نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد پنجم، شماره اول، ۱۳۹٤
http://ejsms.gau.ac.ir

تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر محلول در آب و قارچ میکوریز بر جذب کادمیوم شبدر برسیم

هاشم آرام[۱] و *احمد گلچین[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، [۲]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۲٦

چکیده

کادمیوم یک فلز سنگین است که اثرات مخرب زیادی بر کیفیت محصول دارد. افزون بر آن، یک عنصر بسیار متحرک در محیط زیست می‌باشد و گیاهان می‌توانند به آسانی کادمیوم را جذب و آن را به اندام‌های مختلف خود منتقل کنند. کادمیوم به راحتی وارد چرخه غذایی انسان و حیوانات شده و سلامتی آن‌ها را به مخاطره می‌اندازد. به‌منظور مطالعه تأثیر کاربرد یک پلیمر محلول در آب و تلقیح با قارچ میکوریز بر غلظت کادمیوم در گیاه شبدر پرورش‌یافته در خاک‌های آلوده به سطوح مختلف کادمیوم، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف یک پلیمر محلول در آب (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سطوح تلقیح با قارچ آربسکولار میکوریز (گلوموس موسه) (با و بدون تلقیح با میکوریز) و سطوح مختلف آلودگی خاک به کادمیوم (صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ٤۰ و ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بودند. نتایج نشان داد که تلقیح گیاه با قارچ میکوریز جذب کادمیوم توسط ریشه گیاه را ۷۲ درصد افزایش ولی جذب کادمیوم در اندام‌های هوایی را ۱۸/۸ درصد کاهش داد و مانع از انتقال کادمیوم از ریشه به اندام‌های هوایی گیاه گردید. جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه در اثر کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار به‌ترتیب ٤٦ درصد و ۳۷/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین، کودهای بیولوژی

مقدمه

با پیشرفت تکنولوژی و رشد جمعیت، گسترش آلودگی خاک در مناطق مختلف به‌خصوص مناطق صنعتی و کشاورزی افزایش قابل‌توجهی داشته است. فعالیت‌های بشر و تولید آلاینده‌های مختلف، چرخه طبیعی عناصر را دچار اختلال نموده و باعث تجمع یا ورود عناصر غیرضروری در چرخه غذایی گردیده است و اثرات نامطلوبی روی فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه و موجودات زنده خاکزی داشته است (صلحی و همکاران، ۲۰۰۳). از میان این آلاینده‌ها، فلزات سنگین به‌دلیل غیرقابل تجزیه بودن بسیار مورد توجه بوده است. ورود فلزات سنگین به محیط هم به‌صورت طبیعی و هم توسط انسان و از راه‌های مختلف مثل صنایع و معادن، مصرف قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها، لجن و ضایعات در

* مسئول مکاتبه: agolchin2011@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

