Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۴، ص. ۴۷۶-۴۶۶

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 2, May.-Jun. 2015, p. 466-476

تأثیر قارچ آربسکولار میکوریز (گلوموس موسیه) بر وزن خشک و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم شبدر برسیم تحت استرس کادمیم

هاشم آرام[1*]- احمد گلچین[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر قارچ آربسکولار میکوریز بر وزن خشک و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم شبدر برسیم در یک خاک آلوده به کادمیم، یک آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف آلودگی خاک به کادمیم (صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک) و سطوح تلقیح با قارچ آربسکولار میکوریز گونه گلوموس موسیه (با و بدون تلقیح با میکوریز) بود. نتایج نشان داد که تأثیر قارچ آربسکولار میکوریز بر تمامی صفت‌های اندازه‌گیری شده در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید. با افزایش غلظت کادمیم در خاک، وزن خشک ۳۷ درصد و ۳۹ درصد غلظت نیتروژن ۳۵ درصد و ۲۸ درصد، غلظت پتاسیم ۲۷/۹ درصد و ۳۷ درصد و غلظت فسفر ۳۷ درصد و ۳۹ درصد به ترتیب در ریشه و اندام‌های هوایی کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که قارچ آربسکولار میکوریز، وزن خشک، غلظت نیتروژن، غلظت پتاسیم و غلظت فسفر را در ریشه و اندام‌های هوایی به ترتیب ۴۲ درصد و ۲۶ درصد، ۴۰/۳ درصد و ۳۰ درصد، ۶ درصد و ۱۵/۴ درصد، ۵۴ درصد و ۹۱/۲ درصد افزایش داد. اثر متقابل سطوح کادمیم و میکوریز بر وزن خشک اندام‌های هوایی، غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی و ریشه و غلظت پتاسیم ریشه گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین، قارچ آربسکولارمیکوریز

مقدمه

رشد سریع جمعیت و تکنولوژی در قرن گذشته، با وجود مزایای فراوانی که برای بشر به ارمغان آورده است به سبب استفاده نامعقول از آن، منابع طبیعی و محیط زیست از جمله خاک را در معرض آلودگی قرار داده است (۸). آلاینده‌ها اعم از این‌که در هوا، آب یا خاک باشند، در صورتی‌که غلظت آن‌ها از حد معینی (حد آستانه) بیشتر شود، می‌تواند برای محیط خطرناک بوده و برای گیاهان، حیوانات و انسان سمی باشند، سمیت در گیاهان ابتدا منجر به کاهش رشد و در نهایت باعث نابودی کامل گیاه می‌گردد (۲۵). میانگین غلظت کادمیم در پوسته جامد زمین ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم می باشد و غلظت معمولی آن در خاک‌ها ۲-۰/۱ و حد بحرانی مسمومیت آن ۸-۳ میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک است (۶). کادمیم باعث کمبود عناصر غذایی در گیاه می‌شود چون سطح توسعه ریشه کاهش و متابولیسم گیاه نیز مختل می‌شود (۲۴). قارچ‌های آربسکولار میکوریز بخش مهمی از سیستم ریشه‌ای گیاهان و تشکیل دهنده گروه مهمی از موجودات می‌باشد (۱۸). فوائد همزیستی قارچ‌های میکوریزی با ریشه گیاهان متعدد و مختلف است که مهم‌ترین آن‌ها شامل افزایش جذب آب و مواد غذایی، کمک به کاهش تنش‌های محیطی مثل شوری (۴)، مقاومت گیاه به عنوان بیماریزای ریشه‌ای و کاهش غلظت فلزات سنگین می‌باشد (۲۰). قارچ‌های میکوریزی تحمل گیاهان را در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین افزایش می‌دهند. در واقع مکانیسم اصلی تحمل گیاه، اتصال هیف‌های قارچ به فلزات سنگین در ریزوسفر گیاه می‌باشد (۲۷). فلزات سنگین در داخل یا نزدیک ریشه گیاه غیر متحرک شده و انتقال آن‌ها به گیاه کاهش می‌یابد (۲۶). تحقیقات نشان داده است که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی باعث جذب و انتقال عناصر غذایی مانند نیتروژن (۱۵)، فسفر (۲۲) شده است. همچنین مطالعات گذشته نشان داده است که هیف‌های خارجی قارچ میکوریز قادر به تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه همزیست خود می‌باشد (۱۶) محققان زیادی گزارش کرده‌اند که با افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک، غلظت عناصر غذایی در

۱ و ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*-نویسنده مسئول: Email: hashemaram2011@znu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه کاهش می‌یابد (۹). جهت بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه در خاک آلوده به کادمیم، این پژوهش انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در خرداد سال ۱۳۹۰ به‌صورت گلدانی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف آلودگی خاک به کادمیم (صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک) و سطوح تلقیح با قارچ آربسکولار میکوریز (با و بدون تلقیح با میکوریز) بود. خاک مورد نظر از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان و از عمق ۲۰- ۰ سانتی‌متری تهیه گردید. بعد از تجزیه کامل خاک و مشخص شدن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه زنجان) (جدول ۱)، به میزان ۶ کیلوگرم خاک برای هر گلدان توزین و سپس اقدام به آلوده کردن خاک با سطوح مختلف کادمیم گردید. در این آزمایش، با وزن مولکولی ۱۱۲/۴، در آب مقطر حل گردید و برای آلوده کردن نمونه‌های خاک استفاده شد. برای آلوده کردن نمونه های خاک مقادیر مختلف این نمک به نمونه‌های خاک اسپری شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت و خشک شدن کامل خاک، بر اساس توصیه کلینیک گیاهپزشکی اسدآباد همدان به میزان ۱۵۰ گرم از کود میکروبی حاوی قارچ میکوریز گونه گلوموس موسه توزین و به نمونه های خاک اضافه شد. این کود میکروبی از این کلینیک تهیه گردید ومورد استفاده قرار گرفت، پس از مخلوط کردن خاک با قارچ میکوریز، نمونه‌های خاک در گلدان‌های ۶ کیلویی ریخته شدند. در این پژوهش سطح هر ۴ گلدان معادل یک‌متر مربع در نظر گرفته شد و مقدار بذر مصرفی در هر متر مربع و هر گلدان بدست امد. سپس مقدار ۰/۵ گرم از بذر شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum*) که با محلول آب اکسیژنه ۱۰ درصد ضد عفونی شده بود در عمق یک سانتی‌متری در هر گلدان کاشته شد. بذر شبدر برسیم از شهر زنجان خریداری گردید. در طول دوره آزمایش از آب مقطر برای آبیاری گلدان‌ها استفاده شد. بعد از گذشت ۷۰ روز که گیاه به حداکثر رشد خود رسید اندام‌های هوایی و ریشه گیاه برداشت شد و بعد از اندازه-گیری وزن اولیه آن‌ها با آب مقطر شسته و سپس در آون به مدت ۷۲ ساعت خشک گردیدند. نمونه‌های گیاهی تهیه شده سپس آسیاب گردید و بعد از هضم کردن آن‌ها در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، میزان وزن خشک بوسیله ترازو دیجیتال، غلظت نیتروژن به‌وسیله کجلدال، غلظت پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر مدل PFP7 و غلظت فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Cecil series 2 اندازه‌گیری گردید.

