پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک

تأثیر باکتری ریزوبیوم تریفولی و قارچ میکوریز گلوموس موسهآ بر عملکرد گیاه شبدر برسیم تحت تنش کادمیوم

لیلا قاسمی‌فر[۱]، احمد گلچین[۲*]، فاطمه رخش[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه زنجان، ۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه زنجان، ۳- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه زنجان

چکیده:

به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح با باکتری ریزوبیوم تریفولی و قارچ میکوریز گلوموس موسهآ بر عملکرد گیاه شبدر برسیم تحت تنش کادمیوم یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی اجرا گردید. سطوح کادمیوم خاک شامل صفر، ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. فاکتور تلقیح با کودهای زیستی شامل تیمار بدون تلقیح، تلقیح با باکتری ریزوبیوم تریفولی، تلقیح با قارچ میکوریز گلوموس موسهآ و تلقیح با باکتری ریزوبیوم تریفولی+قارچ میکوریز گلوموس موسهآ بود. نتایج نشان داد با افزایش سطوح کادمیوم عملکرد گیاه شبدر کاهش یافت. بیشترین عملکرد در تیمار شاهد و کمترین عملکرد در تیمار ۲۵ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری گردید. همچنین تلقیح مشترک باکتری ریزوبیوم تریفولی و قارچ گلوموس موسهآ منجر به افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد.

کلمات کلیدی: آربسکولار، آلودگی، تنش، کود زیستی، گیاه‌پالایی.

مقدمه:

آلودگی خاک به فلزات سنگین نظیر کادمیوم، سرب و روی به دلیل تأثیر سوئی که این فلزات بر سلامت انسان‌ها و موجودات زنده دارند، در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. کادمیوم یک فلز سنگین است که اثرات مخرب زیادی بر کیفیت محصولات کشاورزی دارد (Verma et al., 2004) و به آسانی توسط گیاه جذب می‌شود (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). این فلز با کاهش سطح و توسعه ریشه و مختل کردن متابولیسم گیاه، باعث کمبود عناصر غذایی در گیاه می‌شود (Vassilev et al., 2002). کادمیوم نه تنها برای گیاه ضروری نیست بلکه هیچ‌گونه عملکرد بیولوژیک شناخته شده‌ای هم ندارد (Clemens, 2001; Mauskar, 2007) و حتی در غلظت‌های خیلی کم برای گیاهان سمی می‌باشد. کادمیوم برای کلروپلاست و میتوکندری بسیار سمی بوده و باعث کاهش رشد گیاه از طریق کاهش شدت فتوسنتز و افزایش تنفس نوری می‌گردد (Laomreaux and Chaneym, 1978). گیاه‌پالایی فناوری مبتنی بر تلفیق فعالیت گیاهان برای تجزیه، انتقال، غیرفعال کردن و ساکن‌سازی ترکیبات آلاینده خاک و آب‌های زیرزمینی مانند کادمیوم، مس، سرب، روی، کروم و غیره می‌باشد. شناسایی گیاهانی که مصرف خوراکی ندارند در گیاه‌پالایی از اهمیت بیش‌تری برخوردار است (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۰). امروزه توجه محققان به استفاده از بقولات و میکروارگانیسم‌های همزیست آن‌ها برای اصلاح زیستی اراضی آلوده به فلزات سنگین و همچنین دیگر آلاینده‌های آلی معطوف شده است (Carrasco et al., 2008). از آنجایی که همزیستی بقولات با باکتری‌های ریزوبیوم امکان رشد گیاهان را بدون عرضه کودهای نیتروژن‌دار فراهم می‌کند لذا رابطه همزیستی از نظر اصلاح اراضی آلوده دارای چند مزیت است. اولاً میکروارگانیسم‌ها می‌توانند بر روی حلالیت و زیست‌فراهمی فلزات و حرکت آن‌ها در خاک بسیار تأثیرگذار باشند. ثانیاً بقولات به‌راحتی در اراضی غیر حاصلخیز مستقر می‌شوند و به همین خاطر در مطالعات و تحقیقات گیاه‌پالایی مورد توجه قرار گرفته‌اند. ثالثاً محققان به این نتیجه رسیده‌اند که در تجزیه آلاینده‌ها ترکیب دو روش گیاه‌پالایی و زیست پالایی در مقایسه با بکارگیری جداگانه هر کدام از روش‌ها مفیدتر بوده است (Pajuelo et al., 2008). تلقیح توأم باکتری‌های محرک رشد گیاه با قارچ میکوریز آربسکولار روش مناسبی برای افزایش کارایی گیاه‌پالایی می‌باشد (Khan et al., 2008). استفاده از قارچ‌های میکوریزی و باکتری ریزوبیوم یکی از روش‌های بیولوژیکی پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین است (زارعی و همکاران، ۱۳۸۲). هدف کشاورزی ارگانیک افزایش تنوع زیستی و ایجاد چرخه‌های بیولوژیک در سیستم‌های زراعی است به صورتی که از نظر اکولوژیکی و اقتصادی مقرون به‌صرفه باشد (Samman et al., 2008). به‌منظور کاهش واردات کودهای شیمیایی و اثرات زیان‌بار زیست‌محیطی آن‌ها، در این تحقیق

