تأثیر یک قارچ میکوریزی بر وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی ذرت در خاک‌های آلوده به کادمیوم

فاطمه رستمی[۱]، احمد گلچین[۲]، طاهره منصوری[۳]

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
Email: fatemeh_rostami1990@yahoo.com

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریز بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه ذرت کشت شده در خاک‌های آلوده به کادمیوم، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف آلودگی خاک به کادمیوم (صفر، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و سطوح تلقیح با قارچ میکوریز (بدون تلقیح و تلقیح خاک با *Glomus intraradices*) بودند. نتایج نشان داد که اثرات ساده و متقابل سطوح مختلف کادمیوم و تلقیح با قارچ در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه ذرت معنی دار بود. با افزایش غلظت کادمیوم خاک به۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، وزن تر و خشک بخش هوایی (به ترتیب ۷۶/۰ و ۶۴/۷ درصد) و ریشه ذرت (به ترتیب ۴۳/۸ و ۴۹/۴ درصد) کاهش یافت. اما تلقیح با قارچ سبب افزایش وزن تر و خشک بخش هوایی (به ترتیب ۱۸/۵ و ۲۲/۲ درصد) و ریشه ذرت (به ترتیب ۱۵/۲ و ۲۲/۱ درصد) شد.

کلمات کلیدی: آلودگی، عملکرد، قارچ میکوری کادمیوم.

مقدمه

فلزات سنگین از آلودگی‌های مهم زیست‌محیطی هستند که در خاک غیر قابل تجزیه بوده و می‌توانند از طریق جذب توسط گیاهان وارد زنجیره غذایی انسان شوند (Salt et al., 1998). کادمیوم فلز سنگینی با عدد اتمی ۴۸ است. سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۴ حداکثر مقدار مجاز کادمیوم در خاک‌های کشاورزی را ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام نمود (Schickler et al., 1999). کادمیوم در محیط بسیار پایدار بوده و غلظت بیش از حد آن در بدن انسان و حیوان موجب بروز ناراحتی‌هایی همچون خستگی، درد استخوان، برونشیت، تخریب کلیه، افزایش فشار خون، تصلب شرایین و سرطان ریه می‌شود (Amodio, 1987). این عنصر همچنین می‌تواند گیاهان را در معرض ابتلا به حملات قارچی قرار دهد (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). اهمیت بیشتر کادمیوم در میان سایر عناصر سمی از این جهت است که این عنصر می‌تواند در اندام‌های گیاهی در مقادیر زیاد که برای انسان و حیوان سمی است، بدون بروز هیچ‌گونه علائم سمیت، تجمع یابد (Prince et al., 2002). بسیاری از تکنیک‌های اصلاح خاک‌های آلوده پرهزینه بوده و تأثیر منفی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌گذارند؛ بنابراین، توجه به روش‌های بیولوژیکی از جمله استفاده از پتانسیل ریزجانداران همزیست و غیر همزیست افزاینده رشد از جمله قارچ‌های میکوریز به‌عنوان یک تکنیک کم هزینه و سازگار با محیط‌زیست، ضروری است (Bolan et al., 2003). قارچ‌های میکوریزی از جمله میکروارگانیسم‌هایی هستند که با ریشه گیاهان مختلف ایجاد همزیستی می‌کنند و از مهم‌ترین فواید آن‌ها می‌توان به افزایش جذب آب، کمک به کاهش تنش‌های محیطی مثل غلظت زیاد فلزات سنگین اشاره نمود(Azcon and El-Atrash, 1997). پینیور و همکاران (۱۹۹۹) اظهار نمودند که قارچ‌های میکوریزی پس از برقراری رابطه همزیستی با گیاه، ترشحات ریشه‌ای گیاه میزبان را به صورت کمی و کیفی تغییر می‌دهند و از این طریق نقش مهمی در پاک‌سازی خاک از این نوع آلاینده‌ها و افزایش رشد گیاه ایفا می‌نمایند. جونر و لیوال (۲۰۰۱) بیان کردند که قارچ‌های میکوریزی با ترشح برخی آنزیم‌ها در غیر متحرک کردن فلزات سنگین در خاک‌های آلوده

