نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۲، ص. ۴۱۴-۴۰۶

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.2, May-Jun 2013, p. 406-414

بررسی پالایش برخی فلزات سنگین خاک توسط ذرت و کلزا در سیستم کشت منفرد و مخلوط

یاسر عظیم زاده[1*]- حسین شریعتمداری[2]- مهران شیروانی[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۷/۲۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۲/۸

چکیده

گیاه‌پالایی یکی از کم‌هزینه‌ترین روش‌های پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین می‌باشد. هدف این مطالعه بررسی توان گیاه‌پالایی دو گیاه ذرت و کلزا تحت سیستم کشت منفرد و مخلوط بود. بدین منظور آزمایشی گلخانه‌ای به صورت کشت گلدانی بر روی یک خاک آهکی آلوده به سرب و روی انجام شد. تیمارها شامل کشت منفرد ذرت، کشت منفرد کلزا و کشت مخلوط (ذرت و کلزا) بودند. نتایج نشان داد فعالیت ریشه گیاه با کاهش pH و افزایش کربن آلی محلول خاک، زیست‌فراهمی فلزات سرب، روی، مس و نیکل را افزایش داد. جذب فلزات سرب، روی، مس و نیکل در ریشه کشت مخلوط کمتر از ریشه ذرت و بیشتر از ریشه کلزا بود. جذب روی و نیکل توسط شاخساره کلزا و کشت مخلوط بیشتر از ذرت بود. همچنین نتایج مربوط به جذب فلزات در کل زیست‌توده (جمع ریشه و شاخساره) نشان داد جذب مس و نیکل در زیست‌توده کشت مخلوط کمتر از ذرت و بیشتر از کلزا بود در حالی که جذب سرب و روی در زیست‌توده ذرت و کشت مخلوط بیشتر از کلزا بدست آمد. همچنین کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد ذرت و کلزا نسبت به کشت منفرد شد. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از سیستم کشت مخلوط می‌تواند فلزات روی و نیکل را بیشتر از ذرت منفرد و مس را بیشتر از کلزای منفرد استخراج کند.

واژه های کلیدی: گیاه‌پالایی، فلزات سنگین، کشت مخلوط، کلزا، ذرت

مقدمه

امروزه فلزات سنگین در بین انواع آلاینده‌های محیط زیست توجه محققین را بیش از پیش به خود جلب کرده است (۲). برای پالایش و دفع خطر فلزات سنگین از خاک، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که یکی از مفیدترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌ها که فاقد اثرات جانبی مخرب نیز می‌باشد گیاه پالایی[4] است. در این روش از گیاهان انباشتگر[5] و بیش‌انباشتگر[6] برای خارج کردن فلزات سنگین و یا پالایش آلودگی‌های آلی نظیر آلودگی‌های نفتی استفاده می‌شود (۸ و ۱۶). این گیاهان با جذب و تجمع مقادیر زیاد آلاینده در بافت‌های خود، آن‌ها را از خاک خارج می‌سازند. معمولاً غلظت فلزات سنگین در شاخساره گیاهان بیش‌انباشتگر بیشتر از ریشه بوده و نسبت غلظت فلز در شاخساره به ریشه آنها بزرگتر از ۱ و برای گیاهان غیر انباشتگر کمتر از ۱ می‌باشد (۵ و ۱۸). عموماً دو گروه از گیاهان برای استخراج گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. گروه اول شامل انواع گیاهان بیش اندوز مانند *Thlaspi Caerulescens* هستند که غلظت‌های بسیار زیادی از فلزات را در اندام‌های خود ذخیره می‌کنند ولی معمولاً اندازه کوچک و سرعت رشد کندی دارند. گروه دوم شامل گیاهانی مانند ذرت هستند که زیست‌توده زیادی تولید می‌کنند ولی غلظت‌های کمتری از فلزات را نسبت به گروه اول جذب و ذخیره می‌کنند (۱۱). عموماً برای موفقیت در روش گیاه‌پالایی، گونه‌هایی از گیاهان که زیست‌توده زیادی تولید کرده و از توانایی زیادی در جذب و انتقال فلز به اندام هوایی نیز برخوردار باشند انتخاب می‌شوند (۱۵).

بیشتر گیاهان بیش‌اندوز به علت تولید زیست توده اندک و رشد کند، برای کاربرد در گیاه پالایی مناسب نیستند. از این‌رو در سال‌های اخیر استفاده از گیاهانی مانند ذرت، کلزا و آفتاب‌گردان که دارای توان بیشتری در تولید زیست‌توده می‌باشند به همراه اقداماتی در جهت افزایش مقدار جذب فلزات سنگین توسط این گیاهان پیشنهاد شده است که جایگزین استفاده از بیش انباشتگرها می‌شوند (۷). از جمله این تکنیک‌ها می‌توان به استفاده از ترکیبات شیمیایی و تکنیک‌های

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: (Email: yaser.azimzadeh@gmail.com