اطلاعات به‌دست آمده از این آزمایش به کمک نرم افزار Mstatc(۲/۱۰) و SAS(۹) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و جداول تجزیه واریانس داده‌ها تهیه گردید. مقایسه میانگین‌های تیمارهای مختلف به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد صورت پذیرفت. نمودارها به کمک نرم افزار Excel به‌دست امد.

نتایج و بحث

اثرسطوح مختلف کادمیم بر وزن خشک و غلظت نیتروژن گیاه شبدر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (۲) نشان داد که افزایش غلظت کادمیم خاک، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه شبدر داشت. با افزایش غلظت کادمیم وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه کاهش یافت. به‌طوری‌که در سطح ۸۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک وزن خشک ریشه ۳۷ درصد و وزن خشک اندام‌های هوای ۳۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. وزن خشک اندام‌هوایی تا غلظت ۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک افزایش یافت اما غلظت‌های بیشتر از ۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک باعث کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی گردید (شکل۱). همچنین نتایج نشان داد که افزایش غلظت کادمیم خاک، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر داشت. با افزایش سطوح کادمیم خاک، غلظت نیتروژن ریشه و اندام‌های هوایی کاهش یافت. به‌طوری‌که تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک غلظت نیتروژن را در اندام‌های هوایی و ریشه گیاه را به ترتیب ۲۸/۳ درصد و ۳۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. در ریشه بین تیمار ۵ و ۱۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک اختلاف معنی‌داری از لحاظ میزان نیتروژن مشاهده نگردید (شکل۲).

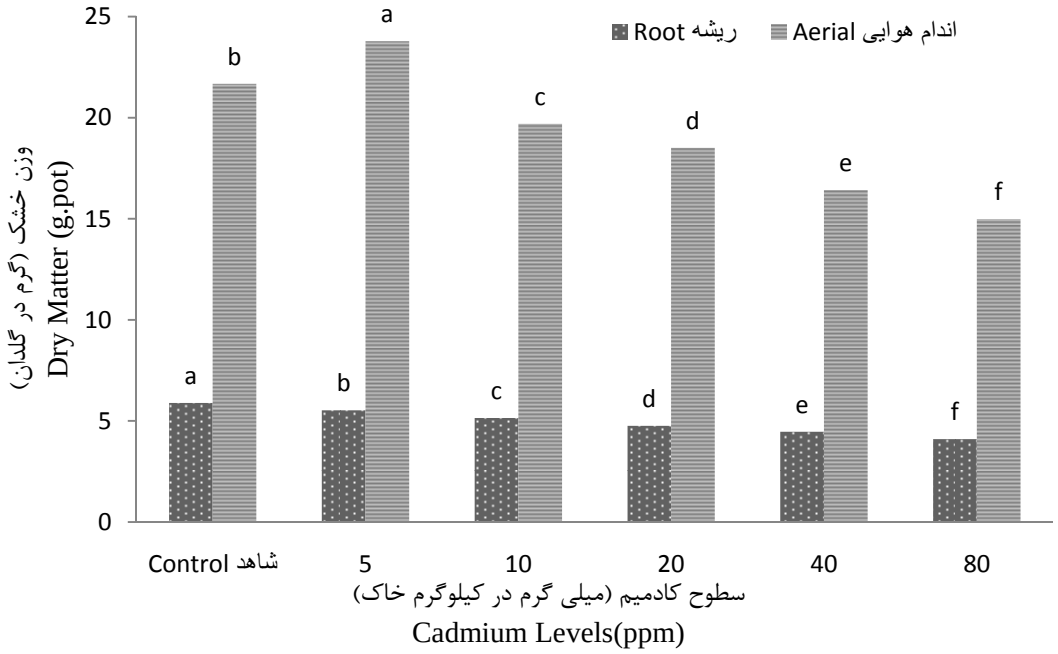
جدول۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1- Selected chemical and physical properties of soil used

عمق خاک Soil depth (Cm)	ECe (dsm^{-1})	pH (2:1)	بافت خاک Soil texture	نیتروژن N (%)	فسفر P	پتاسیم K	کادمیم Cd	آهن Fe	منگنز Mn
					(mg/kg)				
0-20	2.3	7.2	Sandy loam	0.19	21	224	1.2	0.4	0.4

