بررسی اثرات کادمیوم خاک بر غلظت عناصر غذایی گیاه دارویی مرزه(Satureja hortensis L.) در حضور قارچ-ریشه آربوسکولار

سید رضا میرعلیزاده فرد[۱] و هاشم آرام*[۲]

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور، تهران- ایران

۲- کارشناس پایش اداره کل حفاظت محیط زیست فارس

*ایمیل نویسنده مسئول : Hashemaram2011@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۷/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثرات کادمیوم خاک بر غلظت عناصر غذایی در گیاه دارویی مرزه در حضور قارچ-ریشه آربوسکولار (Funneliformis mosseae) پژوهشی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در ۳ تکرار در گلخانه مرکز آموزش جهاد کشاورزی فارس- علی آباد کمین اجرا شد. فاکتور اول، فلز سنگین شامل شش سطح کادمیوم (شاهد، ۵، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک) و فاکتور دوم شامل قارچ-ریشه آربوسکولار (Funneliformis mosseae) در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) بود. نتایج نشان داد که تاثیر کادمیوم بر غلظت عناصر غذایی در سطح آماری یک درصد معنی دار بود. با افزایش سطوح کادمیوم در خاک، درصد کلنیزاسیون ریشه، وزن تر، وزن خشک، غلظت عناصر غذایی آهن و روی در ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه کاهش یافت. تیمارهای تلقیح شده با قارچ - ریشه آربوسکولار درصد کلینیزاسیون ریشه، وزن تر، وزن خشک، غلظت عناصر غذایی آهن و روی در ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین قارچ-ریشه آربوسکولار غلظت کادمیوم را در ریشه نسبت به تیمار شاهد افزایش داد اما تاثیری بر غلظت کادمیوم اندام هوایی نداشت. در واقع این قارچ سبب تجمع غلظت کادمیوم در ریشه گردید و از انتقال آن به اندام هوایی ممانعت نمود.

کلمات کلیدی

کادمیوم، قارچ میکوریز، خاک، آلودگی، کلونیزاسیون ریشه

The effect of soil cadmium on nutrient concentrations of medicinal plant Savory (Satureja hortensis L.) in the presence of arbuscular mycorrhiza fungi

Seyed Reza Miralizade Fard[1] and Hashem Aram[2*]

1-Faculty member of Payame Noor University

2-Environmental expert. Fars province

*Email Address: Hashemaram2011@yahoo.com

Abstract

To study effect of soil cadmium on nutrient concentrations of medicinal plants Effect of soil cadmium on nutrient concentrations of medicinal plant Savory (Satureja hortensis L.) in the presence of arbuscular mycorrhiza fungi (Funneliformis mosseae), greenhouse experiment was conducted in factorial design with three replications(CRD). Treatments included Arbuscular Mycorrhiza levels (Inoculated and non-inoculated) and cadmium with six levels (0, 10, 20, 40, 80 and 160 mg.kg-1).The measured data showed that the effects of treatments were significant on nutrient concentration. With increasing levels of cadmium in soil, decreased, percentage of root colonization, wet weight, dry weight, iron and zinc nutrient concentrations in the root and shoot of the plant. But in the presence of arbuscular mycorrhiza fungi increased, percentage of root colonization, wet weight, dry weight, iron and zinc nutrient concentrations in the root and shoot of the plant. Also mycorrhizal fungi increased cadmium concentration in root than control treatment. In fact, mycorrhizal fungus increased the concentration of cadmium in the root and prevented the transfer of cadmium to the shoot.