4- Phytoremediation
5- Accumulator
6- Hyperacumulator

Archive of SID
www.SID.ir

زراعی اشاره کرد. فتاحی و همکاران (۳) با بررسی پالایش سرب توسط سه گیاه ذرت، آفتابگردان و پنبه نشان دادند که ذرت در بین سه گیاه مذکور توان بیشتری در جذب و انتقال سرب دارا می‌باشد و افزودن EDTA به خاک مقدار سرب را در ریشه و شاخساره هر سه گیاه افزایش می‌دهد. استفاده از سیستم کشت مخلوط از جمله تکنیک‌های زراعی می‌باشد که در زمینه گیاه‌پالایی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

ذرت دارای پتانسیل زیادی در جذب و خارج ساختن فلزات سنگین از خاک می‌باشد زیرا علاوه بر تولید زیست‌توده زیاد، به عنوان یک گیاه بیش‌اندوز فلزات سنگین نیز شناخته شده است. کلزا نیز زیست‌توده زیادی تولید کرده و یک گیاه با پتانسیل بالای جذب و استخراج فلزات سنگین از خاک‌های آلوده می‌باشد که به علت انتقال بسیار کم فلزات سنگین به دانه، می‌توان علاوه بر پالایش خاک از روغن آن نیز استفاده کرد (۴، ۱۳، ۱۴ و ۲۰). بنابراین هدف از این تحقیق ارزیابی توانایی گیاه ذرت و کلزا و همچنین کارایی تکنیک استفاده از سیستم کشت مخلوط دو گیاه مذکور در پالایش فلزات سنگین از یک خاک آلوده طبیعی بود.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه

نمونه‌های خاک از فاصله یک کیلومتری معدن سرب و روی باما واقع در جنوب غربی شهر اصفهان و از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک جمع‌آوری شدند. نیتروژن خاک به روش کلدال (۶)، پتاسیم قابل جذب خاک به روش استات آمونیوم و فسفر به روش عصاره‌گیری السن (۲۱) pH در سوسپانسیون یک به دو و نیم خاک و آب مقطر، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات آمونیوم در pH برابر ۷ (۱۷) و بافت خاک به روش پیپت (۱۹) اندازه‌گیری شد. کربن آلی محلول خاک (DOC) در عصاره ۱ به ۴ خاک و آب مقطر و با استفاده از دستگاه کربن آنالایزر مدل Skalar Primacs^{SLC}carbon analyzer اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت کل هر یک از فلزات، از مخلوط اسید نیتریک و اسید کلریدریک به نسبت ۱ به ۳ (حجمی) استفاده شد (۲۲). برای عصاره‌گیری بخش زیست‌فراهم فلزات، از DTPA استفاده شد (DTPA ۰/۰۰۵ مولار+ $CaCl_2$ ۰/۰۱ مولار+ TEA ۰/۱ مولار در pH=۷/۳) (۱۲). جدول ۱ خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد. غلظت سرب و روی در این خاک بیشتر از حد طبیعی در خاک بوده و خاک آلوده به سرب و روی محسوب می‌شود (۱۰).

آزمایش گلخانه‌ای

در داخل هر گلدان به اندازه ۵/۶ کیلوگرم خاک عبور داده شده از الک ۴ میلی‌متری ریخته شد. بذرهای ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ و کلزا رقم هایولا ۴۰۱ در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی جوانه‌دار شد. سپس در هر گلدان ۸ عدد بذر کشت شد که بعد از استقرار، به ۴ گیاه تنک شد به طوری که در تیمارهای کشت مخلوط دو بوته ذرت و دو بوته کلزا و در تیمارهای کشت منفرد ذرت و کشت منفرد کلزا به ترتیب ۴ بوته ذرت و ۴ بوته کلزا نگه داشته شد. آبیاری گیاهان با استفاده از آب مقطر، به روش وزنی و پس از مصرف حدوداً ۲۵درصد آب قابل استفاده به گونه‌ای صورت گرفت که از زیر گلدان‌ها آب خارج نشود. بعد از ۸۵ روز اندام هوایی گیاهان از ریشه جدا و خاک گلدان‌ها برداشت شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

ویژگی	مقدار
بافت	لومی رسی
طبقه‌بندی	Typic Haplocambids
pH	۷/۹
هدایت الکتریکی در عصاره ۱ : ۲/۵ ($dS\ m^{-1}$)	۰/۵
ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmol_c\ kg^{-1}$)	۱۳/۷
کربن آلی محلول ($mg\ L^{-1}$)	۲۵/۵
سرب کل ($mg\ kg^{-1}$)	۳۰۰/۲
سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)	۶۸/۹
روی کل ($mg\ kg^{-1}$)	۲۴۴۲/۵
روی قابل عصاره‌گیری با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)	۳۸۲/۵
مس کل ($mg\ kg^{-1}$)	۳۳/۹
مس قابل عصاره‌گیری با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)	۴/۴
نیکل کل ($mg\ kg^{-1}$)	۸۸/۵
نیکل قابل عصاره‌گیری با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)	۱/۰

Archive of SID

www.SID.ir

در تیمارهای کشت مخلوط، دو بوته ذرت و دو بوته کلزا به صورت مجزا برداشت شد. سپس شاخساره و ریشه گیاهان جداگانه در داخل آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت خشک و برای آنالیز به آزمایشگاه منتقل شدند. خاک گلدان‌ها نیز برای اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی و زیست‌فراهمی فلزات سنگین برداشت شد.

