

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 کارشناسی ارشد، 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 پذیرش: ۹۳/۶/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۷

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 نحوه 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 روئیده شده در معدن نسبت به پایه‌های روئیده شده در خارج محل معدن، از نظر فاصله میان گره، طول ساقه و طول ریشه، اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. به طوری که 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 به طور 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

بالاتر از ۵۵/۸g/mol و یا چگالی بیشتر از ۵ g/cm³ می‌باشند. این عناصر به طور 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

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

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

دارند. در بررسی های انجام شده توسط Mleczak و همکاران (۲۰۱۰) در کشور لهستان تحت عنوان تولید بیومس و قدرت گیاه پالایی^۱ دو گونه *Salix alba* و *Salix viminalis* و تعیین توانایی کلون های *Salix* برای تولید بیومس و ذخیره یون های فلز سنگین مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص گردید این توانایی در کلون های مختلف بید متفاوت است.

کاستن از میزان آلاینده ها مستلزم صرف وقت و هزینه بالایی است. خاک های آلوده به فلزات سنگین می توانند به وسیله تکنیک های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی پالایش شوند (Mc Eldowney et al., 1993) در این بین تکنیک گیاه پالایی یکی از راه های مقرون به صرفه است که عبارت است از استفاده از گیاهان در رفع آلودگی ها از محیط و انتقال بی ضرر آنها که با استفاده از تجمع فلزات سنگین در بافت ها و اندام های 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).

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

ریش بز یا افدرا درختچه ای است از بازدانگان با ساقه ای بند بند و بسیار منشعب که ارتفاع آن گاهی به یک متر می رسد. افدرا اغلب در مناطق خشک و

سوزانیدن سوخت های فسیلی و زباله ها موجب افزایش میزان آنها در خاک می شود (Celik et al., 2005).

از آنجا که فلزات تجزیه پذیر نیستند، در نتیجه می توانند برای مدت طولانی در محیط آبی و خاکی بمانند، این فلزات به وسیله آب، به خاک سطحی می رسند 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 گونه های گیاهی می شود. این تغییرات بیشتر ناشی از جذب فلزاتی مانند منگنز، روی، مس و سرب توسط این گیاهان می باشد. تغییر در مورفولوژی برگی در گیاهان تحت تنش می تواند به عنوان مکانیسم سازشی مطرح شود که برگ ها را قادر می سازد تا بتوانند زندگی خود را در برابر تنش حفظ بنمایند. این فلزات موجب بروز کلروز در برگ می گردد که در نهایت به صورت نکروز ادامه یافته و سپس برگ به طور کامل تیره می شود. کاهش میزان آب نسبی گیاه، کاهش سطح برگ و شدت تعرق، به علت زیادی عناصر سنگین در محیط کشت می باشد که جذب و انتقال آب را کاهش داده و می تواند بر سیستم فتوسنتزی نیز اثر گذارد. مشخص شده است که عناصر سنگین ساختار اپیدرمی را تغییر می دهند و می توانند سبب کاهش اندازه سلول، افزایش کوتیکول، تعداد روزنه و کرک و همچنین کاهش اندازه سلول های نگهبان شوند (امینی و همکاران، ۱۳۸۹).

Singh و همکاران (۲۰۱۰) بیان می دارند گیاهانی که قادر به جذب غیر عادی فلزات سنگین هستند پتانسیل ژنتیکی جهت پاک سازی خاک های آلوده را دارند و در واقع مزیت اصلی این گیاهان این است که آنها با وجود کشت در زمین های آلوده به فلز یا آبیاری توسط آب آلوده، توانایی جذب و انباشتن فلز را

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:

Cu ppm	Pb ppm	Mn ppm	مقایسه خاک‌ها
۱/۸۷۹۷	۱/۳۳۱۶	۸/۴۹۸۵	خاک معدن
۱/۴۲۴۷	۰/۴۳۰۲	۰/۹۵۶۳	خاک دست نخورده خارج معدن

در نمونه‌ها طول ریشه، طول ساقه، ارتفاع کل و فاصله میان گره اندازه‌گیری 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).