* corresponding author email: agolchin2011@yahoo.com

صرفاً از ترکیب کودهای زیستی استفاده شد. با توجه به نقش سودمند کودهای زیستی در رشد و نمو گیاه و کاهش تنش‌های محیطی و نیز اهمیت اقتصادی گیاه شبدر، این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریز آربسکولار گلوموس موسهآ و باکتری ریزوبیوم تریفولی بر عملکرد گیاه شبدر برسیم تحت تنش کادمیوم صورت گرفت.

مواد و روش:

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کادمیوم خاک و تلقیح با قارچ‌های میکوریز آربسکولار گلوموس موسهآ و باکتری ریزوبیوم تریفولی بر عملکرد گیاه شبدر برسیم یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی اجرا گردید. سطوح کادمیوم خاک شامل صفر، ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود که از منبع سولفات کادمیوم ($Cd_3O_{12}S_3.8H_2O$) تأمین و مصرف شدند. میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در خاک شامل قارچ میکوریز گلوموس موسهآ و باکتری ریزوبیوم تریفولی بودند که هم به‌صورت جداگانه و هم به‌صورت مخلوط با یکدیگر مورد استفاده قرار گرفتند. بنابراین تیمارها شامل تیمار بدون تلقیح، تلقیح با قارچ گلوموس موسهآ، تلقیح با باکتری ریزوبیوم تریفولی و تلقیح با باکتری ریزوبیوم تریفولی+ قارچ گلوموس موسهآ بودند، بنابراین تعداد تیمارهای آزمایشی ۱۲ عدد است که با لحاظ کردن ۳ تکرار در مجموع ۳۶ واحد آزمایشی وجود داشت. برای کاشت شبدر از جعبه‌های کوچک حاوی ۵ کیلوگرم خاک استفاده شد. مقدار مصرف کود جامد قارچی ۵۰ گرم در هر جعبه و بذر شبدر برسیم قبل از کاشت با باکتری ریزوبیوم تریفولی آغشته گردید. در هر جعبه به‌طور یکسان دو گرم بذر شبدر برسیم کشت شد. بافت خاک مورد استفاده در آزمایش بافت لوم بود و خاک بعد از آلوده شدن به کادمیوم، قبل از کاشت برای رسیدن به تعادل به مدت یک ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه نگه‌داری گردید. قبل از کاشت آزمایش‌های اولیه برای اندازه‌گیری عناصر کم‌مصرف و پرمصرف و کادمیوم قابل جذب انجام و در صورت وجود کمبود در خاک، قبل از کاشت اقدام به رفع کمبودهای عناصر غذایی شد (جدول ۱). عملیات داشت به مدت سه ماه انجام و در پایان دوره رشد وزن تر بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌های گیاهی ابتدا با آب مقطر شسته و در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند؛ و وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر توزین گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. در ضمن مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

شن	سیلت	رس	بافت خاک	pH	EC	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز	کادمیوم	سرب
درصد			-	-	µS/cm	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم							
۳۸/۲	۴۲/۳	۱۹/۵	لوم	۷/۶۰	۱۵۰	۰/۰۱۴	۱۰	۲۵۰	۳/۵	۰/۰۲۶	۰/۸۴	۳/۱۵	۰/۰۶	۰/۲۴

نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر برسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). افزایش غلظت کادمیوم وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر را کاهش داد به‌طوری‌که بیشترین وزن تر بخش هوایی در تیمار شاهد به میزان ۷۱/۷۹ گرم در جعبه و کمترین وزن تر بخش هوایی در تیمار ۲۵ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک به میزان ۵۴/۰۳ گرم در جعبه اندازه‌گیری شد (شکل ۱). افزایش سطح کادمیوم از تیمار شاهد (بدون مصرف کادمیوم) به تیمار ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک منجر به کاهش ۴۹/۷۱ درصدی وزن خشک بخش هوایی گیاه شبدر گردید (شکل ۲). همچنین بیشترین وزن تر و خشک ریشه گیاه شبدر در تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۶۳/۰۸ و ۸/۰۲ گرم در جعبه و کمترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۲۵ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک به ترتیب به میزان ۴۰/۵۳ و ۵/۸۹ گرم در جعبه اندازه‌گیری گردید (شکل‌های ۳ و ۴). غلظت بالای کادمیوم در با ایجاد برهمکنش باعث کاهش جذب عناصر کم‌مصرف شده و با ایجاد ترکیبات فسفات کادمیوم و نیترات کادمیوم جذب عناصر پرمصرف را نیز کاهش داد و کاهش شاخص‌های رشد و به دنبال آن کاهش عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی را در پی داشت (Benavides

et al., 2005). شیرازی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند با افزایش سطح کادمیوم، میانگین وزن تر شاخساره ارقام برنج نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

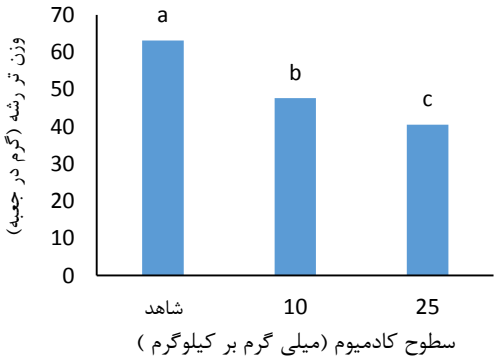
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر برسیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر بخش هوایی	وزن خشک بخش هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
		گرم در جعبه			
تکرار	۲	۶/۸۶	۲/۶۳	۸/۱۴	۱/۱۲
سطوح کادمیوم	۲	۹۶۰/۲۰**	۱۰۹/۱۰**	۱۵۹۵/۰۴۲**	۱۳/۶۰**
تلقیح با کود زیستی	۳	۲۴۶۱/۱۶**	۲۰۷/۶۷**	۱۵۵۲/۰۲**	۲۸/۳۱**
سطوح کادمیوم × تلقیح با کود زیستی	۶	۲۷۹/۸۱**	۱۹/۵۹**	۲۸۴/۴۹ **	۲/۹۵**
خطا	۲۲	۱۱/۲۹	۰/۹	۵۷/۴۲	۰/۴۶
درصد ضریب تغییرات	-	۵/۲۹	۶/۳۱	۱۵/۰۳	۹/۸۰

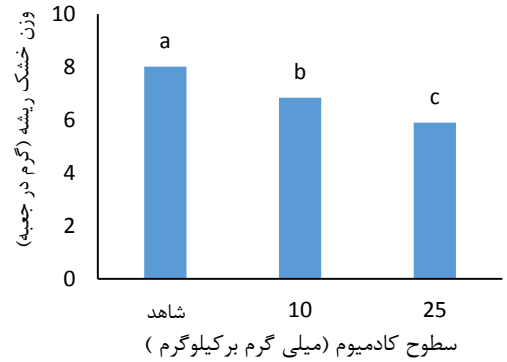
** و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست.

شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر بخش هوایی گیاه شبدر

شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن خشک بخش هوایی گیاه شبدر



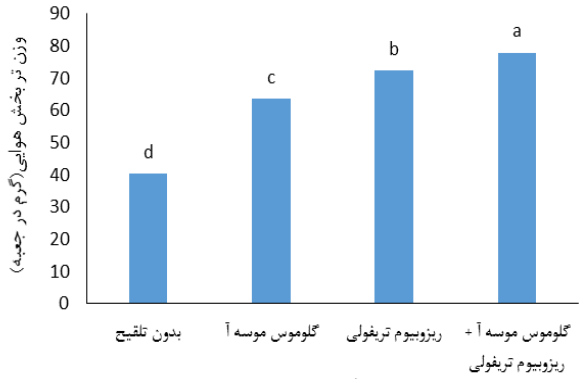
شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر ریشه گیاه شبدر



شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن خشک ریشه گیاه شبدر

تأثیر تلقیح با کود زیستی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر برسیم