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تیمار آزمایشی شامل کشت منفرد ذرت، کشت منفرد کلزا، کشت مخلوط ذرت و کلزا و شاهد و در ۶ تکرار اجرا شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

آنالیز آزمایشگاهی

زیست‌فراهمی فلزات سنگین در خاک که شامل بخش‌های قابل عصاره‌گیری با DTPA می‌باشد تعیین گردید. هضم نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش هضم تر صورت گرفت. غلظت فلزات در ریشه و اندام هوایی ذرت و کلزا در کشت منفرد اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات در ریشه و شاخساره ذرت و کلزا در کشت مخلوط، دو بوته ذرت و دو بوته کلزا به صورت مجزا تجزیه شدند ولی در مورد جذب، مقدار جذب فلزات به ازای هر گلدان محاسبه و جذب فلزات توسط مجموع دو بوته ذرت و دو بوته کلزا در نظر گرفته شد. غلظت سرب، روی، مس و نیکل موجود در عصاره‌های گیاهی و خاک به روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی (AAS)، با دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ۲۰۰ AA اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

زیست‌فراهمی فلزات سنگین

اثر نوع کشت در زیست‌فراهمی (بخش قابل عصاره‌گیری با DTPA) فلزات سرب، روی، مس و نیکل در جدول ۲ نشان داده شده است. ذرت در کشت منفرد باعث افزایش زیست‌فراهمی روی نسبت به کشت مخلوط، کلزای منفرد و همچنین شاهد شد. با توجه به DOC بیشتر خاک تحت کشت ذرت، احتمالاً افزایش زیست-فراهمی روی در تیمار ذرت مربوط به ترشحات بیشتر ریشه ذرت باشد. زیست‌فراهمی روی در خاک تحت کشت مخلوط و کلزا تفاوت معنی‌دار نداشت. ذرت، کلزا و کشت مخلوط باعث افزایش زیست-فراهمی فلزات سرب، مس و نیکل نسبت به شاهد شد. در حضور گیاه، ترشحات ریشه باعث افزایش کلات کننده‌های آلی و کاهش pH خاک شده و فعالیت میکروبی در خاک تشدید می‌گردد. علاوه بر آن، با تنفس ریشه و میکروارگانیسم‌ها فشار جزئی گاز CO_2 در خاک افزایش یافته و با انحلال آن در محلول خاک pH خاک کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه عوامل فوق باعث افزایش زیست‌فراهمی فلزات در خاک می‌گردد (۲۳ و ۲۴). زیاد بودن سرب و روی قابل جذب نسبت به مس و نیکل را می‌توان به مقدار زیاد سرب و روی کل در خاک مورد مطالعه مربوط دانست. نکته قابل توجه در مورد نیکل این است که بخش قابل عصاره‌گیری با DTPA برای نیکل، کمتر از فلزات دیگر بود و با این که مقدار کل نیکل در خاک بیش از دو برابر مس بود (۸۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ولی بخش زیست‌فراهم نیکل حدود یک چهارم مس (۱/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد که احتمالاً به توزیع متفاوت نیکل در بخش‌های مختلف ژئوشیمیایی خاک مربوط می‌باشد. کشت گیاه باعث کاهش معنی‌دار pH شد ولی بین سه نوع کشت مخلوط، ذرت و کلزا از نظر pH تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. همچنین کشت گیاه باعث افزایش کربن آلی محلول خاک شد به طوری که در خاک تحت کشت ذرت بیشتر از کلزا و در آن بیشتر از شاهد بود و خاک تحت کشت مخلوط مقدار بینابین ذرت و کلزا را نشان داد. از آنجایی که کربن آلی محلول خاک در ارتباط با ترشحات ریشه می‌باشد، احتمالاً افزایش DOC در خاک تحت کشت ذرت به ترشحات بیشتر ریشه ذرت در مقایسه با کلزا مربوط باشد.

غلظت فلزات در ریشه

غلظت سرب در ریشه کلزا در سیستم کشت مخلوط و منفرد تفاوت معنی‌دار نداشت ولی در ریشه ذرت در کشت مخلوط بیشتر از کشت منفرد ذرت اندازه‌گیری شد و در بین تیمارها بیشترین غلظت سرب در ریشه را به خود اختصاص داد (شکل‌های ۱ و ۲).

جدول ۲- اثر نوع کشت بر تغییرات زیست‌فراهمی فلزات سنگین، pH و DOC در خاک

تیمار کشت	زیست‌فراهمی فلزات سنگین در خاک ($mg\ kg^{-1}$)				pH	DOC ($mg\ L^{-1}$)
	سرب	روی	مس	نیکل		
ذرت	۶۹/۸^{a}	۴۰۳/۳^{a}	۴/۵^{a}	۱/۳^{a}	۷/۶^{b}	۵۳/۶^{a}
کلزا	۶۹/۴^{a}	۳۹۰/۶^{b}	۴/۴^{a}	۱/۳^{a}	۷/۶^{b}	۴۱/۷^{b}
مخلوط (ذرت و کلزا)	۷۰/۴^{a}	۳۸۷/۰^{b}	۴/۵^{a}	۱/۳^{a}	۷/۶^{b}	۴۷/۳^{ab}
شاهد	۶۶/۰^{b}	۳۶۴/۵^{c}	۴/۱^{b}	۱/۰^{b}	۷/۸^{a}	۳۰/۰^{c}

حروف متفاوت بر روی میانگین‌ها در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آماری می‌باشد.