کشاورزی و استفاده از سوخت‌های فسیلی صورت می‌گیرد (سیو و همکاران، ۲۰۰٤). کادمیوم یک فلز سنگین است که اثرات مخرب زیادی بر کیفیت محصول دارد. افزون بر آن، یک عنصر بسیار متحرک در محیط زیست می‌باشد و گیاهان می‌توانند به آسانی کادمیوم را جذب و آن را به سایر اندام‌ها منتقل کنند (کاپاتا پندیاس و پندیاس، ۲۰۰۱). استفاده از قارچ‌های میکوریزی یکی از روش‌های بیولوژیکی پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین می‌باشد (زارعی و همکاران، ۲۰۰۳). فواید همزیستی قارچ‌های میکوریزی با ریشه گیاهان متعدد است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کاهش زیاد غلظت فلزات سنگین در گیاه اشاره کرد (ریوزلوزانو، ۲۰۰۳). قارچ‌های میکوریزی باعث افزایش رشد گیاه و کاهش جذب عناصر سنگین در خاک‌های آلوده می‌شوند. در واقع این قارچ‌ها به‌دلیل تجمع این عناصر در هیف‌ها و میسیلیوم‌های خود باعث کاهش شکل قابل‌جذب این عناصر در ریزوسفر گیاه می‌شوند که این امر سبب کاهش جذب این عناصر توسط گیاه می‌گردد (گیلدون و تینکر، ۱۹۸۳). برخی گزارش‌ها نشان داده است که قارچ‌های آربسکولار میکوریز میزان تحمل گیاهان به عناصر سنگین را در خاک‌های آلوده افزایش می‌دهند و مکانیسم اصلی افزایش تحمل گیاه، اتصال هیف‌های قارچ به فلزات سنگین در ریزوسفر گیاه می‌باشد (زو و همکاران، ۲۰۰۱). فلزات سنگین در داخل یا نزدیک ریشه گیاه غیرمتحرک شده و انتقال آن‌ها به ساقه کاهش می‌یابد (ویزنهورن و همکاران، ۱۹۹۵). پلیمرها موادی سودمند برای بهبود ساختمان خاک هستند. بیش از ۵۰ سال است که انواع مختلف پلیمر برای اصلاح ساختمان خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (بوم و همکاران، ۲۰۰٦). پلیمرهای محلول در آب در بهبود بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش راندمان آبیاری، افزایش نفوذپذیری خاک و بهبود پایداری خاکدانه‌ها مؤثر هستند (الخشمن، ۲۰۰۷). تشکیل خاکدانه سبب کاهش سطح ویژه ذرات خاک شده و سطحی از فاز جامد که در معرض محلول خاک قرار می‌گیرد را کاهش می‌دهد. این امر با کاهش آزادسازی عناصر از فاز تبادلی غلظت آن‌ها را در محلول خاک کاهش داده و در نتیجه از زیست‌فراهمی آن‌ها کاسته می‌شود به همین دلیل هدف این پژوهش بررسی تأثیر هم‌زمان قارچ‌های میکوریزی و یک پلیمر محلول در آب در کاهش زیست‌فراهمی کادمیوم در خاک‌های آلوده در گیاه شبدر برسیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در خرداد سال ۱۳۹۰ به‌صورت گلدانی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف پلیمر محلول در آب (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) (توصیه شده توسط پژوهشگاه پلیمر ایران) (جدول ۱)، تلقیح با قارچ آربسکولار میکوریز (با و بدون تلقیح با میکوریز) و سطوح مختلف آلودگی خاک به کادمیوم (صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ٤۰ و ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک) بود (رضاخانی و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات پلیمر.

نام	علامت اختصاری	رنگ	ساختار	سیستم تعلیقی	اسیدیته	چگالی (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	ویسکوزیته (cp)
Karaacryl-58	$Resin_{58}$	سفید شیری	شبکه‌ای	غیریونی	۲-۳	۱	۱/۱

Archive of SID

www.SID.ir

خاک مورد نظر از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان و از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری تهیه گردید. بعد از تجزیه کامل خاک و مشخص شدن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۲)، میزان ٦ کیلوگرم خاک برای هر گلدان توزین و سپس اقدام به آلوده کردن خاک با سطوح مختلف کادمیوم گردید. در این آزمایش، از نمک سولفات کادمیوم جهت آلوده کردن نمونه‌های خاک استفاده شد. بعد از گذشت ٢٤ ساعت و خشک شدن کامل خاک، غلظت‌های مختلف پلیمر اعمال شدند. پس از خشک شدن کامل نمونه‌های تیمار شده با پلیمر، ۱۵۰ گرم از کود میکروبی تهیه شده از کلینیک گیاه پزشکی اسدآباد همدان حاوی قارچ میکوریز گونه گلوموس موسه توزین و به نمونه‌های خاک اضافه گردید. پس از مخلوط کردن خاک با قارچ میکوریز، نمونه‌ها به گلدان‌های ٦ کیلوگرمی انتقال یافتند. در این پژوهش سطح هر ٤ گلدان معادل یک مترمربع در نظر گرفته شد و مقدار بذر مصرفی در هر مترمربع و هر گلدان به‌دست آمد. سپس مقدار ۰/۵ گرم از بذر شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum*) که با محلول آب اکسیژنه ۱۰ درصد ضدعفونی شده بود در عمق یک سانتی‌متری در هر گلدان کاشته شد. در طول دوره آزمایش از آب مقطر برای آبیاری گلدان‌ها استفاده گردید. پس از گذشت ۷۰ روز اندام‌های هوایی و ریشه گیاه برداشت شدند و پس از اندازه‌گیری وزن تر گیاه، نمونه‌ها با آب مقطر شسته و سپس در آون به‌مدت ۷۲ ساعت خشک گردیدند. نمونه‌های گیاهی تهیه شده به روش احیایی و بهبهانی‌زاده (۱۹۹۳) هضم شد و میزان کادمیوم در آن‌ها توسط دستگاه جذب اتمی مدل varianAA 20-1973 به‌دست آمد.