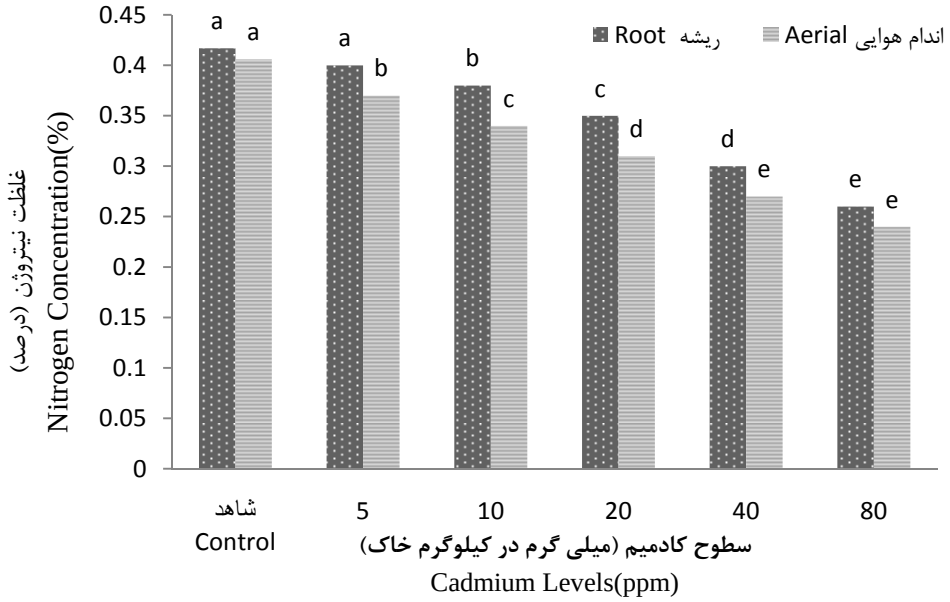
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اثرسطوح مختلف کادمیم بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی شبدر

Figure 1- Effects of cadmium levels on dry matter in root and aerial



شکل ۲- اثرسطوح مختلف کادمیم بر غلظت نیتروژن ریشه و اندام هوایی شبدر

Figure 2- Effects of cadmium levels on nitrogen concentration in root and aerial

آلودگی خاک به‌وسیله کادمیم سبب کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر شد. از آن‌جا که کادمیم به عنوان یک عنصر سمی برای گیاه در نظر گرفته می‌شود کاهش رشد گیاه در نتیجه سمیت کادمیم دور از انتظار نیست. سمیت کادمیم ناشی از اختلالاتی است که کادمیم در فعالیت آنزیم‌ها ایجاد می‌کند، کادمیم از تشکیل آنتوسیانین و رنگدانه‌های کلروفیل ممانعت می‌نماید و اثر منفی و مخربی را در گیاه به جای می‌گذارد (۱۱). برخی از محققان بیان کردند کادمیم در گیاه با کاهش راندمان آب مصرفی، کاهش میزان تعرق، کاهش غلظت عناصر غذایی توسط گیاه و کاهش مقاومت گیاه در مقابل بیماری‌ها و آفات، باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۲۳).

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش عملکرد در اثر سمیت کادمیم در ارقام گندم می‌تواند به طور مستقیم در اثر کاهش فتوسنتز باشد (۱۲). محققان به خطر ناشی از تجمع بیش از حد کادمیم در گیاه در اثر مصرف طولانی مدت کودهای فسفره اشاره کرده و آثار مخرب آن را بر زیست توده گیاهان نتیجه کاهش میزان ماد سازی خالص، کاهش میزان رشد نسبی، اختلال و به هم خوردن تعادل آبی در سلول‌های گیاهی و اختلال در سوخت و ساز عناصر ضروری بیان نمودند (۱). برخی از دانشمندان گزارش کردند که گیاهانی که به مدت ۲۴ ساعت تحت تأثیر کادمیم قرار گرفتند، کادمیم به داخل سلول‌های آن‌ها نفوذ کرده و باعث خسارات فیزیولوژیکی و ژنتیکی شد. آن‌ها یادآور شدند که این عنصر از تقسیم سلولی کروموزوم‌ها جلوگیری کرد (۱۹).

اثرسطوح مختلف کادمیم بر غلظت فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که افزایش غلظت کادمیم خاک، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر غلظت پتاسیم و فسفر اندام های هوایی و ریشه گیاه شبدر داشت. با افزایش سطوح کادمیم خاک، غلظت پتاسیم ریشه و اندام‌های هوایی گیاه کاهش یافت. به‌طوری‌که در تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک، غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه به ترتیب ۳۷ درصد و ۲۷/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. در اندام‌های هوایی و ریشه بین تیمارهای شاهد و ۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک اختلاف معنی‌داری از لحاظ مقدار پتاسیم مشاهده نگردید. همچنین از نظر غلظت پتاسیم در ریشه گیاه بین تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نگردید (شکل ۳). با افزایش سطوح کادمیم خاک، غلظت فسفر اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر کاهش یافت. بطوریکه در تیمار حاوی ۸۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک، غلظت فسفر اندام‌های هوایی و ریشه به ترتیب ۳۹ درصد و ۳۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۴).

اثرقارچ آربسکولار میکوریز بر وزن خشک و غلظت نیتروژن گیاه شبدر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که قارچ آربسکولار میکوریز، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر وزن خشک و غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر داشت. قارچ میکوریز باعث افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه گردید، به‌طوری‌که این قارچها وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه گیاه را به ترتیب ۲۶ درصد و ۴۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۵).