نقش دارند و میزان تجمع آن‌ها را در گیاهان کاهش می‌دهند. آلودگی خاک‌های زنجان به کادمیوم به علت تشدید فعالیت‌های صنعتی بالاخص احداث کارخانجات متعدد گسترش یافته است. با استفاده از قارچ‌های میکوریز می‌توان به کاهش زیست‌فراهمی کادمیوم در این خاک‌ها و در نتیجه افزایش رشد گیاه اقدام نمود ولی تاکنون تحقیقات موثری در این خاک‌ها صورت نگرفته است. لذا در مطالعه حاضر توان قارچ میکوریزی *Glomus intraradicess* در افزایش رشد ذرت در خاک‌های آلوده به کادمیوم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر قارچ *G. intraradices* بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه ذرت تحت تنش کادمیوم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار در مجموع ۳۰ واحد آزمایشی صورت گرفت. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف آلودگی خاک به کادمیوم (صفر، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و سطوح تلقیح با قارچ اینترارادیس (بدون تلقیح یا تلقیح خاک با قارچ اینترارادیس) بودند. نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری تهیه و پس از هواخشک شدن و گذرانده شدن از الک دو میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شدند (جدول ۱). سپس چهار کیلوگرم خاک برای هر گلدان توزین و اقدام به آلوده کردن خاک‌ها با سطوح مختلف کادمیوم شد. برای این منظور از نمک سولفات کادمیوم ($Cd_3O_3S_3.8H_2o$) استفاده گردید. نمونه خاک‌های آلوده به کادمیوم به داخل گلدان‌ها منتقل شده و به مدت یک ماه در گلخانه در رطوبت ظرفیت مزرعه خوابانیده شدند. پس از مرحله‌ی خوابانیدن، ۵۰ گرم از کود میکروبی حاوی قارچ اینترارادیس توزین و به نمونه خاک هر گلدان اضافه شد. در داخل هر گلدان سه عدد بذر ذرت رقم ماکسیما کشت گردید. گیاهان به مدت ۶۰ روز (اتمام رشد رویشی و قبل از وارد شدن به رشد زایشی) در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تحت دامنه رطوبت ظرفیت مزرعه تا ۰/۸ رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری شدند. رطوبت گلدان‌ها از طریق توزین کنترل شد. سپس قسمت هوایی و ریشه گیاهان برداشت و وزن تر نمونه‌ها از طریق توزین بدست آمد. نمونه‌های گیاهی و پس از شستشو با آب مقطر، به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند. داده ها با کمک نرم‌افزار آماری SAS 9.4 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

جدول ۱: برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

عمق خاک	هدایت الکتریکی	pH	کادمیوم قابل جذب	پتاسیم	فسفر	منگنز	آهک	کربن آلی
			میلی‌گرم بر کیلوگرم				درصد	
سانتی‌متر	دسی زیمنس بر متر	-						
۰-۲۰	۰/۲۵	۷/۷۴	۲	۲۳	۱۴	۴/۷۲	۱۴/۷	۱/۱

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر سطوح مختلف آلودگی کادمیوم بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش غلظت کادمیوم خاک وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه ذرت کاهش یافت (شکل های ۱ و ۲). بیش‌ترین وزن‌های تر و خشک بخش هوایی ذرت در تیمار شاهد (به ترتیب به میزان ۲۰ و ۳/۷۱ گرم درگلدان) و کمترین وزن تر و خشک بخش هوایی آن در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم (به ترتیب به میزان ۴/۷۹ و ۱/۳۱ گرم در گلدان) اندازه گیری شدند (شکل ۱). هم‌چنین بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه ذرت در تیمار شاهد (به ترتیب به میزان ۷/۶۹ و ۴/۳۱ گرم در گلدان) و کمترین وزن تر و خشک ریشه آن در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم

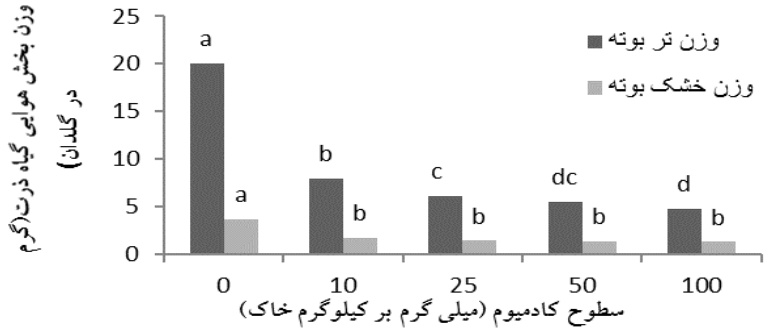
(به میزان ۴/۶۱ و ۰/۴۲۸۳ گرم در گلدان) به دست آمدند شکل (۲). وزن‌های تر و خشک ریشه در سطح ۱۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت.

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن تر بخش هوایی	وزن خشک بخش هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
		گرم در گلدان			
سطوح کادمیوم	۴	۲۴۰/۱۲۹**	۶/۲۸۰**	۱۲/۹۹۷**	۰/۱۶۷**
قارچ میکوریزی	۱	۱۷/۰۸۵**	۱/۰۹۰**	۵/۲۲۵**	۰/۱۱۹**
سطوح کادمیوم × قارچ میکوریزی	۴	۴/۳۷۵**	۰/۵۵۲**	۰/۱۰۳^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}
خطا	۲۰	۰/۹۸۰	۰/۰۹۷	۰/۳۹۷	۰/۰۱۰
درصد ضریب تغییرات	-	۱۱/۱۱۸	۱۶/۳۸۳	۱۰/۶۷۵	۱۵/۹۶۵

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری.

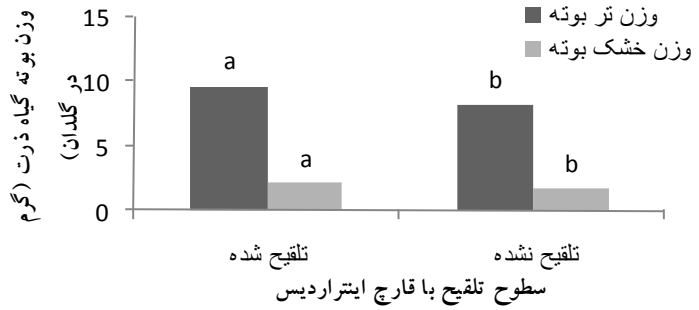
با توجه به اینکه کادمیوم یک عنصر سمی برای گیاهان است کاهش رشد گیاه اتفاق افتاد. سمیت کادمیوم ناشی از اختلالاتی است که کادمیوم در فعالیت آنزیم‌ها ایجاد می‌کند، کادمیوم از تشکیل آنتوسیانین و رنگدانه‌های کلروفیل ممانعت می‌کند (Joner and Leyval, 1997). خان (۲۰۰۵) اظهار کرد که کاهش عملکرد در اثر سمیت کادمیوم در ارقام گندم می‌تواند به‌طور مستقیم در اثر کاهش فتوسنتز باشد. برین و همکارن (۲۰۰۶) گزارش نمودند که گیاهان میکوریزی گوجه فرنگی در شرایط تنش نسبت به گیاهان شاهد عملکرد بیشتری تولید نمودند. قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش تولید گره، کلونی زایی ریشه تجمع ماده‌ی خشک در اندام هوایی و جذب عناصر در گیاه نخود (*Cicer arietinuml*) شد (سینگ و سینگ، ۱۹۹۳).



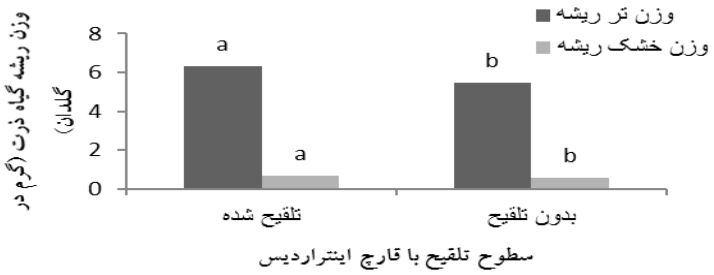
شکل ۱: تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر و خشک بخش هوایی گیاه ذرت