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

عمق خاک	EC_e	pH (2:1)	بافت خاک	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کادمیوم	آهن	منگنز
سانتی‌متر	دسی‌زیمنس بر متر			درصد		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			
۰-۲۰	۲/۳	۷/۲	لوم شنی	۰/۱۹	۲۱	۲۲٤	۱/۲	۰/٤	۰/٤

اطلاعات به‌دست آمده در این آزمایش به کمک نرم‌افزار MSTATC (۲/۱۰) و SAS (۹) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و جدول‌های تجزیه واریانس داده‌ها تهیه گردید. مقایسه میانگین‌های تیمارهای مختلف به کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد صورت پذیرفت. نمودارها به کمک نرم‌افزار EXCEL به‌دست آمد.

نتایج و بحث

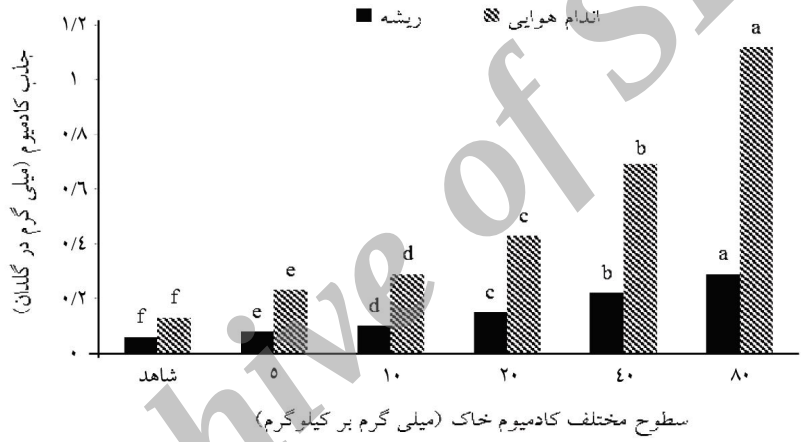
اثر سطوح مختلف کادمیوم بر جذب کادمیوم ریشه و اندام‌های هوایی گیاه شبدر: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که سطوح مختلف کادمیوم خاک، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر جذب کادمیوم ریشه و اندام‌های هوایی گیاه شبدر داشت. با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، جذب کادمیوم ریشه و اندام‌های هوایی افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار جذب کادمیوم در اندام‌های هوایی و ریشه گیاه از تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک و کم‌ترین مقدار جذب کادمیوم از تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر جذب کادمیوم در ریشه و اندام هوایی گیاه شبدر.