Archive of SID

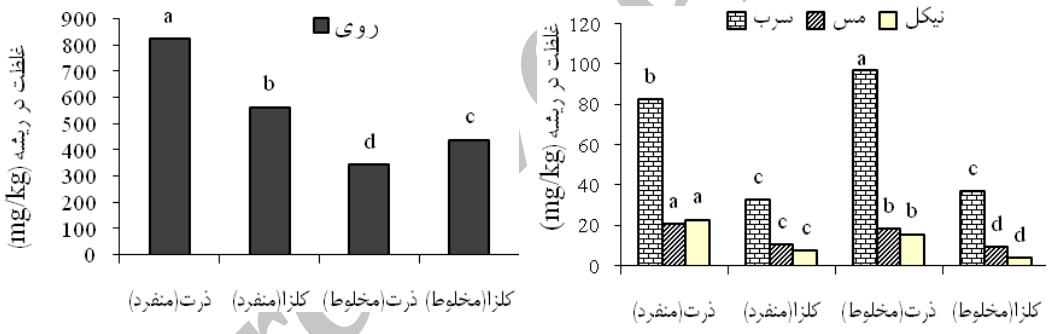
www.SID.ir

بیشترین غلظت روی، مس و نیکل در ریشه ذرت منفرد اندازه-گیری شد و کشت مخلوط باعث کاهش غلظت هر سه عنصر روی، مس و نیکل در ریشه ذرت و کلزا نسبت به کشت منفرد شد. همچنین، غلظت هر سه عنصر بر خلاف سرب، در ذرت منفرد بیشترین مقدار را داشت. کمترین غلظت روی در ریشه ذرت کشت مخلوط و کمترین غلظت مس و نیکل، در ریشه کلزای کشت مخلوط اندازه‌گیری شد. بنابراین ذرت نسبت به کلزا توانایی بیشتری در جذب و تغلیظ فلزات سرب، روی، مس و نیکل در ریشه خود دارا بوده و کشت مخلوط ذرت و کلزا باعث افزایش غلظت سرب در ریشه ذرت و کاهش آن در ریشه کلزا شد، در حالی که در مورد روی، مس و نیکل، باعث کاهش غلظت در ریشه هر دو گیاه گردید.

غلظت فلزات در شاخساره

در مورد غلظت فلزات در شاخساره، نتایج متفاوتی نسبت به ریشه مشاهده شد. غلظت سرب در هر دو سیستم کشت مخلوط و منفرد در شاخساره ذرت بیشتر از کلزا بود و کشت مخلوط تغییر معنی‌دار در غلظت سرب در شاخساره ذرت ایجاد نکرد در حالی که کشت مخلوط باعث کاهش غلظت سرب در شاخساره کلزا شد. غلظت روی بر خلاف سرب در هر دو سیستم کشت، در شاخساره کلزا بیشتر از ذرت بود و کشت مخلوط باعث کاهش غلظت روی در شاخساره ذرت و کلزا شد. غلظت مس در شاخساره ذرت منفرد بیشترین مقدار را داشت و کشت مخلوط باعث کاهش غلظت مس در شاخساره ذرت شد همچنین غلظت مس در شاخساره کلزا در سیستم کشت منفرد و مخلوط تفاوت معنی‌دار نداشت. غلظت نیکل در شاخساره کلزای منفرد بیشتر از ذرت منفرد بود و کشت مخلوط تفاوت معنی‌دار در غلظت نیکل در شاخساره ذرت و کلزا نداشت. توانایی ذرت در جذب و انباشت سرب و مس در شاخساره، بیشتر از کلزا بوده و توانایی کلزا در جذب و انباشت روی و نیکل در شاخساره خود بیشتر از ذرت بود (شکل‌های ۳ و ۴). بنابراین به نظر می‌رسد می‌توان جهت کاهش انتقال روی از خاک به گیاه ذرت و کلزا در خاک‌های آلوده به روی و همچنین کاهش انتقال سرب از خاک به کلزا در خاک‌های آلوده به سرب از سیستم کشت مخلوط ذرت و کلزا استفاده کرد.