Keywords

Cadmium, mycorrhizal fungi, soil contamination, nutrient, root colonization

۱- مقدمه

افزایش استفاده از کودهای شیمیایی، سموم و آفت کش های مختلف برای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی از یک طرف و توسعه شهر نشینی و فعالیت های صنعتی از سوی دیگر سبب آلودگی خاک های کشاورزی به فلزات سنگین شده است (عسکری لجایر و همکاران، ۱۳۹۳). در بین فلزات سنگین، به کادمیوم توجه ویژه ای شده است زیرا این فلز به راحتی بوسیله ریشه گیاه جذب می شود و سمیت آن تا ۲۰ برابر بیشتر از سایر فلزات سنگین است (نورانی آزاد و کفیل زاده، ۱۳۹۰). زیگوهبا و اسمولدرس (۲۰۰۸) در تحقیقی بیان کردند که میزان ورود کادمیم به خاک در اثر استفاده از کودهای فسفره در کشورهای اروپایی ۲۰/۷ گرم در هکتار در سال می باشد. کادمیوم به راحتی از طریق پوست ریشه جذب و سپس از راه سیمپلاستی یا آپوپلاستی وارد بافت چوب می شود. گیاهان برای حفاظت در برابر تنش اکسیداتیو حاصل از سمیت غلظت های بالای کادمیوم مجهز به یک سیستم جاروب کننده رادیکال های آزاد می باشند. این سیستم شامل آنزیم های آنتی اکسیداسیون مانند کاتالاز و نیز سیستم آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی می باشد (سانیتا و گابریلی، ۱۹۹۹). غلظت های بالای کادمیوم در خاک سبب کاهش رشد ریشه و برگ، کاهش وزن خشک و تر اندام های گیاه، کاهش سطح برگ و همچنین سبب ایجاد جهش در گیاه می شود (سانیتا و گابریلی، ۱۹۹۹). یکی از ارکان اصلی در نظامهای مبتنی بر کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای زیستی دراکوسیستمهای کشاورزی با هدف کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده های شیمیایی است. از انواع کودهای بیولوژیک که امروزه کاربرد فراوانی در سیستمهای کشاورزی پایدار به منظوردستیابی به افزایش کیفیت و پایداری عملکرد محصولات زراعی و باغی به ویژه در گیاهان دارویی دارند، میتوان به قارچهای میکوریزا آربوسکولار اشاره کرد. قارچ-ریشه آربوسکولار به عنوان یکی از مفیدترین میکروارگانیسمهای خاک، دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان هستند و از طریق جذب عناصر غذایی از جمله فسفر و عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب، تولید هورمونهای گیاهی، افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماریزا و کاهش اثرات منفی ناشی از تنشهای محیطی از جمله تنش فلزات سنگین، سبب بهبود رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان به¬ویژه در گیاهان دارویی میشوند(تبریزی و همکاران، ۱۳۹۴). قرینه و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی خود روی گیاه دارویی زعفران(Crocus sativus L) به این نتیجه رسیدند که غلظت روی و مس در اندام هوایی زعفران، در گیاهان میکوریزی بیشتر، غلظت آهن مشابه و غلظت کادمیوم و منگنز در گیاهان میکوریزی کمتر ازغیرمیکوریزی بوده است. نتایج تحقیق ژیانفنگ و همکاران (۲۰۰۹) حاکی از آن است که میکوریزا میزان جذب آرسنیک را در اندامهای توتون (Nicotiana tabacum)کاهش ولی جذب فسفر را افزایش داد. ویتفیلد و همکاران (۲۰۰۴) مشاهده کردند که قارچ میکوریزا باعث افزایش جذب فلز روی و بهبود رشد گیاه آویشن (Thymus polytrichus)تحت تنش فلزات سنگین شد. مرزه (Satureja hortensis L.)گیاهی علفی، یکساله از تیره نعناییان (Lamiaceae) و دارای ساقه منشعب به طول ۱۰ تا ۳۰ سانتی متر که به سهولت بر اثر دارا بودن ظاهری به رنگ سبز خاک آلود یا مایل به خاکستری از گونه های مجاور تشخیص داده می شود طول برگ ۱ تا ۳ سانتی متر و پهنای آن ۲ تا ۴ میلی متر، گلهای کوچک و دو جنسی و سفید رنگ مرزه که در تابستان ظاهر می شود وضع مجتمع در طول انشعابات ساقه دارد. میوه کوچک، کروی شکل و از نوع کپسول است (امید بیگی، ۱۳۸۸). مطالعه اثرات تنش های مختلف روی جذب عناصر غذایی در گیاهان دارویی به منظور افزایش عملکرد ضرورت دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثرات کادمیوم خاک بر غلظت عناصر غذایی آهن و روی در گیاه دارویی مرزه (Satureja hortensis L.)در حضور قارچ-ریشه آربوسکولار (Funneliformis mosseae) انجام گرفت .