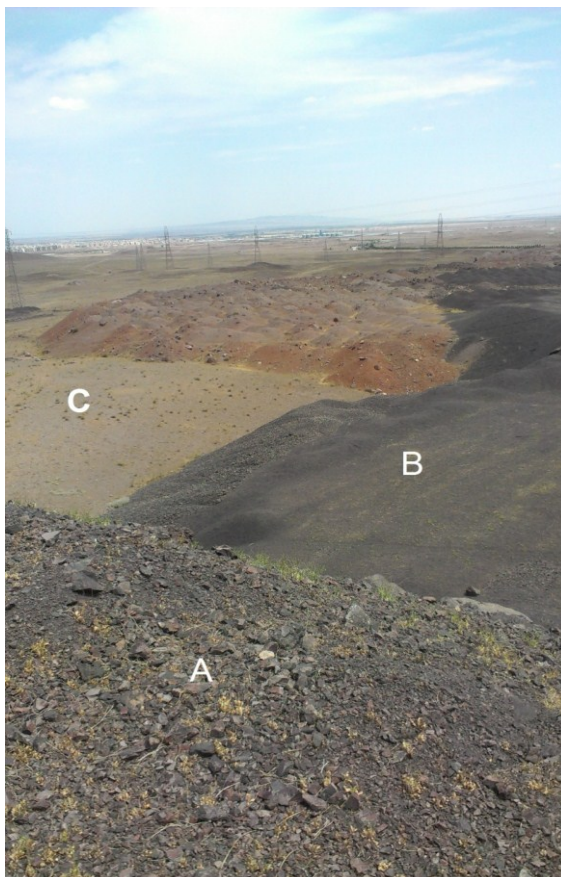
بیابانی رشد کرده و گیاهی فوق‌العاده مقاوم به خشکی است. دارای ریشه‌هایی است که تا حدود ۳ متر برای استفاده از رطوبت در زمین نفوذ می‌کند. به‌طور کلی سیستم ریشه‌های آن بسیار فعال بوده و انشعابات وسیعی را به پیرامون می‌فرستد. در انتهای ریشه‌های سطحی (استولون) که در خاک‌های سطحی گسترده شده‌اند، انشعابات هوایی به صورت جست‌های فراوان ظاهر می‌گردند (قهرمان، ۱۳۸۴). 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، ۱۳۸۴). 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 ۲۴ 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:

نتایج

نتایج مربوط به تغییرات مورفولوژیک گیاهان ریش بز داخل و خارج معدن: به طور کلی، فلزات سنگین داخل معدن (Mn, Pb, Cu) تاثیر منفی بر روی شرایط ریختی گیاه گذاشت. خلاصه نتایج تحقیق در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ 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 ** = میانگین مربعات به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار و بی معنی 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	میانگرم	تاج پوشش
تیمار	۱	۳/۱۲۵	۲۶۴/۵ **	۵۱۲ **	۱/۶۲ **	۰/۰۴۵
خطا	۶	۸۲/۱۲۵	۱۴/۵۸۳	۲۴	۰/۰۸۳	۵۹۸/۵۱۱
ضریب تغییرات	-	۱۰	۱۶	۷/۳	۹/۷	۹/۹

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

نتایج مربوط به آنالیز فلزات سنگین در گیاهان ریش بز داخل و خارج معدن: به‌طور کلی 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 ۴). نتایج تجزیه واریانس اثرات انباشت فلزات سنگین منگنز، سرب و مس در ساقه و ریشه گیاه ریش بز در جدول ۴ 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 دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

جدول ۴: 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	۰/۶۴۲a
ریشه ریش بز-خارج معدن	۰/۰۷۷b	۱/۳۸۲a	۰/۶۳۵a
ساقه ریش بز-داخل معدن	۰/۰۱۲b	۰/۷۳۳a	۰/۵۷۶a
ساقه ریش بز-خارج معدن	۰/۰۹۰a	۰/۸۱۶a	۰/۵۱۳a

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 به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت فلز منگنز در ۲ بخش ریشه و ساقه افندرا، 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 ۲۴ 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 افندرا تجمع پیدا کرد که تاییدی است بر کارهای Moraghebi و Maddah (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 پایین تر منگنز و سرب در ریشه گیاهان خارج معدن، باعث ورود مس بیشتری به ریشه این گیاهان گردیده است.

به‌طور کلی 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

(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 نمی‌نمایند. از نظر ظاهری به نظر می‌رسد که گیاه درختچه‌ای ریش بز، بیشترین میزان انرژی خود را جهت افزایش طول میان‌گره گذاشته است. درست شبیه حالتی است که گیاهان آفتاب دوست تحت تنش سایه قرار گرفته و برای گریز از استرس کم نوری (سایه)، طول میان‌گره خود را افزایش می‌دهد. در پایه‌های 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 میان‌گره و در نتیجه طول ساقه خود را افزایش داده‌اند. از آنجا که گیاه بیشترین انرژی خود را صرف افزایش طول میان‌گره 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 می‌توان 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 دانه‌های پسته (*Pistacia vera* L.) در محیط کشت پرلیت. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. 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. (۱۳۸۴). جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه تهران. جلد ۱. صفحه ۶۳۰.
- 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 ۶۵. 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

- 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 productivity 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.
- 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. (۱۳۸۴). 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 ۱۵۴.
- هاشمی، م. و بهزادی، ف. (۱۳۹۰). آشنایی با دستگاه طیف سنجی جذب اتمی، مجله فیزیک نوین. شماره ۷. صفحات ۲۵-۱۴.
- 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.