منابع تغییرات	درجه آزادی	جذب کادمیوم ریشه	جذب کادمیوم اندام‌های هوایی
		(میلی‌گرم در گلدان)	
سطوح کادمیوم	۵	۰/۱٤٦**	۲/٤٥۲**
سطوح پلیمر	۲	۰/۰۸٤**	۱/٤۳٦**
میکوریز	۱	۰/۱۸۸**	۰/۲۷۱**
سطوح کادمیوم × سطوح پلیمر	۱۰	۰/۰۰۳**	۰/۲۲۹**
سطوح کادمیوم × میکوریز	۵	۰/۰۱۱**	۰/۰۷۳**
سطوح پلیمر × میکوریز	۲	۰/۰۰۲*	۰/۰۱۳^{ns}
سطوح کادمیوم × سطوح پلیمر × میکوریز	۱۰	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}
اشتباه	۷۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۲/۰۸	۱۳/۰۲



شکل ۱- اثر سطوح مختلف کادمیوم خاک بر جذب کادمیوم در اندام هوایی و ریشه گیاه شبدر.

مک‌لاگین و همکاران (۱۹۹۷) و مک‌لاگین (۱۹۹۹) گزارش کردند که میزان جذب کادمیوم گیاه با افزایش غلظت کادمیوم خاک رابطه مستقیم داشت. برخی پژوهشگران در ضمن آزمایش‌های خود در گیاه گندم به این نتیجه رسیدند که جذب کادمیوم در دانه این گیاه با مقدار کل کادمیوم خاک رابطه مستقیم داشت (کاپاتا پندیاس و پندیاس، ۲۰۰۱). لاگرورف (۱۹۷۱)، اثر متقابل بین میزان کادمیوم کل خاک و محتوی کادمیوم در گیاه را برای گیاهان نخود و کلم بررسی کردند و بیان نمودند که با افزایش میزان کادمیوم خاک بر غلظت آن در گیاهان فوق افزوده شد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهشگران بالا مطابقت داشت.

اثر سطوح مختلف پلیمر بر جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که افزایش غلظت پلیمر محلول در آب، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر داشت. با افزایش غلظت پلیمر در خاک، جذب کادمیوم ریشه و اندام‌های هوایی گیاه

Archive of SID
www.SID.ir

کاهش یافت. به‌طوری‌که تیمار ۱۵۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار، جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه را به‌ترتیب ۳۲/۸ و ۲۷/٤ درصد و تیمار ۳۰۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه را به‌ترتیب ٤٦ و ۳۷/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (شکل ۲).

شکل ۲- اثر سطوح مختلف پلیمر بر جذب کادمیوم در اندام هوایی و ریشه گیاه شبدر.

پلیمرها با خاکدانه‌سازی و ایجاد پوشش بر سطح خاکدانه‌ها از سطح تماس ذرات رس با محلول خاک کاسته و با کاهش فرایند تبادل کاتیونی بین ذرات و محلول خاک از زیست‌فراهمی فلزات سنگین می‌کاهند. به‌علاوه مولکول‌های پلیمر با کلاته کردن و رسوب دادن فلزات سنگین در محلول خاک از قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه می‌کاهند. استفاده از پلیمرها برای رسوب دادن فلزات سنگین در آب و تشکیل کمپلکس‌های پلیمر- فلز از تکنولوژی‌های نوین در زدودن فلزات سنگین از آب می‌باشند (تامسون و جاروین، ۱۹۹۹). شاید یکی از دلایلی که پلیمر رزین ۵۸، جذب کادمیوم را کاهش داد این امر باشد که پلیمر با افزایش میزان خاکدانه‌سازی، سطح تماس ذرات رس با محلول خاک را کاهش داده و همین امر باعث کاهش غلظت کادمیوم در محلول خاک و جذب آن توسط گیاه شده است.

اثر قارچ آربسکولار میکوریز بر جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که قارچ آربسکولار میکوریز، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر داشت. تلقیح با قارچ آربسکولار میکوریز، جذب کادمیوم اندام‌های هوایی گیاه شبدر را ۱۸/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش، اما جذب کادمیوم ریشه گیاه را ۷۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۳).

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳- اثر قارچ آربسکولار میکوریز بر جذب کادمیوم در اندام هوایی و ریشه گیاه شبدر.