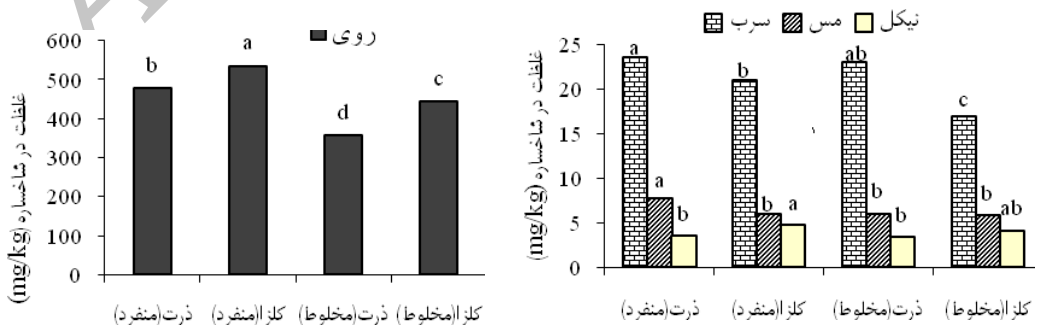
مارچیول و همکاران (۱۳) با بررسی گیاه‌پالایی یک خاک آلوده به فلزات سنگین با استفاده از کلزا و تربچه گزارش کردند که غلظت نیکل در اندام هوایی تربچه بیشتر از کلزا بود. فاکتور انتقال برای روی و کادمیم، بیشتر از سرب و کروم بوده و برای مس و نیکل، مقدار بینابین گزارش شد.



حروف متفاوت بر روی میانگین‌ها در ستون‌های هم‌شکل، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آماری می‌باشد.

شکل۱- غلظت سرب، مس و نیکل در ریشه

شکل۲- غلظت روی در ریشه



حروف متفاوت بر روی میانگین‌ها در ستون‌های هم‌شکل، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آماری می‌باشد.

شکل۳- غلظت سرب، مس و نیکل در شاخساره

شکل٤- غلظت روی در شاخساره

Archive of SID

www.SID.ir

جذب فلزات توسط ریشه

جذب فلزات روی، سرب، مس و نیکل در ریشه ذرت بیشترین مقدار و در ریشه کلزا کمترین مقدار را دارا بود (شکل‌های ۵ و ۶).

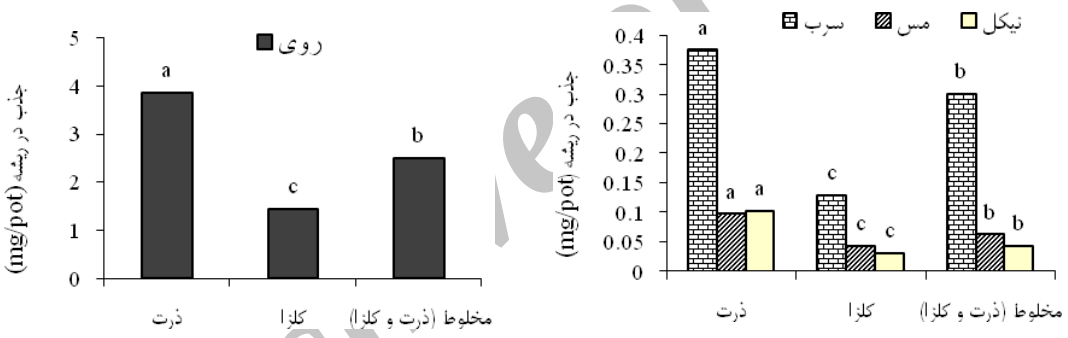
بنابراین جذب فلزات سرب، روی، مس و نیکل توسط ریشه در سیستم کشت مخلوط بذرت و کلزا بیشتر از سیستم کشت منفرد کلزا و کمتر از سیستم کشت منفرد ذرت می‌باشد. عملکرد ریشه در ذرت و کلزا و همچنین در سیستم کشت منفرد و مخلوط تفاوت معنی‌دار نداشت.

جذب فلزات توسط شاخساره

مقدار جذب روی و نیکل توسط شاخساره کشت مخلوط و کلزا بیشتر از شاخساره ذرت بود و از نظر مقدار جذب روی و نیکل بین کشت مخلوط و کلزا تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. جذب مس توسط شاخساره کشت مخلوط و ذرت بیشتر از شاخساره کلزا بوده و از نظر مقدار جذب مس بین کشت مخلوط و ذرت تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. عملکرد شاخساره کلزا بیشتر از ذرت بوده و کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد شاخساره نسبت به کشت منفرد ذرت و کلزا شد (شکل‌های ۷ و ۸). در جذب سرب توسط شاخساره کشت مخلوط، ذرت و کلزا تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. شاخساره در سیستم کشت مخلوط بیشترین مقدار جذب روی، مس و نیکل را دارا بود در حالی که کشت منفرد ذرت فقط در جذب مس و کلزا فقط در جذب روی و نیکل دارای بیشترین مقدار بود. بنابراین به نظر می‌رسد سیستم کشت مخلوط می‌تواند راندمان گیاه‌پالایی نیکل و روی را نسبت به ذرت و راندمان گیاه‌پالایی مس را نسبت به کلزا افزایش دهد. با توجه به نتایج فتاحی و همکاران (۳) ذرت می‌تواند نسبت به گیاهانی مانند آفتابگردان و پنبه مقادیر بیشتری سرب در اندام هوایی انباشت نماید.