جدول۲- تجزیه واریانس صفت‌های اندازه‌گیری شده

Table 2: Analysis of variance the traits measured

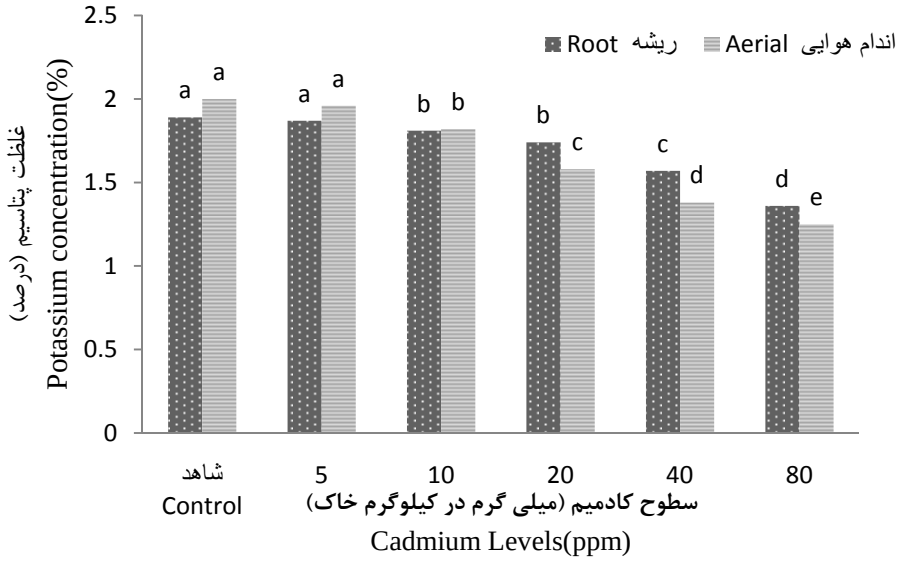
منابع تغییرات Variation Resource	درجه آزادی Free degree	وزن خشک ریشه Dry matter of root	وزن خشک اندام هوایی Dry matter of aerial	نیتروژن ریشه N root	نیتروژن اندام هوایی N aerial	فسفر ریشه P root	فسفر اندام هوایی P aerial	پتاسیم ریشه K root	پتاسیم اندام هوایی K aerial
		(g.pot)		(%)					
کادمیم (Cadmium)	5	8.055**	192.311**	2.165**	2.849**	0.063**	0.064**	0.74**	1.73**
میکوریز(mycorrhiza)	1	83.763**	545.54**	6.28**	24.14**	0.626**	1.13**	0.27**	1.54**
کادمیم * میکوریز Cadmium* mycorrhiza	5	0.068 n.s	11.182**	0.598 n.s	0.117*	0.018 n.s	0.018 n.s	0.031**	0.0258 ns
خطا (Error)	24	/0.167	11.3	0.039	0.028	0.002	0.001	0.09	0.011
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)	–	8.18	9.19	7.25	6.42	12.29	8.04	5.6	6.3

** و *: به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی دار است و n.s: معنی دار نیست.

** is significant p<0.01, * is significant p<0.05 and N.S is not significant

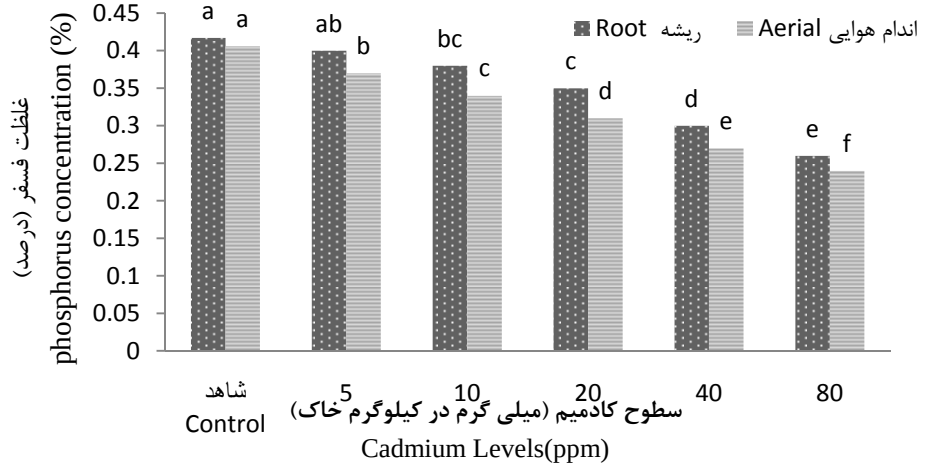
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- اثر سطوح کادمیم بر غلظت پتاسیم ریشه و اندام هوایی شبدر

Figure 3- Effects of cadmium levels on potassium concentration in root and aerial



شکل٤- اثر سطوح کادمیم بر غلظت فسفر ریشه و اندام هوایی شبدر

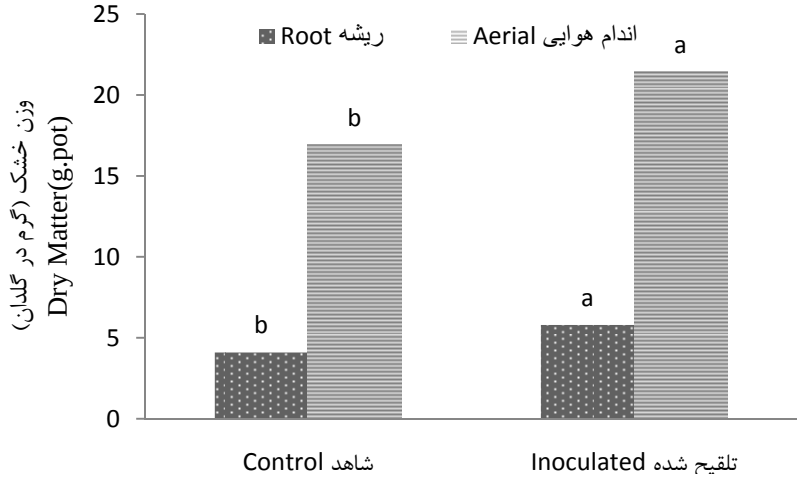
Figure 4- Effects of cadmium levels on phosphor concentration in root and aerial

قارچ میکوریز غلظت نیتروژن ریشه و اندام‌های هوایی گیاه را افزایش داد به‌طوری‌که تیمار تلقیح شده با این قارچ غلظت نیتروژن را در اندام‌های هوایی و ریشه به ترتیب ۳۰ درصد و ۴۰/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۶).