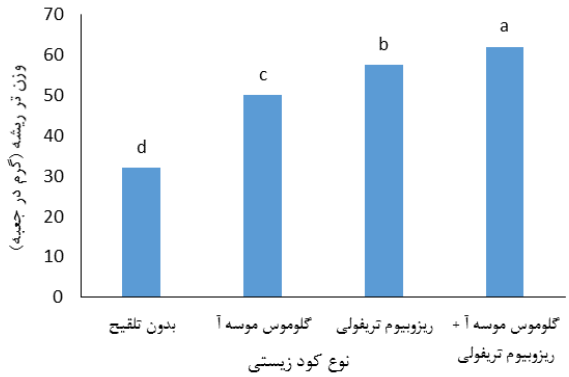
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد کود زیستی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر برسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کاربرد کود زیستی اثر مثبتی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر داشت (شکل‌های ۵ تا ۸). بیشترین وزن تر بخش هوایی در اثر تلقیح مشترک قارچ گلوموس موسهآ و باکتری ریزوبیوم تریفولی به میزان ۷۷/۸۴ گرم در جعبه مشاهده شد. همچنین کمترین وزن تر بخش هوایی در تیمار بدون تلقیح به میزان ۴۰/۳۳ گرم در جعبه اندازه‌گیری گردید (شکل ۶). بیشترین وزن تر ریشه در اثر تلقیح مشترک قارچ گلوموس موسهآ و باکتری ریزوبیوم تریفولی به میزان ۶۲/۰۱ گرم در جعبه اندازه‌گیری شد. همچنین کمترین وزن تر ریشه در تیمار بدون تلقیح به میزان ۳۲/۱۵ گرم در جعبه به دست آمد (شکل ۸).



شکل ۵. تأثیر نوع کود زیستی بر وزن تر بخش هوایی گیاه شبدر

شکل ۸. تأثیر نوع کود زیستی بر وزن خشک ریشه گیاه شبدر

شکل ۷. تاثیر نوع کود زیستی بر وزن تر ریشه گیاه شبدر



در آزمایشی که توسط سانهیتا-گوپتا[1] و همکاران (۱۹۹۵) انجام گرفت تلقیح بذر گوجه‌فرنگی با سه نوع باکتری آزوسپریلوم، ازتوباکتر و سودوموناس سبب افزایش رشد رویشی گیاه و درنهایت عملکرد گیاه شد. خان و زایدی[2] (۲۰۰۷) اظهار داشتند که کاربرد همزمان مایه تلقیح ازتوباکتر و قارچ میکوریز سبب افزایش عملکرد دانه در گندم شد. امیرآبادی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند که کاربرد توأم ازتوباکتر و قارچ میکوریز بیشترین عملکرد ماده خشک گیاه گندم را نسبت به شاهد و کاربرد انفرادی هر یک از آن‌ها را به خود اختصاص داد. اردکانی (۱۳۷۹) طی تحقیقی، نشان داد که تلقیح گندم با آزوسپریلوم برازیلنس موجب افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شد. در دو آزمایش که به‌طور جداگانه در شرایط مزرعه بر روی گیاه گوجه‌فرنگی و نعناع (*Mentha arvensis L.*) صورت گرفت، مشخص شد که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی دارای عملکرد و جذب

[1] - Sanhita-Gupta
[2] - Khan and Zaidi

عناصر غذایی بالاتری بودند (Gupta et al., 2007). دردی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که تلقیح باکتری ازتوباکتر نسبت به آزوسپریلوم تأثیر بیشتری در بهبود عملکرد گیاه نشان داد.

اثر متقابل کادمیوم و تلقیح با کود زیستی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر برسیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کادمیوم و کود زیستی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن تر و خشک بخش هوایی در اثر تلقیح با قارچ گلوموس موسهآ + ریزوبیوم تریفولی و بدون مصرف کادمیوم به میزان ۹۰/۰۷ و ۲۵/۵۹ گرم در جعبه به دست آمد. همچنین کمترین وزن تر و خشک بخش هوایی در تیمار ۲۵ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک و عدم کاربرد کود زیستی به میزان ۳۰/۴۱ و ۶/۹۰ گرم در جعبه به دست آمد که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند. ادول[3] و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثرات قارچ‌های میکوریزی بر توانایی گیاه‌پالایی محصول آفتاب‌گردان در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین سرب و کادمیوم نشان دادند که میکوریز میزان جذب عناصر کادمیوم و سرب را در ریشه‌های خشک آفتاب‌گردان به‌طور معنی‌داری کاهش داد و باعث مقاومت گیاه آفتاب‌گردان به آلودگی گردید و میزان عملکرد این گیاه را افزایش داد. در آزمایشی دیگر که اثر کاربرد توأم باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریز آربسکولار بر عملکرد گندم بررسی شد، نتایج نشان داد که میزان عملکرد دانه در اثر کاربرد توأم قارچ و باکتری‌های حل‌کننده فسفات افزایش یافت (Raja et al., 2002).