۲- مواد و روش ها

این پژوهش در گلخانه مرکز آموزش جهاد کشاورزی فارس- علی آباد کمین به¬صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد؛ فاکتور اول، فلز سنگین شامل شش سطح کادمیوم (شاهد، ۵، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ میلی گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک) و فاکتور دوم شامل قارچ-ریشه آربوسکولار (Funneliformis mosseae)در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) بود. خاک مورد استفاده از مزرعه مرکز آموزش جهاد کشاورزی فارس- علی آباد کمین و از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری تهیه و پس از هوا خشک نمودن و عبور از الک ۲میلیمتری، برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد(جدول ۱). بعد از آماده کردن خاک و اعمال تیمارهای آلودگی با کادمیوم، به میزان ۵ کیلو گرم خاک توزین و در گلدان قرار گرفت. در این پژوهش از نمک سولفات کادمیوم برای آلودگی خاک استفاده گردید. نمک سولفات کادمیوم در آب حل گردید و بر روی نمونه های خاک اسپری شد. برای اعمال تیمارهای قارچ-ریشه آربوسکولار ، قبل از کاشت، خاک سطح گلدان ها به میزان سه تا چهار برابر عمق کاشت بذر کنار زده شد و مقدار ۱۰۰ گرم از قارچ-ریشه آربوسکولار به گلدانهای مورد نظر اضافه گردید که در هر گرم از مایه تلقیح ۱۰۰ اسپور وجود داشت. قارچ-ریشه آربوسکولار از کلینیک گیاهپزشکی ارگانیگ واقع در شهر اسدآباد همدان تهیه گردید. بذرهای گیاه مرزه با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند. در هر گلدان ۸ عدد بذر مرزه کشت شد. به منظور تنک کردن گلدان ها، پس از سبز شدن بذرها تعداد سه بوته از مرزه در هر

گلدان نگهداری گردید. از آب مقطر برای آبیاری گلدان ها استفاده شد. برای اندازه گیری غلظت عناصر غذایی آهن، روی و فلز سنگین کادمیم دستگاه جذب اتمی مدل ۵۱۰۰ zl مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی، نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت و پس از خشک شدن توزین گردیدند. برای تعیین میزان کلونیزاسیون قارچ میکوریزا با ریشه گیاهان از روش و (جیوونتی و موسی، ۱۹۸۰) استفاده گردید. ریشه گیاه با آب مقطر شستشو شد و سپس برای رنگبری در محلول KOH 10%به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. سپس ریشه ها دوباره با آب مقطر شسته و به مدت ۴۸ ساعت در محلول کاتلن بلو قرار داده شد. ریشه ها دوباره با آب مقطر شسته شد. برای تعیین درصد کلونیزاسیون میکوریزایی ریشه ها از روش تلاقی خطوط مشبک استفاده شد بر اساس این روش، ریشه های رنگ آمیزی شده در سطح پتری دیش هایی که دارای شبکه های مربعی هستند، پخش گردید و زیر بینوکولار مشاهده شدند و تعداد تقاطع های آن ها با خطوط عمودی و افقی تعیین شد. از بین این برخوردها آنهایی که با بخش کلونیزه شده ریشه تقاطع داشتند نیز به طور جداگانه شمارش شدند و به صورت کسری از کل تقاطعات به دست آمدند. چنانچه این کسر در ۱۰۰ ضرب شود، میزان کلونیزاسیون ریشه به صورت درصد به دست می آید . (رابطه ۱)

$$\text{میزان کلونیزاسیون ریشه} = \frac{\text{تعداد تقاطع‌های ریشه } AM^{+} \text{ با شبکه}}{\text{تعداد کل تقاطع‌های بین ریشه و شبکه}} \times 100$$

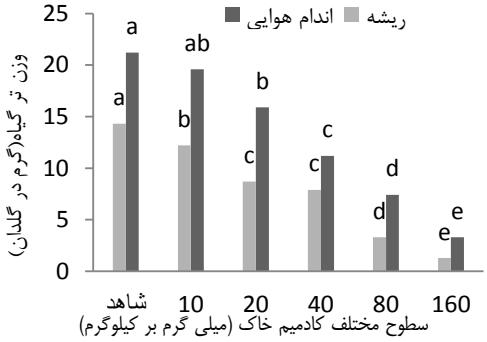
+AM: تعداد قطعات ریشه دارای وزیکول های قارچ میکوریزا جهت آنالیز داده ها از نرم افزار Mstatc و SAS(۹/۴) استفاده شد.