قارچ میکوریز آربسکولار به دلیل داشتن شبکه‌ای از هیف‌ها می‌تواند جذب عناصر غذایی را افزایش دهد و با بهبود شرایط تغذیه گیاه، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه برخی از پارامترهای رشد را افزایش دهد (۲۱). پژوهشگران در بررسی اثر قارچ‌های میکوریزی بر روی گیاه لوبیا در خاک‌های آلوده به عنصرکادمیوم نشان دادند که با افزایش میزان کادمیوم خاک، بیوماس و رشد ریشه گیاه کاهش یافت ولی در حضور قارچ‌های میکوریزی، کادمیوم اثر منفی معنی‌داری بر بیوماس گیاه نداشت محققان بیان کردند که همزیستی با قارچ‌های میکوریزی باعث افزایش جذب و انتقال عناصر متحرک نظیر نیتروژن معدنی شد (۴). همچنین تحقیقات نشان داده است که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی، جذب نیتروژن را مانند فسفر افزایش داد، این افزایش جذب در گیاهان میکوریزی حتی در شرایطی که فسفر خاک زیاد باشد، نیز دیده شده است (۲۲).

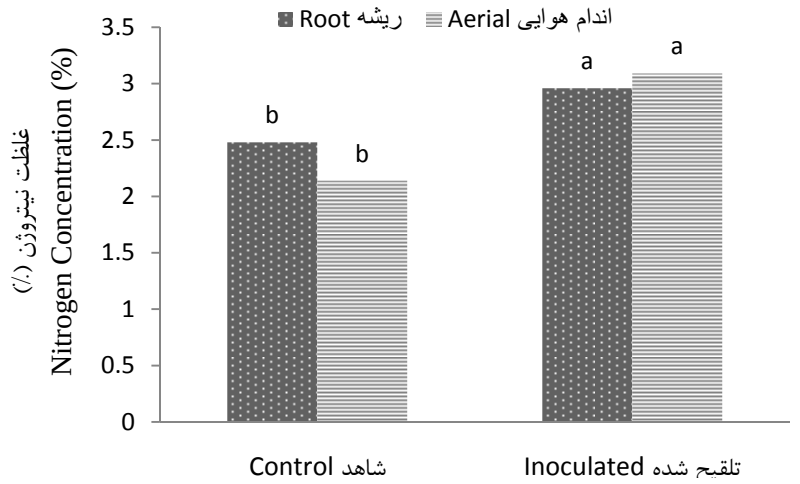
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- اثر قارچ آربسکولار میکوریز بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی شبدر

Figure 5- The effects of arbuscular mycorrhiza fungi on dry matter in root and aerial



شکل ٦- اثر قارچ آربسکولار میکوریز بر غلظت نیتروژن ریشه و اندام هوایی شبدر

Figure 6- The effects of arbuscular mycorrhiza fungi on nitrogen concentration in root and aerial

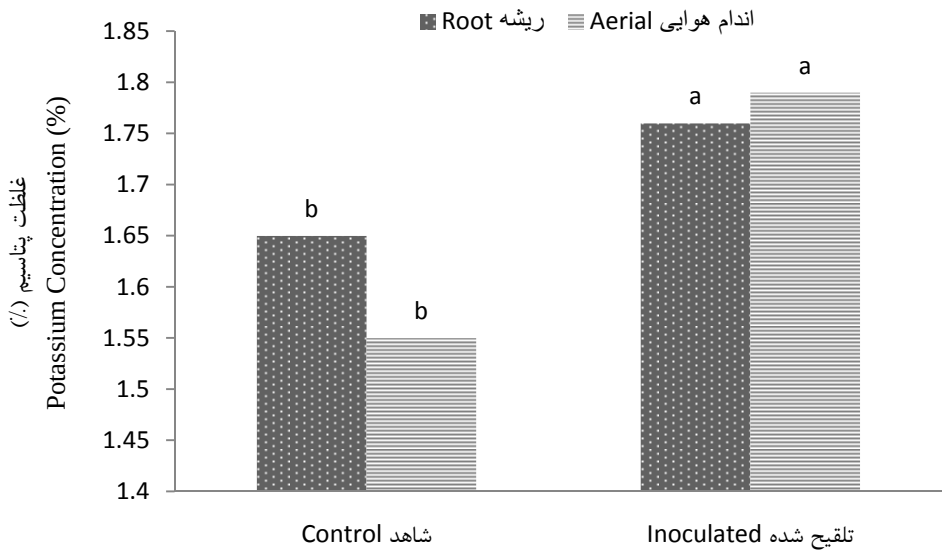
گیاه میزبان می‌تواند تا ۲۵ درصد از نیاز ازته خود را از طریق رابطه همزیستی با میکوریز تأمین کند (۱۶). در گیاه گندم تیمار شده با میکوریز، میزان پروتئین دانه بیشتر از گیاه شاهد بود (۳). اضافه کردن ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم ازت به گیاه *Cucumis sativuso* همزیست با قارچ گلوموس اینترارادیسز نشان داد که در سطوح پایین ازت نقش همزیستی میکوریزی در جذب ازت و افزایش رشد گیاه بیشتر بود (۱۱).

اثر قارچ میکوریز بر غلظت فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که قارچ آربسکولار میکوریز، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر غلظت پتاسیم و فسفر اندام‌های هوایی و ریشه گیاه شبدر داشت. تلقیح با قارچ میکوریز باعث افزایش غلظت پتاسیم در ریشه و اندام‌های هوایی گیاه گردید. به‌طوری‌که تلقیح با قارچ میکوریز غلظت پتاسیم را در اندام‌های هوایی و ریشه گیاه به ترتیب ۱۵/۴ درصد و ۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۷). تلقیح با قارچ میکوریز باعث افزایش غلظت فسفر در ریشه و اندام‌های هوایی گیاه گردید. بطوریکه تلقیح با قارچ میکوریز غلظت فسفر را در اندام‌های هوایی و ریشه گیاه به ترتیب ۹۱/۲ درصد و ۵۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل۸).