جدول ۳. اثر متقابل سطوح کادمیوم و تلقیح با کود زیستی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر برسیم

سطوح کادمیوم	تلقیح با کود زیستی	وزن تر بخش هوایی	وزن خشک بخش هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
میلی‌گرم بر کیلوگرم		گرم در جعبه			
صفر	بدون تلقیح	۳۴/۸۴ h	۸/۰۳۶ h	۲۸/۷۶ d	۴/۲۹ g
	قارچ گلوموس موسهآ	۷۹/۸۸ bc	۱۹/۴۳ b	۷۱/۷۲ a	۸/۵۲ bc
	باکتری ریزوبیوم تریفولی	۸۲/۴۰b	۱۹/۵۷ b	۷۴/۵۳ a	۸/۶۱ b
	قارچ گلوموس موسهآ+ باکتری ریزوبیوم تریفولی	۹۰/۰۷ a	۲۵/۵۹ a	۷۷/۳۰ a	۱۰/۶۶ a
۱۰	بدون تلقیح	۵۵/۷۳ g	۱۱/۳۷ g	۴۰/۰۱ cd	۵/۷۸ f
	قارچ گلوموس موسهآ	۵۶/۸۸ g	۱۲/۹۹ f	۴۱/۰۷ cd	۵/۸۷ f
	باکتری ریزوبیوم تریفولی	۷۰/۶۸ de	۱۷/۰۸ cd	۵۱/۵۷ bc	۷/۳۵ cde
	قارچ گلوموس موسهآ+ باکتری ریزوبیوم تریفولی	۷۵/۴۱ cd	۱۸/۶۸ bc	۵۷/۸۳ b	۸/۳۶ bcd
۲۵	بدون تلقیح	۳۰/۴۱ h	۶/۹۰ h	۲۷/۶۷ d	۳/۶۸ g
	قارچ گلوموس موسهآ	۵۳/۷۵ g	۱۰/۸۶ g	۳۷/۳۷ cd	۵/۶۳ f
	باکتری ریزوبیوم تریفولی	۶۳/۹۱ f	۱۴/۹۴ e	۴۶/۱۹ bc	۷/۰۴ e
	قارچ گلوموس موسهآ+ باکتری ریزوبیوم تریفولی	۶۸/۰۲ ef	۱۵/۸۱ de	۵۰/۸ bc	۷/۲۴ de

میانگین‌های که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری کلی:

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، با افزایش سطوح آلودگی خاک به کادمیوم وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه شبدر برسیم کاهش یافت ولی تلقیح خاک با کودهای زیستی اثر سو آلودگی خاک به کادمیوم را کاهش داد. با توجه به تأثیر بهتر تلقیح مشترک باکتری ریزوبیوم تریفولی و قارچ گلوموس موسهآ این تیمار برای کاهش اثر سو کادمیوم در خاک‌های آلوده پیشنهاد می‌شود.

[3] - Adewole

منابع:

اردکانی، م. ۱۳۷۹. بررسی کارایی کودهای بیولوژیکی در زراعت پایدار گندم. رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات. صص ۸۹-۸۵.

امیرآبادی، م.، سیفی، م.، رجایی، ف. و اردکانی، م. ر. ۱۳۹۱. بررسی غلظت عناصر معدنی پرمصرف در ذرت علوفه‌ای (Zea mays L.) (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تحت تأثیر قارچ میکوریزی و Azotobacter chroococcum در سطوح مختلف نیتروژن. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۴ (۱): ۳۳-۴۰.

دردی‌پور، آ.، فرزانی راد، آ. و فرزانش، م. ح. ۱۳۸۹. تأثیر Azosppirillum lipoferum و Azotobacter chroococcum بر آزادسازی پتاسیم خاک در کشت گلدانی سویا (Glycine max var. Williams) نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۲ (۴): ۵۹۳-۵۹۹.

مقیمی، م. یوسفی‌راد، م. ارادتمند اصلی، د. و عسکری قاهانی، م. ۱۳۹۰. اثر اسید هیومیک بر گیاه‌پالایی کادمیوم توسط گیاه شبدر. ششمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان.