آدیول و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر توان گیاه‌پالایی آفتابگردان در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین سرب و کادمیوم نشان دادند که این قارچ‌ها غلظت این عناصر را در گیاه آفتابگردان به‌طور معنی‌داری کاهش و تحمل این گیاه به آلودگی را افزایش دادند. از جمله مکانیسم‌های دیگر برای افزایش تحمل گیاه به فلزات سنگین رقیق‌شدگی غلظت فلزات سنگین در گیاه از طریق افزایش رشد ساقه یا ریشه، دفع و ترسیب فلزات سنگین به داخل گرانول‌های پلی‌فسفات و توزین آن‌ها در داخل پلاستیدها و دیگر ارگان‌های غشادار می‌باشد (مک‌لاگین و همکاران، ۲۰۰٦). نتایج این پژوهش با نتایج آدیول و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشت.

اثر متقابل سطوح کادمیوم و قارچ آربسکولار میکوریز بر جذب کادمیوم ریشه و اندام‌های هوایی گیاه شبدر: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، اثر متقابل سطوح کادمیوم خاک و قارچ میکوریز بر جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین مقدار جذب کادمیوم اندام‌های هوایی گیاه به‌میزان ۱/۲۳۷ میلی‌گرم در گلدان از تیمار شامل ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک و تلقیح‌نشده با میکوریز و کم‌ترین جذب کادمیوم اندام‌های هوایی گیاه به‌میزان ۰/۱۲۲ میلی‌گرم در گلدان از تیمار بدون کادمیوم و تلقیح‌شده با قارچ میکوریز به‌دست آمد (جدول ٤).

اثر متقابل سطوح کادمیوم و پلیمر بر جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل سطوح کادمیوم خاک و پلیمر محلول در آب بر جذب کادمیوم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین جذب کادمیوم اندام‌های هوایی گیاه به میزان ۱/٦۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار شامل ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک و بدون قارچ میکوریز و کم‌ترین جذب کادمیوم اندام‌های هوایی گیاه به‌میزان ۰۹۸/ میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار بدون کادمیوم و شامل ۳۰۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح کادمیوم و قارچ میکوریز بر صفت‌های اندازه‌گیری شده.

سطوح قارچ میکوریز	سطوح کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	جذب کادمیوم ریشه (میلی‌گرم در گلدان)	جذب کادمیوم اندام‌های هوایی (میلی‌گرم در گلدان)
تلقیح‌نشده	Cd_0	۰/۰٤۲۰^{j}	۰/۱۳۷^{g}
	Cd_5	۰/۰٦٦٥^{i}	۰/۲٤۹^{f}
	Cd_{10}	۰/۰۸۱^{h}	۰/۲۹۳^{f}
	Cd_{20}	۰/۱۱۰^{g}	۰/٤٥٤^{e}
	Cd_{40}	۰/۱٦٦^{e}	۰/۸٤۷^{c}
	Cd_{80}	۰/۲۱٥^{c}	۱/۲۳۷^{a}
تلقیح‌شده	Cd_0	۰/۰۷۸۰^{h}	۰/۱۲۲^{g}
	Cd_5	۰/۱۰٦^{g}	۰/۲۲۲^{f}
	Cd_{10}	۰/۱۳۲^{f}	۰/۲۹۱^{f}
	Cd_{20}	۰/۲۰٤^{d}	۰/٤۲۱^{e}
	Cd_{40}	۰/۲۹۱^{b}	۰/٥٥۰^{d}
	Cd_{80}	۰/۳۷۱^{a}	۱/۰۱۱^{b}

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ٥- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح کادمیوم و پلیمر بر جذب کادمیوم در ریشه و اندام هوایی گیاه شبدر.