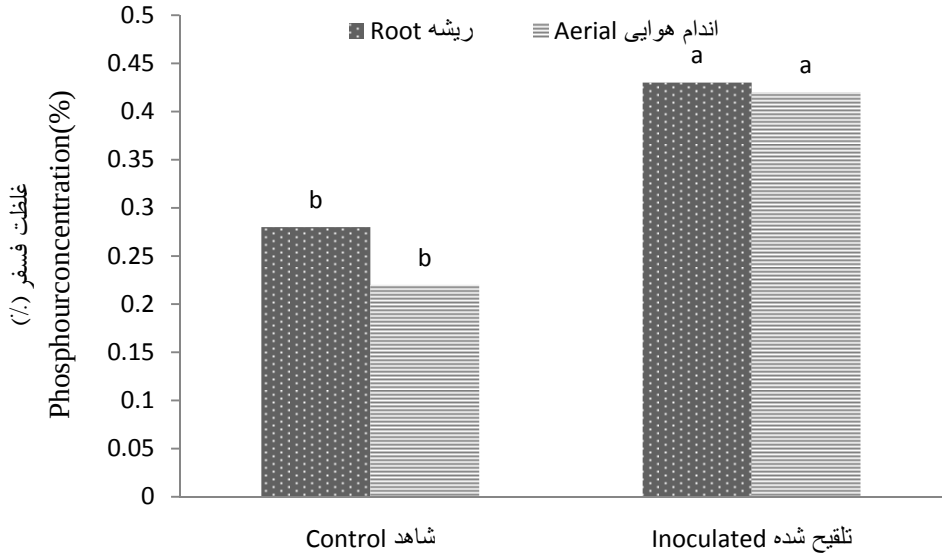
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۷- اثر قارچ آربسکولار میکوریز بر غلظت پتاسیم ریشه و اندام هوایی شبدر

Figure 7- The effects of arbuscular mycorrhiza fungi on potassium concentration in root and aerial



شکل۸- اثرقارچ آربسکولار میکوریز بر غلظت پتاسیم ریشه و اندام هوایی شبدر

Figure 8- The effects of arbuscular mycorrhiza fungi on phosphor concentration in root and aerial

نتایج اغلب تحقیقات نشان داده است کـه همزیسـتی میکـوریزی باعث افزایش جذب عناصر غذایی غیـر متحـرک ماننـد فسـفر و روی توسط گیاه می‌شود (۲). بررسی محدوده تخلیه فسـفر در خـاک‌هـای آهکی توسط شبدر سفید نشان داده است کـه بـه دلیـل رشـد سـریع هیف‌ها در گیاهان میکوریزی فاصله منبع فسفر جـذب شـده از مرکـز ریشه گیاه ۱۱/۷ سانتی‌متر است در حالی که در گیاه شاهد این فاصله به ۱ سانتی‌متر می‌باشد (۱۴). هیف‌های میکوریز وارد ماتریکس خاک شده و فسفر را از نقـاطی کـه دورتـر از ریشـه‌هـا قـرار دارنـد، جـذب می‌کنند. حضور قارچ‌های میکوریز در محیط رشـد گیـاه ذرت موجـب افزایش ۱۱۵درصد درصدی جذب فسفر شده است (۱۳). محققان دلیل این امر را افزایش سطح جذب ریشه گیاه به دلیل توسعه میسیلیوم‌های خارجی قارچ میکوریز در خاک و همچنین افزایش جذب فسفر به‌وسیله هیف‌های گیاهان میکوریزی بیان کردنـد. آزمـون مزرعـه ای صـورت گرفته بر روی گیاه ذرت نشان داده است که در تیمارهای تلقیح شـده

www.SID.ir

Archive of SID

با گونه‌های بومی میکوریز آربسکولار، جذب پتاسیم در گیاه میزبان بیشتر از گیاهان شاهد بوده است (۱۵). محققان بیان کردند که تأثیر گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریز بر غلظت پتاسیم گیاه همزیست متفاوت بود. به‌طوری‌که غلظت پتاسیم در گیاه سورگوم همزیست با گونه‌های *Glomus macrocarpum* و *Glomus fasciculatum* نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بوده ولی همزیستی با گونه *Glomus intraradices* افزایش معنی‌داری در غلظت پتاسیم گیاه ایجاد نکرد (۱۷).

اثر متقابل سطوح کادمیم و قارچ میکوریز بر وزن خشک ریشه، غلظت نیتروژن و پتاسیم گیاه شبدر برسیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، نشان داد که اثر متقابل سطوح کادمیم و میکوریز بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه، غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی و ریشه و غلظت پتاسیم ریشه گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). اما بر وزن خشک ریشه گیاه، غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی و غلظت فسفر ریشه و اندام های هوایی معنی‌دار نگردید. بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه به میزان ۲۶/۹۴ گرم در گلدان از تیمار حاوی ۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک و تلقیح شده و کمترین وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه به میزان ۱۳/۷گرم در گلدان از تیمار حاوی ۸۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک و بدون تلقیح به‌دست آمد.

بیشترین غلظت نیتروژن اندام‌هوایی گیاه به میزان ۳/۷۰۷ درصد از تیمار بدون کادمیم و تلقیح شده با میکوریز و کمترین غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی گیاه به میزان ۱/۶۵۳ از تیمار حاوی ۸۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک و تلقیح نشده با میکوریز مشاهده گردید. بیشترین غلظت پتاسیم ریشه گیاه به میزان ۱/۹۳۷ درصد از تیمار حاوی ۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک و تلقیح شده با میکوریز و کمترین غلظت پتاسیم ریشه گیاه به میزان۱/۲۶۰ درصد از تیمار حاوی ۸۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و تلقیح نشده با قارچ میکوریز به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج بدست آمده نشان داد که تاثیر قارچ آربسکولار میکوریز بر تمامی صفت‌های اندازه یری شده در سطح آماری یک درصد معنی‌دار می‌باشد. با افزایش غلظت کادمیم در خاک، غلظت عناصر غذایی در گیاه شبدر کاهش یافت. قارچ آربسکولار میکوریز غلظت عناصر غذایی نیتروزن، فسفر و پتاسیم در ریشه و اندام هوایی گیاه را افزایش داد.