جذب فلزات توسط کل زیست‌توده

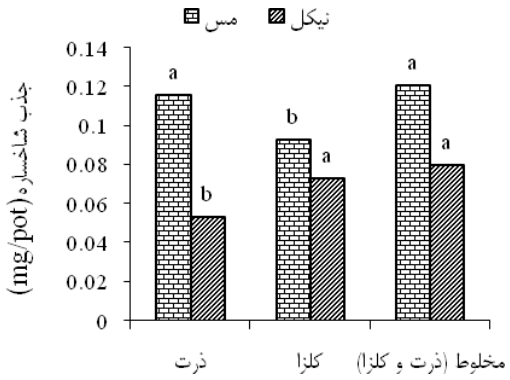
در شکل‌های ۹ و ۱۰ مقدار جذب فلزات سنگین در مجموع ریشه و شاخساره نشان داده شده است. مقدار جذب سرب و روی در کل زیست توده کشت مخلوط و ذرت منفرد بیشتر از کلزای منفرد بوده و مقدار جذب مس و نیکل در ذرت، بیشتر از کشت مخلوط و در آن نیز بیشتر از کلزا بود.



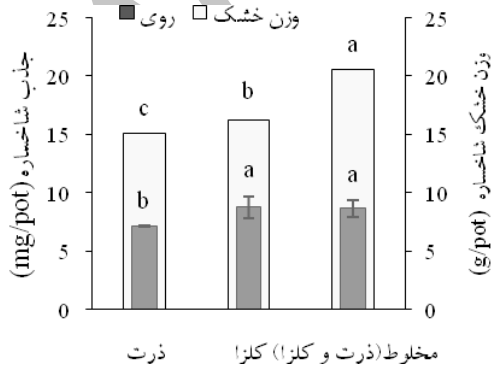
شکل۵- جذب سرب، مس و نیکل در ریشه

شکل۶- جذب روی در ریشه

حروف متفاوت بر روی میانگین‌ها در ستون‌های هم‌شکل، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آماری می‌باشد.



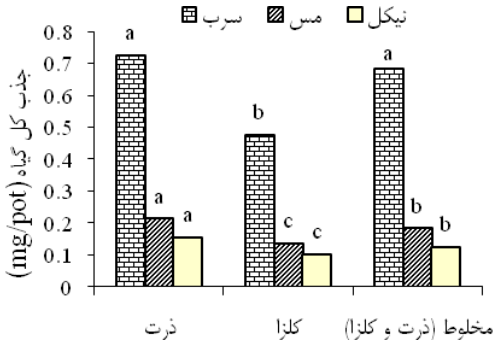
شکل۷- جذب مس و نیکل در شاخساره



شکل۸- جذب روی و عملکرد شاخساره

حروف متفاوت بر روی میانگین‌ها در ستون‌های هم‌شکل، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آماری می‌باشد.

www.SID.ir



شکل۹- جذب سرب، مس و نیکل در کل گیاه

شکل۱۰- جذب روی و عملکرد زیست توده گیاه

حروف متفاوت بر روی میانگین‌ها در ستون‌های هم‌شکل، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ آماری می‌باشد.

بنابراین کشت مخلوط، جذب سرب و روی توسط کل زیست‌توده را نسبت به کلزا افزایش داده و جذب مس و نیکل را نسبت به ذرت کاهش ولی نسبت به کلزا افزایش داد. عملکرد کل زیست توده گیاه در کشت مخلوط بیشتر از ذرت و کلزای منفرد بوده و بین ذرت و کلزا تفاوت معنی‌دار وجود نداشت.

اسکندری و قنبری (۱) نشان دادند که جذب عناصر غذایی در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی و ذرت بیشتر از کشت خالص بود و گزارش کردند که جذب عناصر دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم در لوبیا چشم بلبلی به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد ریشه آن بیشتر از ذرت بود در حالی که در مورد فسفر و پتاسیم، ذرت قدرت رقابتی بیشتری داشت که آن را به سیستم گسترده ریشه ذرت ارتباط دادند. همچنین آنها عملکرد دو گیاه را در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص گزارش کرده و به این نتیجه رسیدند که کشت مخلوط دو گیاه به علت دارا بودن حالت مکملی در مصرف عناصر غذایی نسبت به کشت خالص دارای مزیت می‌باشد.

فاکتور انتقال فلز به اندام هوایی

فاکتور انتقال فلزات سرب، روی، مس و نیکل در کلزا بیشتر از ذرت بود و کشت مخلوط ذرت و کلزا باعث کاهش فاکتور انتقال سرب و روی در کلزا و افزایش فاکتور انتقال روی در ذرت شد (جدول ۳).

پارک و همکاران (۱۴) فاکتور انتقال روی را در کلزا بیشتر از مس گزارش کردند. فرزانگان و همکاران (۴) با مقایسه پتانسیل گیاه‌پالایی کلزا و سورگوم در یک خاک آلوده به سرب و کادمیم نشان دادند که علی‌رغم زیست توده بیشتر در سورگوم، مقدار جذب و فاکتور انتقال فلزات سنگین در گیاه کلزا بیشتر است. مارچیول و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که در کلزا فاکتور انتقال روی بیشتر از سرب بوده و برای مس و نیکل مقدار بینابین گزارش شد. توران و اسرینگ (۲۰) با بررسی گیاه‌پالایی خاک با استفاده از دو گیاه کلزا و خردل هندی نشان دادند که کلزا در جذب سرب، روی، مس و کادمیوم نسبت به خردل هندی بسیار مؤثر عمل کرده و در هر دو گیاه میزان فلزات در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود.