سطوح پلیمر	سطوح کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	جذب کادمیوم ریشه (میلی‌گرم در گلدان)	جذب کادمیوم اندام‌های هوایی (میلی‌گرم در گلدان)
شاهد	Cd_0	۰/۰۹۲^{i}	۰/۱٥٦^{hij}
	Cd_5	۰/۱۲۱^{g}	۰/۳۰۳^{ef}
	Cd_{10}	۰/۱٥۲^{f}	۰/۳٦٥^{de}
	Cd_{20}	۰/۲۱۱^{e}	۰/٦۳۸^{c}
	Cd_{40}	۰/۳۰۱^{b}	۱/۲۳^{b}
	Cd_{80}	۰/۳٥۹^{a}	۱/٦۸۳^{a}
۱٥۰ کیلوگرم در هکتار	Cd_0	۰/۰٤۸^{kl}	۰/۱۳٤^{ij}
	Cd_5	۰/۰۷۷^{j}	۰/۲۲۸^{fgh}
	Cd_{10}	۰/۰۹٤^{i}	۰/۲۹۰^{ef}
	Cd_{20}	۰/۱٥۳^{f}	۰/٤۱۳^{d}
	Cd_{40}	۰/۲٤۱^{d}	۰/٦٥۳^{c}
	Cd_{80}	۰/۲۸۳^{c}	۱/۰۸٤^{b}
۳۰۰ کیلوگرم در هکتار	Cd_0	۰/۰۳۹^{l}	۰/۰۹۸^{j}
	Cd_5	۰/۰٥۹^{k}	۰/۱۷٤^{ghij}
	Cd_{10}	۰/۰۷۳^{j}	۰/۲۲۰^{fghi}
	Cd_{20}	۰/۱۰۸^{h}	۰/۲٦۲^{fg}
	Cd_{40}	۰/۱٤٤^{f}	۰/٤۱۹^{d}
	Cd_{80}	۰/۲۳۹^{d}	۰/٦۰٤^{c}

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

اثر متقابل سطوح پلیمر و قارچ میکوریز بر جذب کادمیوم ریشه و اندام‌های هوایی گیاه شبدر: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل سطوح قارچ میکوریز و پلیمر محلول در آب بر جذب کادمیوم فقط در اندام‌های هوایی گیاه شبدر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود بیش‌ترین مقدار جذب کادمیوم اندام‌های هوایی به‌میزان ۰/۲۵۵ میلی‌گرم در گلدان از تیمار بدون پلیمر و تلقیح‌شده با قارچ میکوریز و کم‌ترین مقدار جذب کادمیوم اندام‌های هوایی به‌میزان ۰/۰۷٦ میلی‌گرم در گلدان از تیمار شامل ۳۰۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار و تلقیح‌نشده با قارچ میکوریز به‌دست آمد (جدول ٦).

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های سطوح پلیمر و قارچ میکوریز بر جذب کادمیوم در ریشه گیاه شبدر.

قارچ میکوریز	تیمار پلیمر	جذب کادمیوم ریشه (میلی‌گرم در گلدان)
تلقیح‌نشده	بدون پلیمر	۰/۱۵۷^{c}
	۱۵۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار	۰/۱۰٦^{e}
	۳۰۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار	۰/۰۷٦^{f}
تلقیح‌شده	بدون پلیمر	۰/۲۵۵^{a}
	۱۵۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار	۰/۱۹۲^{b}
	۳۰۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار	۰/۱٤۳^{d}