عمق خاک Cm	بافت خاک	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	نیتروژن درصد	فسفر (روش اولسن)	پتاسیم (عصاره گیری با استات آمونیوم)	کادمیوم	آهن	روی
							DTPAعصاره گیری با		
					میلی‌گرم بر کیلوگرم				
۰-۳۰	لوم سیلتی	۳/۴	۷/۶	/۱	۱۲	۲۸۶	/۰۱	۶	۴

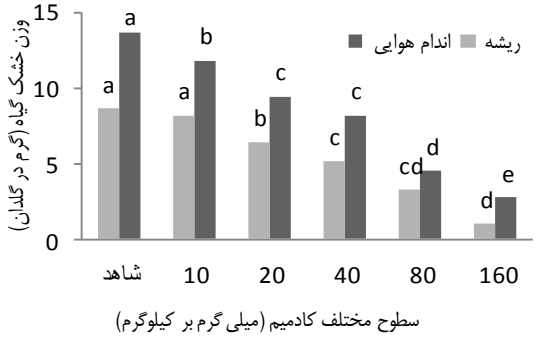
۳-نتایج و بحث

تاثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید. با افزایش سطح کادمیوم در خاک، وزن تر اندام هوایی و ریشه گیاه کاهش یافت(شکل های ۱ و ۲). به طوریکه غلظت ۱۶۰ میلی گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک وزن تر ریشه و اندام هوایی را به ترتیب به میزان ۹۱٪ و ۸۴٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. با افزایش سطح کادمیوم در خاک، وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه کاهش یافت. به طوریکه غلظت ۱۶۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک وزن خشک ریشه و اندام هوایی را به ترتیب به میزان ۸۷٪ و ۷۹٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. واسیلف (۲۰۰۳) مهار میزان رشد نسبی را تحت تأثیر کادمیوم، در چغندرقند و گندم گزارش نمودند. ابوقاسم و همکاران ۱۹۹۷، نیز در نتایج مشابهی نشان دادند، میزان رشد نسبی در گندم که در معرض غلظت ۱۰میکرومولار قرار گرفتند،۲۰درصد کاهش یافت. همچنین در مطالعه دیگری نشان داده شد که کادمیوم در غلظت ۱۳میکرومولار، میزان رشد نسبی را به میزان ۲۵درصد در گیاهان جو کاهش داده است (واسیلف، ۲۰۰۳). نتایج محققین نشان میدهد کاهش رشد بخش هوایی درنتیجه تأثیر کادمیوم میتواند به علت کاهش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسیستم Iکه در اثر تنش عناصر سنگین القا میشود ایجاد گردد (شه و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۱: تاثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن تر ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه



شکل ۲: تاثیر سطوح مختلف کادمیوم بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه

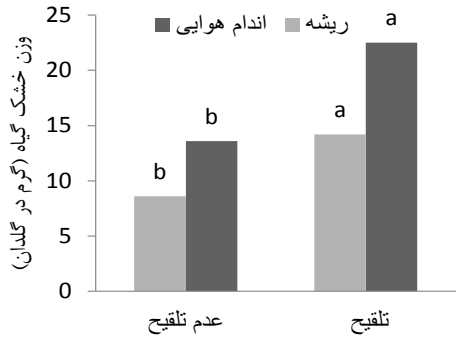
کاهش رشد ممکن است به طور کلی به علت از دست رفتن اتساع سلولی و نیز کاهش فعالیت میتوزی و یا مهار طویل شدن سلولها باشد (شه و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین کادمیوم در سلولها از طریق تأثیر بر دیواره های سلولی و تیغه میانی و افزایش پیوند عرضی بین ترکیبات دیواره سلولی باعث مهار گسترش سلولی میشود (واسیلف، ۲۰۰۳). بررسی تاثیر سطحوح کادمیم بر گیاه Phyllanthus amarusنشان داده شد که کادمیوم باعث کاهش چشمگیر در وزن تر و خشک گیاه و طول ریشه و بخش هوایی میشود (رای و همکاران، ۲۰۰۵). کاهش توده بخش هوایی با افزایش غلظت عناصر سنگین ممکن است به علت حساسیت آنزیمهای سیکل احیای کربن فتوسنتزی به کادمیوم باشد (شیوران و همکاران، ۱۹۹۰). یافته های اخیر در مورد کاهش وزن تر حاکی از عدم ورود آب به درون بافتهای گیاهی است. به طوری که مشخص شده است، گیاهان تحت تیمار کادمیوم در غلظتهای بالاتر از ۱۰میکرومولار، محتوای آبی کمتری نسبت به گیاهان شاهد دارند و این کاهش در آماس برگ میتواند به علت افزایش مقاومت به جریان آب در ساقه و یا تغییر خواص دیواره سلولی که در اثر کادمیوم القا میشود، باشد(سید، ۱۹۹۷).