جدول۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کادمیم و قارچ میکوریز بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه شب در
Table3. Mean comparison between of cadmium levels and mycorrhizal fungi on dry matter in clover

قارچ میکوریز Mycorrhiza fungi	سطوح کادمیم Cadmium levels	وزن خشک اندام‌های هوایی Dry matter of aerial	غلظت نیتروژن اندام‌های هوای nitrogen concentration of aerial	غلظت پتاسیم ریشه potassium concentrations of aerial
	($mg.kg^{-1}$)	(g.pot)	(%)	
تلقیح نشده without inoculation	Cd_0	19.02 ef	2.517 ef	1.91 a
	Cd_5	20.62 de	2.450 f	1.803 bc
	Cd_{10}	17.14 g	2.225 g	1.750 c
	Cd_{20}	16.02 gh	2.107 g	1.713 cd
	Cd_{40}	15.16 hi	1.913 h	1.507 e
	Cd_{80}	13.7 i	1.653 i	1.260 f
تلقیح شده inoculation	Cd_0	24.33 b	3.707 a	1.873 ab
	Cd_5	26.94 a	3.450 b	1.937 a
	Cd_{10}	22.40 c	3.273 c	1.850 ab
	Cd_{20}	22.01 cd	3.103 d	1.777 Bc
	Cd_{40}	17.68 fg	2.633 e	1.650 d
	Cd_{80}	16.27 gh	2.50 ef	1.467 e

میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند. براساس آزمون دانکن در سطح یک درصد فاقد اختلاف معنی دار می باشند

Average that have the same letters. According to the Duncan test, There are no significant differences in the level of one percent

آزمایشات انجام شده با گونه‌های متعددی از قارچ‌های میکوریز آربسکولار و سوش‌های مختلف ریزوبیوم در یونجه، سویا و چند گیاه دیگر از خانواده لگومینوز نشان داد که میکوریز سبب افزایش قابلیت گره‌زایی و تثبیت ازت شد. روش دیگری که قارچ‌های میکوریز سبب

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌گردند، کمک به افزایش تثبیت ازت توسط میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده ازت است (۱۱). افزایش جذب فسفر توسط میکوریز طی دو مکانیسم صورت می‌گیرد، اول این‌که این قارچ‌ها می‌توانند آنزیم فسفاتاز تولید کنند که این آنزیم با شکستن پیوندهای استری، اتصال کربن و فسفر را در مواد آلی از بین برده و سبب آزاد شدن یون فسفات Po_4^{2-} می‌شود که این فسفات توسط قارچ‌ها جذب شده و به گیاه منتقل می‌شود. روش دوم این است که قارچ‌های میکوریز با تولید انواع اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم، مثل اگزالات، سبب افزایش هوادیدگی کانی‌های رسی حاوی فسفر شده و همچنین با کمپلکس کردن کاتیون‌ها (مانند کلسیم، آهن و آلومینیوم) سبب آزادسازی و افزایش میزان فسفر در محلول خاک شده که این فسفر توسط هیف‌های میکوریز جذب شده و به گیاه منتقل می‌شود (۵). همچنین مطالعات گذشته نشان داده است که هیف‌های خارجی قارچ آربسکولار میکوریز قادر به تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه همزیست خود می‌باشد (۱۶). با توجه به نتایج مثبت این پژوهش، استفاده از قارچ آربسکولار میکوریز (گلوموس موسه) جهت افزایش عملکرد و بهبود عناصر غذایی در خاک های آلوده به کادمیم، توصیه می‌گردد.

منابع

1-Ghasemi Z., and Shahabi A.A. 2010. Effects of Cadmium on physiological parameters, growth factors and nutrient concentrations in tomato (Lycopersicon esculentum) in soilless culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 1(2): 55-65. (in Persian with English abstract).

2-Al-Karaki G.N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza, 10:51–54.

3-Al-Karaki G.N., and Clark R.B. 1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition, 21: 263-276.

4-Azcon R., and El-Atrash F. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth , nodulation and fixation (N15) in Medicago sativa at four salinity levels. Biology and Fertility of Soils, 24: 81-86.

5-Bardgett R.D. 2005. The Biology of Soil. Oxford University Press. PP. 69-70.

6-Bolan, N.S., Adriano, B.C., and Mani, P.A. 2003. Immobilization and phytoavailibility of cadmium in variable charge soils. II. Effect of lime addition. Plant and Soil, 251: 187 - 198.

7-Dennis T. 2000. A reaport of the uptake of metal from fertilizer. J. Environ. Qual.33:497- 504.

8-Dushenkov S., Kapulnik Y., Blaylock M., Sorochinsky B., Raskin I., and Ensley B.1997. Phytoremediation: a novel approach to an old problem. Global Environmental Biotechnology. D. L. Wise. Amsterdam, Elsevier Science B.V.: 563-572.

9-Glick R.B. 2003. Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environ- ment. Biotechnol. Adv 21:383–393.

10-Hamel C.A., and Smith D.L., 1991. Interspecific N- transfer and plant development in mycorrhiza field- grown moisture. Soil Biology and Biochemistry, 23:661-665.

11-Johansen A., Jakobsen I., and Jensen E.S. 1994. Hyphal N transport by a vesicular-arbuscular mycorrhiza fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels . Plant and Soil, 160: 1-9.

12-Khan A.G. 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. J Trace Elem Med Biol, 18:355–364.

13-Kothari S.K., Marschnnere H., and Romheld U. 1991. Contribution of VA mycorrhizal hyphe in acquisition of phosphorus and zinc by maize. New Phytologist, 117:649-665.

14-Li X., George E., and Marschner H. 1991. Extension of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil, (a). Plant and Soil, 136: 41–48.

15-Lu S., and Miller M.H. 1988. The role of mycorrhizae in the absorbtion of P and Zn by Maize in field and growth chamber experiments. Canadian Journal of Soil Science, 69: 97-109.

16-Marschner H., and Dell B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizai symbiosis. Plant and Soil, 159:89–102.

17-Raju P.S., R.B. Clark, J.R. Ellis and J.W. Maranville. 1990. Effects of species of VA mycorrhizal fungi on growth and mineral uptake of sorghum at different temperatures. Plant and Soil, 121: 165–170.

18-Ravnskov S., and Jakobsen I. 1999. Effects of pseudomonas fluoresences DF 57 on growth and P uptake of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with cucumber. Mycorrhizae, 8: 329- 334.