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش استفاده از پلیمر محلول در آب و قارچ میکوریزی می‌تواند غلظت کادمیوم را در گیاه کاهش دهد. به‌نظر می‌رسد که قارچ میکوریزی با ذخیره کادمیوم خاک در ریسه‌های خود و در ریشه‌های گیاه از انتقال آن به اندام‌های هوایی جلوگیری می‌کند. بوم و همکاران (۲۰۰٦) با بررسی جذب فلزات سنگین به‌وسیله درختان بید آغشته شده به قارچ‌های میکوریزی به این نتیجه رسیدند که غلظت کادمیوم ریشه کاهش ولی غلظت مس (Cu) در آن افزایش یافت. ریسه‌های قارچ میکوریز، فلزات سنگین را درون خود انباشته نموده و سبب کاهش غلظت آن‌ها در گیاه میزبان و مسمومیت آن می‌شوند و از این طریق به افزایش تحمل تنش توسط گیاه کمک می‌کنند (انتری، ۱۹۸۷). کاربرد پلیمر پلی‌اکریل‌آمید اگرچه بسیاری از خصوصیات فیزیکی خاک را تحت‌تأثیر قرار داده و باعث افزایش نفوذپذیری و پایداری خاکدانه‌ها و کاهش تشکیل سله و فرسایش‌پذیری خاک می‌گردد (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۰) ولی بر خصوصیات شیمیایی آن مانند زیست‌فراهمی عناصر و رهاسازی مواد غذایی در محلول خاک و هدررفت آن‌ها نیز تأثیرگذار است. رهاسازی عناصر غذایی و فلزات سنگین از فاز جامد و ورود آن‌ها به محلول خاک به‌وسیله فرایندهای فیزیکوشیمیایی حاکم بر واجذب و انحلال عناصر کنترل می‌شود. همچنین فرایند معدنی شدن ترکیبات آلی نیز می‌تواند بر رهاسازی عناصر سنگین و غذایی مؤثر باشد (فیلیالوسکی و همکاران، ۲۰۱۲). باید توجه داشت که در خاک‌های تیمار شده با پلیمر کاهش زیست‌فراهمی فقط محدود به عناصر سنگین نبوده و قابلیت جذب عناصر غذایی نیز کاهش می‌یابد که این امر می‌تواند یک محدودیت برای رشد و نمو بهینه گیاه باشد ولی این نقیصه می‌تواند با مصرف کودهای شیمیایی برطرف گردد. مطالعات مختلف نشان داد که کاربرد پلیمر پلی‌اکریل آمید سبب کاهش رسوب، میزان آفت‌کش‌ها، غلظت اشکال مختلف نیتروژن و ترکیبات ارتوفسفات در هرز آب‌های سطحی حاصل گردید (بهر و همکاران، ۱۹۹٦).

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Adewole, M.B., Awotoye, O.O., Ohiembor, M.O., and Salami, A.O. 2010. Influence of mycorrhizal fungi on phytoremediating potential and yield of sunflower in cd and Pb polluted soils. J. Agri. Sci. 55: 17-28.

2.Al-Khashman, O.A. 2007. The investigation of metal concentrations in street dust samples in Aqaba city, Jordan. Envir. Geo. Heat. 29: 197-207.

3.Ali Ehyaei, M., and Behbahanizadeh, M. 1993. Description methods of soil analysis. Technical not No. 893. Soil and Center Research Institute, Tehran.

4.Bahr, G.L., Steiber, T.D., and Campbell, K. 1996. Reduction of nutrient and pesticide losses through the application of polyacrylamide in surface irrigated crops. In: Proceeding of the sixth Annual Non-point source water monitoring results workshop. Boise State University, BGoise, ID.

5.Baum, C., Hrynkiewic, K., Leinweber, P., and Meibner, R. 2006. Heavy-metal mobilization and uptake by mycorrhizal and nonmycorrhizal willows (*Salix* × *dasyclados*). J. Plant Nutr. Soil Sci. 169: 516-522.

6.Cui, Y., Zhu, Y., Zhai, R., Huang, Y.D., Chen, D., and Huang., Y. 2004. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. Envir. Int. 30: 785-791.

7.Entry, J.A., Cromack, K.Jr., Stanford, S.G., and Castellano, M.A. 1987. The effect of pH and aluminium concentration on ectomycorrhizal formation of Abies balsamea. Can. J. Forest. Res. 17: 865-871.

8.Fljatkowski, K., Kacprzak, M., Grobelak, A., and Placek, A. 2012. The influence of selected soil parameters on the mobility of heavy metals in soil. Inzynieria I Ochrona Srodowiska. 1: 81-92.

9.Gildon, A., and Tinker, P.B. 1983. A heavy metal-tolerant strain of mycorrhizalfungus. Brit. Mycol. Soc. 77: 648-649.