جدول ۲: تجزیه واریانس داده های مورد مطالعه

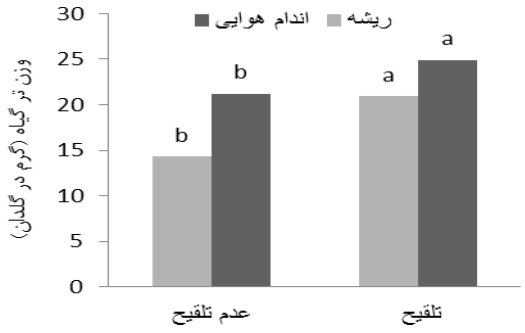
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن تر اندام هوایی	کلونیزاسیون ریشه	آهن ریشه	آهن اندام هوایی	روی ریشه	روی اندام هوایی
		گرم در گلدان				درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم			
کادمیم	۵	۵۳/۲**	۱۰۳/۶**	۹۶/۳*	۱۴۵/۵*	۲۶/۲۳ *	۳۲۱۵۶/۳۲۵ **	/۶۲۳** ۷۹۶۸۵	۳۲۶/۴ **	۳۷۶۴/۴ **
میکوریز	۱	۱۲۹/۳*	۱۹۹/۲*	۱۷۷/۵*	۲۲۵/۲*	۵۸۳/۶۴ **	۶۹۸۷۵/۸۸ **	/۵** ۵۹۷۸۵۳	۴۲۱۳/۳ **	۶۹۴۵/۳ *
کادمیم * میکوریز	۵	۶۵/۴**	۷۳/۴*	۸۳/۴*	۱۰۲/۴*	۷۶/۴۸*	۸۶۲/۲۱ *	n.s /۱ ۱۳۰۵	۲۴/۳ n.s	۱۱۸/۳ *
اشتباه	۳۶	۲۱	۳۲	۲۶	۲۲	۱۲/۲۹	۱۶۶/۲۱	۵۶/۶	۴/۲	۱۱/۴
ضریب تغییرات	–	۷/۲	۱۰/۸	۶/۴	۱۱/۷	–	۱۲	۸/۸	۶/۸	۱۰/۲

تاثیر قارچ آربوسکولار میکوریز بر وزن تر ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه

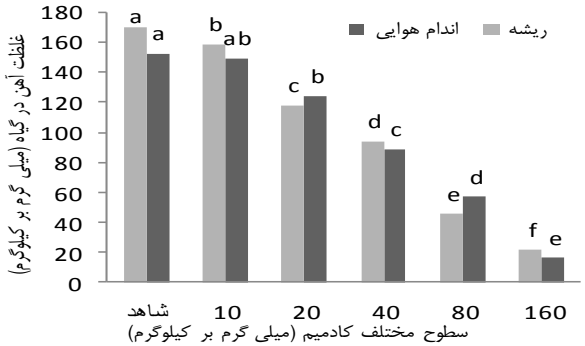
نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که تاثیر قارچ–ریشه آربوسکولاربر وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید. تیمار تلقیح شده با قارچ–ریشه آربوسکولاروزن تر ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه را به ترتیب ۴۶٪ و ۱۷٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین قارچ–ریشه آربوسکولار وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه را به ترتیب به میزان ۶۵٪ و ۶۶٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳ : تاثیر قارچ–ریشه آربوسکولار بر وزن تر ریشه و اندام هوایی



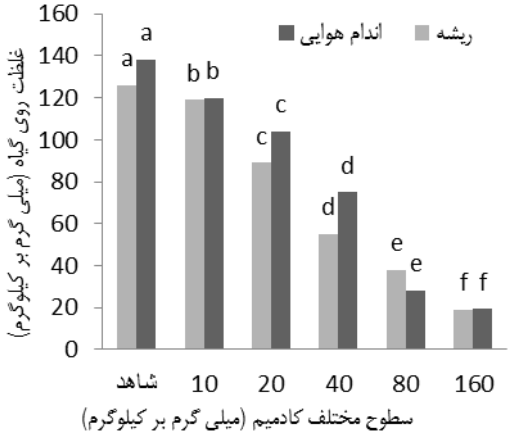
شکل ٤: تاثیر قارچ–ریشه آربوسکولار بر وزن تر ریشه و اندام هوایی