19-Rosas I., Carbajal M.E., Gomez-Arroyo S., Belmont R., Villalogos-Pietrini R. 1984. Cytogenetic effects on cadmium accumulation on water hyacinth (*Eichornia crassipes*). Environmental Research, 33 386-395.

20-Rubio R., Borie F., Schalchli C., Castillo C., and Azcon R. 2003. Occurance and effect of arbuscular mycorrhizal propagules in wheat as affected by the source and amount of phosphorous fertilizer and fungal inoculation. Applied soil Ecology, 23: 245-255.

21-Sharifi M., Ghorbanli M., Ebrahimzadeh H. 2007. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with pre-treated mycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology, 164: 1144–1151.

22-Smith S.E., and Read D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. San Diego, 159:89–102.

www.SID.ir

Archive of SID

23-Varvara P.G, Brendan.Filby B., Glick R. 2000. Increased ability of transgenic plants expressing the bacterial enzyme ACC deaminase to accumulate Cd, co, Cu, Ni, Pb and Zn. journal of Biotechnology, 81(1): 45- 53.
24-Vassilev A., Vangronsveld J., and Yordanov I. 2002. Cadmium phytoextraction: Present state, biological backgrounds and research needs. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 28: 68–95.
25-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, 1652-1661.
26-Weissenhorn I., Leyval C., Belgy G., 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.
27-ZhuY.G., Christie P., and Laidlaw A.S. 2001. Uptake of Zn by arbuscular mycorrhizal white clover from Zn-contaminated soi .Chemosphere, 42: 193- 199.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 2, May.-Jun. 2015, p. 466-476

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۴، ص. ۴۷۶-۴۶۶

The Effects of Arbuscular Mycorrhiza Fungi on Dry Matter and Concentrations of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Berseem Clover, by Cadmium stress

H. Aram[1]* - A. Golchin[2]

Received: 09-12-2013
Accepted: 22-02-2015

Introduction: Soil contaminations with heavy metals represent a potential risk to the biosphere and leads to increased concentration in ground and surface water. Therefore metals mobility in soil has been extensively studied in the last decades. Use of agrochemicals such as synthetic fertilizers and pesticides has resulted in soil and water pollution, and loss of biodiversity. Cadmium is a heavy metal with a strong effect on crop quality. Moreover, it is a very mobile element in the environment. Plants can easily uptake cadmium and transfer it to other organs. Experiments on the effects of cadmium on the contents of macro elements in plants are scarce and therefore the mechanism of its effect has not yet been fully explained. Contaminated soil can be remediated by chemical, physical or biological techniques. Mycorrhiza is the mutualistic symbiosis (non-pathogenic association) between soil-borne fungi with the roots of higher plants. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are obligate biotrophs, which can form mutualistic symbioses with the roots of around 80% of plant species. Arbuscular mycorrhiza have been observed to play a vital role in metal tolerance and accumulation. Many workers have reported enhancement of phosphate uptake and growth of leguminous plants by vesicular arbuscular mycorhizal fungi (AMF).

Materials and Methods: One study performed the factorial experiment based on completely randomized design (CRD) with three replications in the greenhouse of Agriculture Faculty of Zanjan University. The examined factors include different levels of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation (Glomus mosseae) (with and without inoculation), and different levels of soil contamination by cadmium (0, 5, 10, 20, 40 and 80 ppm). In this study, arbuscular mycorrhizal fungi Glomus mosseae species were used. These fungi were prepared by the Plant Protection Clinic in Iran – Hamedan. The soil was prepared of arable land of depth of 0-20 cm at the University of Zanjan, after the complete analysis of soil and obtaining the chemical and physical properties in the laboratory. 6 kg of soil was weighed for each pot and then the soil was contaminated. Cadmium sulfate was used in this experiment. The mycorrhizal fungi weighed 150 grams and was mixed with the soil. After mixing the soil with mycorrhizal fungi, the soil was put in pots and then it was cultivated with clover. In this study, clover seeds weighed 0/5 grams and were disinfected with 10% hydrogen peroxide solution and were added to each pot. Distilled water was used for irrigation. After the completion of growth of plants (about 70 day), plant aerial parts and roots were harvested and before measuring, they were washed with distilled water and then were dried in the oven for 72 hours. Plant aerial parts were harvested. Data were analyzed by SAS (version 9) and MSTATC (version 2.10) software, and obtained variance analysis tables. Mean comparison of different treatments was conducted by Duncan test. Charts were obtained by excel software.

Results and Discussion: The results showed that the effects of arbuscular mycorrhizal fungi were significant on all traits measured ($P< 0.01$). With increasing cadmium concentration in soil, dry matter of 37% and 39%, nitrogen concentration of 35% and 28%, Potassium 9/27% and 37%, and phosphorus concentration of 37% and 39%, reduced in root and aerial, respectively. Also the results showed that arbuscular mycorrhizal fungi increased dry matter amount by 42% and 26%, nitrogen concentration by 40.3% and 30%, phosphorus concentration by 6% and 15.4%, potassium concentrations by 54% and 91.2% in root and aerial, respectively. Interaction between cadmium levels and mycorrhizal fungi in statistics was significant on dry matter aerial, nitrogen concentration in aerial and root, and potassium concentrations in plant root ($P< 0.01$).

Conclusion: The results showed that mycorrhizal fungi were significant on all traits measured in one percent level. Cadmium reduced the concentration of nutrients in the plant; but mycorrhizal fungi increased nutrient concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in the plant. Previous studies have shown that external hyphae of mycorrhizal fungi are able to provide their symbiotic plant potassium, nitrogen and phosphorus. Ghazala reported that nutrient uptake of mycorrhizal plants was higher when compared with non-mycorrhizal. It seems that the ability of arbuscular mycorrhizal fungi in concentration of nutrients depends on fungal species, soil condition, and host plant.

Keywords: Arbuscular mycorrhiza, Cadmium, Clover, Concentration of nutrient

1.2 - MSc Graduated and Professor of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan
(*- Corresponding Author Email: hashemaram2011@znu.ac.ir)

www.SID.ir