شکل ۲: تأثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر و خشک ریشه گیاه ذرت

تلقیح خاک با قارچ میکوریز گلوموس اینترارادیس، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه ذرت داشت. تلقیح با این قارچ سبب افزایش وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاه ذرت شد. بیشترین وزن‌های تر و خشک بخش هوایی (به ترتیب ۹/۶۴ و ۲/۰۹ گرم در گلدان) و ریشه ذرت (به ترتیب ۶/۳۲ و ۰/۶۹ گرم در گلدان) از تیمار تلقیح با قارچ بدست آمدند (شکل‌های ۳ و ۴). سیمن و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که تلقیح با قارچ میکوریز *G. intraradices* باعث افزایش شاخص‌های رشد کاهو در کشت پاییزه و کنترل خردل وحشی شد.



شکل ۳: تأثیر تلقیح با قارچ اینترارادیس بر وزن‌های تر و خشک گیاه ذرت



شکل ۴: تأثیر تلقیح با قارچ اینترارادیس بر وزن‌های تر و خشک ریشه گیاه ذرت

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف کادمیوم و قارچ میکوریز آربوسکولار بر وزن تر و خشک بخش هوایی ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی تاثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک ریشه نداشت (جدول ۲). بیش‌ترین وزن‌های تر و خشک بخش هوایی ذرت (۲۲/۲۶ و ۲/۹۸ گرم در گلدان) به ترتیب در تیمارهای تلقیح با قارچ و غیرآلوده به کادمیوم و کمترین وزن‌های تر و خشک بخش هوایی (به میزان ۴/۵ و ۱/۲۳ گرم در گلدان) در تیمارهای بدون تلقیح با قارچ میکوریز و آلوده به ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک اندازه گیری شدند (جدول ۳). در واقع این قارچ با تجمع عناصر سنگین در هیف‌ها و میسیلیوم‌های خود باعث کاهش شکل قابل جذب کادمیوم در ریزوسفر گیاه و متعاقبا کاهش جذب آن توسط گیاه و افزایش رشد گیاه شده است. افزایش وزن خشک بخش هوایی پیاز خوراکی با تلقیح با قارچ میکوریز آربوسکولار توسط ماهور و آلوک (۲۰۰۰) گزارش شده است.گیلدون و تینکر (۱۹۸۳) اظهار نمودند که قارچ‌های میکوریزی باعث افزایش رشد گیاه و کاهش جذب عناصر سنگین در خاک‌های آلوده شدند. آدیول و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر توان گیاه‌پالایی گیاه 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 گیاه به آلودگی را افزایش دادند.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل کادمیوم و قارچ میکوریز بر وزن تر و خشک بخش هوایی گیاه ذرت

قارچ میکوریز	سطوح کادمیوم میلی‌گرم بر کیلوگرم	وزن تر بخش هوایی	وزن خشک بخش هوایی گرم درگلدان
بدون تلقیح	صفر	۱۷/۷۵	۲/۹۸b
	۱۰	۷/۳۵cd	۱/۵۹c
	۲۵	۵/۸۲def	۱/۴۲c
	۵۰	۵/۲۵ef	۱/۳۳c
	۱۰۰	۴/۵۱f	۱/۲۳c
تلقیح شده	صفر	۲۲/۲۶a	۴/۴۴a
	۱۰	۸/۶۴c	۱/۸۴c
	۲۵	۶/۵۲de	۱/۴۲c
	۵۰	۵/۷۲def	۱/۳۸c
	۱۰۰	۵/۰۷ef	۱/۳۹c

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک باهم دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری باهم ندارند.

نتایج این پژوهش نشان داد که قارچ میکوریز گلوموس اینترارادیس به‌طور قابل توجهی از تاثیر منفی کادمیوم بر رشد گیاهان ذرت کشت شده در خاک‌های آلوده کاست.

منابع

Amodio – Cocieri R. and Fiore P. 1987. Lead and Cadmium concentration in Liver stock bre in campania, Italy. Bulletin of Environmental of Contamination and Toxicology. 39: 460- 464

Azcon R. and El-Atrash F. 1997. Influence of Arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and fixation (N^{15}) in Medicago sativa at four salinity levels. Biology and Fertility of Soils. 24: 81-8.