شکل ۵ : تاثیر سطوح مختلف کادمیوم بر غلظت آهن در اندام هوایی و ریشه گیاه مرزه

تاثیر سطوح مختلف کادمیوم بر غلظت آهن و روی در اندام هوایی و ریشه گیاه مرزه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات سطوح مختلف کادمیوم خاک بر غلظت آهن ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه در سطح آماری یک درصد معنی¬دار گردید. با افزایش سطح کادمیوم در خاک، غلظت آهن اندام هوایی و ریشه گیاه کاهش یافت. بیشترین غلظت آهن از تیمار شاهد و کمترین غلظت از تیمار ۱۶۰ میلی¬گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک مشاهده گردید. به طوریکه غلظت ۱۶۰ میلی¬گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک غلظت آهن ریشه و اندام هوایی را به ترتیب به میزان ۸۷٪ و ۸۹/۴٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. همچنین غلظت ۱۶۰ میلی¬گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک غلظت روی ریشه و اندام هوایی را به ترتیب به میزان ۸۴٪ و ۸۵٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (شکل ۵ و ۶).جواد زرین و متشرع زاده (۱۳۹۴) در بررسی تأثیر کادمیوم بر غلظت عناصر مس، آهن، منگنز و روی در اندام هوایی ارقام مختلف گندم نشان دادند که بیشترین و کمترین مقادیر جذب کادمیوم در تیمارCd40نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب در ارقام 'نیکنژاد (میانگین۷ میلی گرم در کیلوگرم وزنخشک، و رقم پارسی (میانگین ۲ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک، مشاهده شد. از طرف دیگر، بیشترین و کمترین غلظت کادمیوم در تیمارCd80نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب در اندام هوایی ارقام 'پیشگام' (میانگین ۲۰میلیگرم در کیلوگرم وزن خشک، و 'نوید' (میانگین ۶ میلی¬گرم در کیلوگرم وزن خشک)، مشاهده شد .

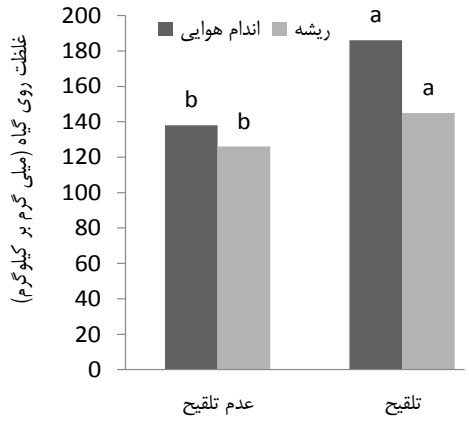


شکل ٦: تاثیر سطوح مختلف کادمیوم بر غلظت روی در اندام هوایی و ریشه گیاه مرزه

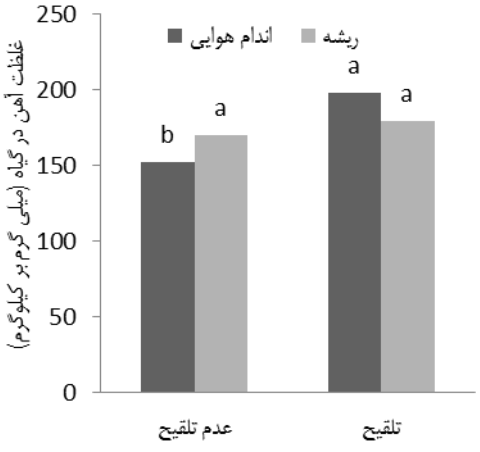
برخـی از محققـان بیـان کردند کادمیوم در گیاه با کاهش راندمان آب مصـرفی، کـاهش میـزان تعرق، کاهش غلظت عناصر غذایی توسط گیاه و کاهش مقاومت گیاه در مقابل بیماریها و آفات، باعث کاهش عملکرد گیاه میشـود (واروارا و همکاران، ۲۰۰۰). در بررسی تأثیر سمیت عناصر سنگین شامل کادمیوم، روی و سرب بر رشد و عملکرد لوبیا در خاکهای طبیعی آلوده به این عناصر، کادمیوم بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد لوبیا داشته است (ژان، ۱۹۹۸).