10.Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, BocaRaton, Florida (3rd edition), 413p.

11.Lagerwerff, J.V. 1971. Uptake of cadmium, Lead and zinc by radish from soil and air. Soil Sci. 111: 129-133.

12.Mc Laughlin, M.J., Parker, D.R., and Clarke, J.M. 1999. Metals and micronutrients food safety. Field Crops Res. 60: 143-163.

13.Mc Laughlin, M.J., Smolders, E., Merckx, R., and Maes, A. 1997. Plant uptake of cadmium and zinc in chelator-buffered nutrient solution depend on ligand type. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. The Netherland.

14.Reza-Khani, L., Golchin, A., Shafii, S., and Yousefi, F. 2011. Effect of cadmium levels on concentration of phosphorus and micronutrients in shoot spinach. Iranian Soil Science Congress, Tabriz, Iran.

15.Ruiz-Lozano, J.M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress: New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza. 13: 309-317.

16.Smith, H.J.C., Levy, G.J., and Shainberg, I. 1990. Water droplet energy and soil amendments: Effect on infiltration and erosion. Soil Sci. Am. J. 54: 1084-1087.

17.Solhi, M.M.A., Haj Abbas, H., and Shariatmadari, M. 2003. Introduced some natural species absorbing heavy metals in arid and semi-arid regions of Iran. Eighth Congress of Soil Science, September, Guilan University.

18.Thompson, J.A., and Jarvinen, G. 1999. Using water-soluble polymers to remove dissolved metal ions. Filtration Separation. 36: 5. 28-32.

19.Weissenhorn, I., Leyval, C., Belgy, G., and Berthelin, J. 1995 Arbuscular mycorrhizal contribution to heavy metal uptake by maize (*Zea mays* L.) in pot culture with contaminated soil. Mycorrhiza. 5: 4. 245-311.

20.Zarei, M., Rastin Saleh, N., and Savaghebi, R. 2003. Efficiency of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of contaminated soil by corn. Sci. Tech. J. Agri. Nat. Res. Soil Water Sci. 55: 151-166.

21.Zhu, Y.G., Christie, P., and Laidlaw, A.S. 2001. Uptake of Zn by arbuscular mycorrhizal white clover from Zn-contaminated soil. Chemosphere. 42: 193-199.

Archive of SID

www.SID.ir

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 5(1), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

The effect of different levels of water-soluble polymer and mycorrhizal fungi on cadmium of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.)

H. Aram[1] and *A. Golchin[2]
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Zanjan,
[2]Professor, Dept. of Soil Science, University of Zanjan
Received: 12/19/2012; Accepted: 11/17/2013

Abstract

Cadmium is a heavy metal with a strong adverse effect on crop quality. Moreover, it is a mobile element in environment and plants can easily uptake and transfer it to their organs. Cadmium can easily enter human and animals food chains and threaten their health. To study the effects of a water soluble polymer and inoculation with mycorrhizal fungi on cadmium uptake of clover grown on contaminated soils with different levels of cadmium, one factorial experiment was conducted using a completely randomized design and three replications. In these experiments the effects of different levels of a water soluble polymer (0, 150 and 300 $kg.ha^{-1}$), inoculation with mycorrhizal fungi (Glomus mosseae) and different levels of soil cadmium (0, 5, 10, 20, 40 and 80 $mg.kg^{-1}$) on cadmium uptake of clover were assessed. The results showed that plant inoculation with mycorrhizal fungi increased cadmium uptake of root by 72% but decreased that of aerial parts by 18.8% and prevented translocation of cadmium from root to aerial parts. Application of polymer in soil decreased the cadmium uptake in aerial parts and roots. Application of 300 kg polymer per hectare decreased cadmium uptake of aerial parts and roots by 46 and 37.5% respectively.

Keywords: Soil contamination, Heavy metals, Biofertilizers

Archive of SID

* Corresponding Authors; Email: agolchin2011@yahoo.com

www.SID.ir