جدول۳- فاکتور انتقال فلز به اندام هوایی

نوع کشت/فلز	روی	سرب	مس	نیکل
ذرت (منفرد)	۰/۵۹^{c}	۰/۲۹^{c}	۰/۳۶^{b}	۰/۱۵^{b}
کلزا (منفرد)	۱/۲۵^{a}	۰/۸۲^{a}	۰/۷۴^{a}	۱/۴۳^{a}
ذرت (مخلوط)	۱/۰۴^{b}	۰/۲۴^{c}	۰/۳۳^{b}	۰/۲۲^{b}
کلزا (مخلوط)	۱/۰۱^{b}	۰/۴۶^{b}	۰/۶۶^{a}	۱/۱۹^{a}

حروف متفاوت روی میانگین‌ها در هر ستون، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار آنها در سطح ۵٪ آماری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

فعالیت ریشه گیاه با کاهش pH و افزایش DOC خاک، زیست‌فراهمی فلزات سنگین را در خاک تحت تأثیر قرار داد به طوری که زیست‌فراهمی فلزات سرب، مس و نیکل نسبت به شاهد افزایش یافت. زیست‌فراهمی روی در خاک تحت کشت ذرت بیشترین و در شاهد کمترین و در کلزا و کشت مخلوط مقدار بینابین را داشت.

جذب نیکل و روی در شاخساره کلزا و کشت مخلوط، بیشتر از ذرت و جذب مس در شاخساره ذرت و کشت مخلوط بیشتر از کلزا بود. عملکرد شاخساره در کشت مخلوط بیشتر از کلزا و در آن بیشتر از ذرت بود. توانایی کلزا در استخراج گیاهی توسط کل زیست‌توده ضعیف‌تر از ذرت بود ولی با کشت مخلوط دو گیاه می‌توان پالایش سرب و روی از خاک را افزایش داد هرچند که در کشت مخلوط نسبت به ذرت منفرد، مس و نیکل کمتری استخراج خواهد شد. با توجه به نتایج بدست آمده، کلزا نسبت به ذرت توانایی بیشتری در پالایش روی و نیکل از خاک داشته و توانایی ذرت در پالایش مس

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتر از کلزا ارزیابی شد. همچنین استفاده از کشت مخلوط دو گیاه ذرت و کلزا در پالایش هر سه فلز روی، مس و نیکل از خاک تکنیک مؤثری ارزیابی شد. جهت کاهش غلظت روی در شاخساره ذرت و کلزا، کاهش غلظت سرب در کلزا و کاهش غلظت مس در ذرت، می-توان از کشت مخلوط ذرت و کلزا استفاده کرد. از آنجایی که کشت مخلوط ذرت و کلزا باعث افزایش قابل توجه فاکتور انتقال روی در ذرت شد، می‌توان امیدوار بود که سیستم کشت مخلوط در رابطه با بحث غنی‌سازی زیستی روی در تولیدات کشاورزی بویژه ذرت، مؤثر واقع شود.

منابع

۱- اسکندری ح. ۱۳۹۰. ارزیابی میزان رقابت و مکملی اجزای کشت مخلوط ذرت (*Zea mays*) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinersis*) در مصرف عناصر غذایی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد۲۱، شماره۲، ۱۳۹۰، صفحات۶۷-۷۵.

۲- شاهویی س.ص. (مترجم). ۱۳۸۵. سرشت و خصوصیات خاک‌ها، انتشارات دانشگاه کردستان (چاپ اول)، ۴۸۸ صفحه.

۳- فتاحی کیاسری ا.، فتوت ا.، آستارایی ع. و حق‌نیا غ. ۱۳۸۹. اثر اسید سولفوریک و EDTA بر گیاه‌پالایی سرب در خاک توسط سه گیاه آفتابگردان، ذرت و پنبه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره ۵۱، صفحات ۵۷- ۶۸.

۴- فرزانگان ز.، ثواقبی غ.، و میرسید حسینی ح. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر مواد اصلاحی گوگرد و اسیدسیتریک در گیاه‌جذبی کادمیوم و سرب از یک خاک آلوده. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵. شماره ۴، صفحات ۷۳۶-۷۴۵.

5- Baker A.J.M., Reeves R.D., and Hajar A.S.M. 1994b. Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metallophyte Thlaspi caerulescens J.&C. Presl (Brassicaceae). New Phytologist. 127: 61-63.

6- Campbell J.B. 1978. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineation of two soil mapping units, Soil Science Society of America Journal. 42:460-464.

7- Deram A., Petit D., Rabinson B., Brooks R., Gregg P., and Halluwyn C.V. 2000. Natural and induced heavy metal accumulation by Arrhenatherum elatius: implication for phytoremediation communications. Soil Science and Plant Analogy. 31:413-421.