تاثیر قارچ-ریشه آربوسکولاربر غلظت آهن و روی در اندام هوایی و ریشه گیاه مرزه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که تاثیر قارچ-ریشه آربوسکولاربر غلظت آهن و روی ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید. تیمار تلقیح شده با قارچ-ریشه آربوسکولار غلظت آهن ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه را به ترتیب ۵٪ و ۳۰٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین قارچ-ریشه آربوسکولار غلظت روی ریشه و اندام هوایی گیاه را به ترتیب به میزان ۱۳٪ و ۲۵٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۷ و ۸). لی و جورج (۲۰۰۵) نشان دادند که تیمارهای خیار تلقیح شده با گونه گلوموس موسیه سبب افزایش جذب فسفر، مس و روی گردید. ارتاس (۲۰۱۰) در پژوهشی با عنوان تاثیر کاربرد قارچ-ریشه آربوسکولاربر رشد گیاه و جذب عناصر غذایی در گیاه خیار در شرایط مزرعه ای نشان داد که تلقیح گیاه با قارچ-ریشه آربوسکولار سبب افزایش رشد گیاه و جذب عناصر غذایی فسفر و روی گردید.



شکل ۷ : تاثیر قارچ-ریشه آربوسکولار بر غلظت آهن اندام هوایی و ریشه



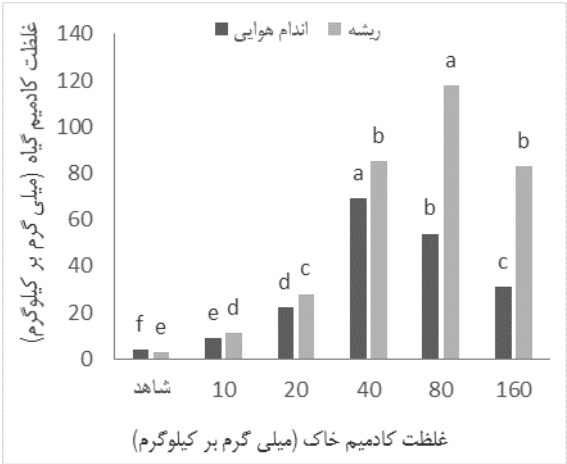
شکل ۸ : تاثیر قارچ-ریشه آربوسکولار بر غلظت روی اندام هوایی و ریشه

آرام و جرعه نوش (۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان کاربرد قارچ-ریشه آربوسکولار(گلوموس موسیه و گلوموس اینترادیسه) بر غلظت آهن و روی در گیاه گندم تحت استرس کادمیم نشان دادند که گونه گلوموس اینترادیسه نسبت به گلوموس موسیه جذب آهن و روی را در گیاه گندم افزایش داد.

تاثیر سطوح مختلف کادمیوم بر غلظت کادمیوم در اندام هوایی و ریشه گیاه مرزه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات سطوح مختلف کادمیوم خاک بر غلظت کادمیوم ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید. با افزایش سطح

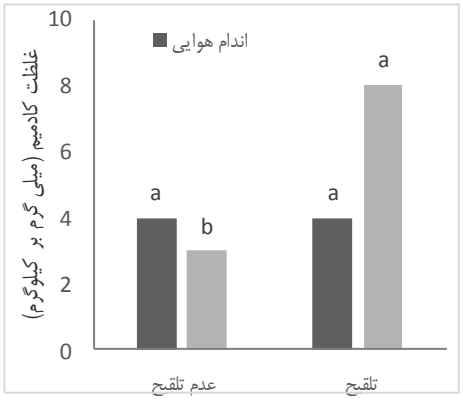
کادمیوم در خاک، غلظت کادمیوم اندام هوایی و ریشه گیاه کاهش یافت. بیشترین غلظت کادمیوم ریشه از تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک و کمترین غلظت از تیمار شاهد مشاهده گردید. همچنین بیشترین غلظت کادمیوم اندام هوایی از تیمار ۴۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک و کمترین غلظت از تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۹).تاجی و گلچین (۱۳۸۹) در بررسی سطوح مختلف کادمیم و گوگرد بر عملکرد و غلظت کادمیم و برخی عناصر کم مصرف در برگ و ریشه ذرت(Zea Mays L) در شرایط گلخانه-ای نشان دادند که با افزایش سطح کادمیم در خاک، غلظت کادمیم در اندامهای هوایی و ریشه گیاه ذرت افزایش اما وزن تر و خشک گیاه کاهش یافت.