Adewole, M.B., Awotoye, O.O., Ohiembor, M.O. and Salami, A.O. 2010. Influence of mycorrhizal fungi on phytoremediation potential and yield of sunflower in Cd and Pb polluted soils. Journal of Agricultural Sciences. 55: 17-28.

Benavides, M. Gallego, P.S.M. and Tomaro, M.L. 2005. Cadmium toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17(1): 21-34.

Carrasco J.A., Armario P., Pajuelo E., Burgos A., Caviedes M. A., Lopez R., Chamber M.A. and Palomares A.J. 2005. Isolation and characterization of symbiotically effective Rhizobium resistant to arsenic and heavy metals after the toxic spill at the Aznalcollar pyrite mine. Soil Biology Biochemistry. 37: 1131-1140.

Clemens, S. 2001. Molecular mechanisms of plant metal homeostasis and tolerance. Planta. 212: 475-486.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscula mycorrhizal fungus Glomus fasciculatum on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (Mentha arvensis) under field conditions. Bioresource Technology. 81(2): 77-79.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press. Boca Raton. Florida.

Khan A.G. 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.18: 355-364.

Khan, M.S. and Zaidi, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and an Arbuscular mycorrhizal fungus on the performance of wheat. Agriculture and Forestry. 31(6): 355-362.

Laomreaux, J.R. and Chaneym, W. 1978. The effect of cadmium on net photosynthesis, transpiration, and dark respiration of excised silver maple leaves. Physiologiae Plantarum. 43: 231-236.

Mauskar, J.M. 2007. Cadmium an environment toxicant central pollution control board ministry of environment and forests Govt of India Parivesh Bhawan East Arjur Nagar. USA.

Pajuelo E., Rodrı´guez-Llorente I.D., Dary M. and Palomares A.J. 2008. Toxic effects of arsenic on Sinorhizobium Medicago sativa symbiotic interaction. Environmental Pollution. 154: 203-211.

Raja, A.R., Shah, K.H., Aslam, M. and Memon, M.Y. 2002. Response of phosphobacterial and mycorrhiza inoculation in wheat. Asian Journal of Plant Science. 4: 322-323.

Samman, S., Chow, J.W.Y., Foster, M.J., Ahmad, Z.I., Phuyal, J.L. and Petocz, P. 2008. Fatty acid composition of edible oils derived from certified organic and conventional agricultural methods. Journal of Food Chemistry. 109: 670-674.

Sanhita-Gupta, D., Dilp, K., Arora, K.D. and Srivastava, K. 1995. Growth promotion of tomato plants by rhizobacteria and imposition of energy stress on rhizoctonia solani. Soil Biology Biochemistry. 27:1051-1058 .

Verma, P., Gorge, K.V., Singh, H.V. and Singh, R.N. 2004. Modeling cadmium accumulation in radish, carrot, spinach and cabbage. National Geophysical Research Institute, Uppal Road. Hydrabad. India.

The effects of Rhizobium trifolii bacteria and mycorrhizal fungi Glomus mosseae on yield of berseem clover under cadmium stress

L. Qasemi Far[1], A. Golchin[2*], F. Rakhsh[3]

1. MSC student of Soil Science Department, the University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Professor of Soil Science Department, the University of Zanjan, Zanjan, Iran.
3. PhD student of Soil Science Department, the University of Zanjan, Zanjan, Iran

Abstract:

To assess the effects of inoculation with Rhizobium trifolii bacteria and mycorrhizal fungi Glomus mosseae on the yield of berseem clover under cadmium stress, a factorial pot experiment was conducted using a completely randomized block design. The levels of soil cadmium were 0, 10 and 25 mg Cd/kg soil. Four combinations of biological fertilizers were used, including: without inoculation, inoculation with Rhizobium trifolii bacteria, inoculation with mycorrhizal fungi Glomus mosseae and inoculation with Rhizobium trifolii bacteria+mycorrhizal fungi Glomus mosseae. The results showed the yield of berseem clover decreased with the increase in cadmium levels. The highest and lowest yield of berseem clover measured in control and 25 mg Cd/kg soil treatments respectively. Also, inoculation with Rhizobium trifolii bacteria+mycorrhizal fungi Glomus mosseae increased yield of berseem clover compared with control treatment.

Keywords: Arbescular, Contamination, Biofertilizer, Phytoremediation, Stress.

* corresponding author email: agolchin2011@yahoo.com