8- Flathman P.E., and Lanza G.R. 1998. Phytoremediation: Current views on an emerging green technology. Journal of Soil Contamination. 7:415-432.

9- Kozdroj J., and Van Elsas J.D. 2001. Structural diversity of microrganisms in chemically perturbed soil assessed by molecular and cytochemical approaches. Journal of Microbiological Methods. 43:197-212.

10- Kabata-Pendias A., and Pendias H. 2000. Trace elements in soil and plants. Third ed, CRC press, Bokarton, London, New York. Washington, D.C.

11- Lasat M.M., Pence N.S., Garvin D.F., Ebbs S.D., and Kochian L.V. 2000. Molecular physiology of zinc transport in the Zn hyperaccumulator Thlaspi caerulescens. Journal of Experimental Botany. 51:71-79.

12- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal. 42, 421-428.

13- Marchiol L., Assolari S., Sacco P., and Zerbi G. 2004. Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. Environmental Pollution. 132:21-27.

14- Park J., Kim J.Y., and Kim K.W. 2012. Phytoremediation of soil contaminated with heavy metals using Brassica napus. Geosystem Engineering. 15(1):10-18.

15- Raskin I., and Ensley B.D. 2000. Phytoremediation of Toxic Metals Using Plants to Clean Up the Environment. A Wiley-Interscience Publication.

16- Salt D.E., Blaylock M., Kumar N.P.B.A., Dushenkov V., Ensley B.D., Chet I., and Raskin I. 1995. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. Biotechnology. 13: 468-474.

17- Sauerbeck D.R., and Hein A. 1991. The nickel uptake from different soils and its predication by chemical extractants. Water Air and Soil Pollution. 57:861-871.

18- Shen Z.G., Zhao F.J., and McGrath S.P. 1997. Uptake and transport of zinc in the hyperaccumulator Thlaspi caerulescens and the non-hyperaccumulator Thlaspi ochroleucum. Plant Cell and Environment. 20: 898-906.

19- Song Y., Wilson M.J., Moon H.S., Bacon J.R., and Bain D.C. 1999. Chemical and mineralogical forms of lead, zinc and cadmium in particle size fraction of some wastes, sediments and soils in Korea. Apply Geochemistry. 14:621-633.

20- Turan M., and Esring A. 2007. Phytoremediation based on canola (Brassica napus L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) planted on spiked soil by aliquot amount of Cd, Cu, Pb, and Zn. Plant Soil Environment. 53. (1):7-15

21- Wang X., Shan X., Zhang S., and Wen B. 2004. A model for evaluation of the phytoavailability of trace elements to vegetables under the field conditions. Chemosphere. 55: 811-822.

Archive of SID

www.SID.ir

22- McGrath S.P., and Cunliffe C.H. 1985. A simplified method for the extraction of the metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co and Mn from soils and sewage sludges. Journal of the Sciece of Food and Agriculture. 36, 794–798.
23- Puschenreiter M., Schnepf A., Millan I.M., Fitz W.J., Horak O., Klepp J., Schrefl T., Lombi E., and Wenzel W.W. 2005. Changes of Ni biogeochemistry in the rhizosphere of the hyperaccumulator Thlaspi goesingense. Plant Soil. 271, 205-218.
24- Wang Z.G., Shan X.Q., and Zhang S.Z., 2002. Comparison between fractionation and 413ioavailability of trace elements in rhizosphere and bulk soils. Chemosphere. 46, 1163-1171.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.2, May-Jun 2013, p. 406-414

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۲، ص. ۴۱۴-۴۰۶

Remediation of Some Soil Heavy Metals by Corn and Canola in Single and Mixed Culture System

Y. Azimzadeh[1*]- H. Shariatmadari[2]- M. Shirvani[3]

Received:14-10-2012
Accepted:28-4-2013

Abstract

Phytoremediation is one of the lowest-cost methods for remediation of soils contaminated with heavy metals. This study was conducted to investigate the phytoremediation potential of corn and canola, grown under single and mixed culture systems. Thus, a pot experiment was carried out on a calcareous soil contaminated by Pb and Zn. Treatments included single culture of corn, single culture of canola and mixed culture of corn and canola. Results showed that bioavailability of metals, lead, zinc, nickel and copper increased with decreasing soil pH and increasing DOC as influenced by root activity. Root uptake of metals; lead, zinc, copper and nickel in mixed culture, was more than that of in canola and lower than that of in corn. Zinc and nickel uptake by shoots of canola and mixed culture, were more than corn. Also, the results concerning the uptake of metals in the total biomass (sum of roots and shoots) showed uptake of copper and nickel in corn was more than mixed culture and it was more than canola while, uptake of lead and zinc in corn and mixed culture was more than canola. Also, the total yield of corn and canola in mixed culture increased. Therefore, it seems use of mixed culture system may extract metals, zinc and nickel more than corn, and copper more than canola, in single culture systems.

Keywords: Phytoremediation**,** Heavy metals, Mixed culture, Corn, Canola

Archive of SID

1,2,3- MSc. Student, Professor and Assistant Professor of Soil Science Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: yaser.azimzadeh@gmail.com)

www.SID.ir