M. (2008). Afforestation of trace element pollution area in SW Spain: woody plants performance and trace element accumulation. European Journal Forest. 129: 47-59.

Lui, J.N., Zhou, Q.X., Wang, S. and Sun, T. (2009). Cadmium to clearance and accumulation of *Althea rosea* Cav and its potential as a accumulator under chemical enhancement. Environment Assess. 149:419-427.

Maddah, S.M. and Moraghebi, F. (2013). The comparisons between *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in respect of lead phytoremediation potential. International Journal of Biosciences. 3(2):35-41.

Mc Eldowney, S., Hardman, D.J. and Waite, S. (1993). Treatment technologies. In McEldowney, S., Hardman, D.J. and Waite, S. (Eds.), Pollution, ecology and biotreatment (pp.48–58). Singapore: Longman Singapore Publishers Pvt. Ltd.

Mleczak, M., Rutkowski, P., Rissmann, I., Kaczmarek, Z., Golinski, P., Szentoer, K. and Strazynska, K. (2010). Biomass productivy and phytoremediation potential of *Salix alba* and *Salix viminalis*. Biomass and Bioenergy. 34:1410-1418.

Pulford, I.D, and Watson, C. (2003). "Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees- a review". Environment International. 5:529-540.

Rafati, M., Khorasani, N., Moattar, F., Shirvany, A., Moraghebi, F. and Hosseinzadeh, S. (2011). Phytoremediation Potential of *Populus alba* and *Morus alba* for Cadmium, Chromium and Nickel Absorption from Polluted Soil. International Journal Environmental Research. 5(4):961-970.

Singh, R., Singh, D.P., Kumar, N., Bhargava, S.K. and Baraman, S.C. (2010). Accumulation and translocation of heavy metals in soil and plant from fly ash contaminated area. Journal of Environmental Biology. 31:421-430.

Archive of SID

www.SID.ir