Barin M., Aliasgharzad N. and Samadi A. 2006. Influence of mycorrhization on mineral nutrition and yield of tomato under sodium chloride and saltsmixtures. Jornal of Water and Soil Science. 20: 1. 94-105.

Bolan N.S., Adriano D.C., Mani P.A. and Duraisamy A. 2003. Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. Effect of lime addition. Journal of Plant and Soil. 251: 187-198.

Cimen I., Turgay B. and Pirinç V. 2010. Effect of solarization and vesicular arbuscular mychorrizal on weed density and yield of lettuce (*Lactuca sativa L.*) in autumn season**.** African Journal of biotechnology. 9: 24. 3520-3526.

Gildon A. and Tinker, P.B. 1983. A heavy metal-tolerant strain of mycorrhizal fungus. British Mycological Socity. 77: 648-649.

Joner E.J. and Leyval C. 1997. Uptake of 109Cd by roots and hyphae of a Glomus mosseae/Trifolium subterraneum mycorrhiza from soil amended with high and low concentrations of cadmium. New Physiologist. 135(2): 353-360.

Joner E.J. and Leyval C. 2001. Time course of heavy metal uptake in maize and clover as affected by Root density and different mycorrhizal inoculation regimes. Biology and Fertility of Soils. 33: 351-357.

Kabata-Pendias A. and Pendias H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, BocaRaton, Florida (3rd edition), 413p.

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 A.G. 2006. Mycorrhizoremediation an enhanced form of phytoremediation. Journal of Zhejiang University Science. 7(7): 503-514.

Mahaveer P.S. and Alok A. 2000. Enhanced growth and productivity following inoculation with indigenous AM fungi in four varieties of onion (*Allium cepa* L.) in an alfisol. Biological Agriculture Horticulture. 18: 1-14.

Perner H., Schwarz D., Kngelika A. and George E. 2011. Influence of sulfur supply, ammonium nitrate ratio, and arbuscular mycorrhizal colonization on growth and composition of Chinese chive. Scientia Horticulturae. 130: 485-490.

Pinior A., Wyss U., Piche Y. and Vierheilig H. 1999. Plants colonized by AM fungi regulate further root colonization by AM fungi through altered root exudation. Canadian of Journal Botany. 77: 891–897.

Prince W.S., Senthil Kumar P., Doberschutz K.D. and Subburam, V. 2002 Cadmium toxicity in mulberry plants with special reference to the nutritional quality of leaves. Journal of Plant Nutrition. 25: 689 –700.

Salt D.E., Smith R.D. and Raskin I. 1998. Phytoremediation. Annual Review of Plant Biologi. 49: 643-668.

Singh H.P. and Singh T.A. 1993. Effect of VA mycorrhizae in chickpea Mycorrhizae. 3: 37-39.

Schickler H. and Hadar C. 1999. Response of the genus Alyssum. Physiologia Plantarum. 105: 39-45.

The effects of mycorrhizal fungi on fresh and dry weights of above and below ground parts of corn in cadmium contaminated soils

F. Rostami[1], A. Golchin[2], T. Mansouri[3]
1-2, 3: as a Master student, professor and PhD student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan
Email: fatemeh_rostami1990@yahoo.com

Abstract

In order to evaluate the effects of a mycorrhizal inoculation on fresh and dry weights of above and below ground parts of corn planted in contaminated soils, a factorial experiment was conducted using a completely randomized design and three replications. The experimental factors were the levels of soil cadmium and two microbial inoculations including control and *Glomus intraradices* inoculation. The results showed that the simple and interactive effects of the microbial inoculations and cadmium levels were significant on fresh and dry weights of above and below ground parts of corn ($p< 0.01$). With increasing the level of soil cadmium up to 100 mg/kg, the fresh and dry weights of above and below ground parts of corn decreased (respectively 76.0 and 64.7% and 43.8 and 49.4%). But mycorrhizal inoculation increased the fresh and dry weights of above and below ground parts respectively 18.5 and 22.2% and 15.2 and 22.1%.

Keywords: Pollution, Function, Mycorrhiza Fungi, Cadmium