شکل ۹ : تاثیر سطوح مختلف کادمیوم بر غلظت کادمیم در اندام هوایی و ریشه گیاه مرزه

تاثیر قارچ-ریشه آربوسکولار بر غلظت کادمیوم در اندام هوایی و ریشه گیاه مرزه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که تاثیر قارچ-ریشه آربوسکولاربر غلظت کادمیوم ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید. تیمار تلقیح شده با قارچ-ریشه آربوسکولار غلظت کادمیوم ریشه را ۱۶۰٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد ولی تاثیری بر غلظت کادمیوم اندام هوایی نداشت (شکل ۱۰).

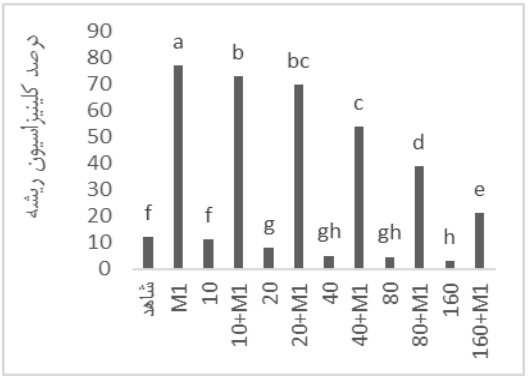


شکل ۱۰: تاثیر قارچ-ریشه آربوسکولاربر غلظت کادمیم اندام هوایی و ریشه

نعمتی و بستانی ۱۳۹۱ در پژوهشی با عنوان بررسی امکان جذب سرب و کادمیوم توسط گیاه گوجه فرنگی در حضور باکتریهای PGPRو قارچ-ریشه آربوسکولارنشان دادند که بیشترین غلظت کادمیم مربوط به اثر متقابل قارچ-ریشه آربوسکولار با کادمیم در سطح ۱۰۰ میلی گرم کادمیم بر کیلوگرم در ریشه گیاه بود. وسهورن و همکاران (۱۹۹۵) بیان کردند که قارچ-ریشه آربوسکولار میتواند جذب فلزات سنگین را در اندام های هوایی افزایش دهد. نتایج این پژوهش با نتایج وسهورن و همکاران مغایرت داشت.

تاثیر سطوح مختلف کادمیوم و قارچ ریشه بر درصد کلینیزاسیون ریشه گیاه مرزه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات متقابل سطوح مختلف کادمیوم و قارچ ریشه بر درصد کلینیزاسیون ریشه گیاه به ترتیب در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار گردید. بیشترین درصد کلینیزاسیون از تیمار تلقیح شده با قارچ ریشه (M1) به میزان ۷۷ درصد و کمترین درصد کلینیزاسیون از تیمار ۱۶۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم خاک و بدون قارچ ریشه به میزان ۳ درصد مشاهده گردید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: اثرات متقابل سطوح مختلف کادمیم و قارچ - ریشه بر درصد کلینیزاسیون ریشه

٤-نتیجه گیری کلی

این پژوهش با هدف بررسی اثرات کادمیوم خاک بر غلظت عناصر غذایی آهن و روی در گیاه دارویی مرزه در حضور قارچ-ریشه آربوسکولار(Funneliformis mosseae) انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کادمیم در خاک، درصد کلینیزاسیون ریشه، وزن تر و خشک، غلظت عناصر آهن و روی در ریشه و اندام هوایی کاهش یافت. قارچ-ریشه آربوسکولار وزن تر و خشک و غلظت عناصر غذایی را در ریشه و اندام هوایی افزایش داد. تیمار تلقیح شده با قارچ-ریشه آربوسکولار غلظت آهن ریشه و اندام هوایی گیاه مرزه را به ترتیب ۵٪ و ۳۰٪ و غلظت روی ریشه و اندام هوایی گیاه را به ترتیب به میزان ۱۳٪ و ۲۵٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین تیمار تلقیح شده با قارچ-ریشه آربوسکولار غلظت کادمیوم ریشه را ۱۶۰٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد ولی تاثیری بر غلظت کادمیوم اندام هوایی نداشت. بیشترین درصد کلینیزاسیون ریشه در حضور قارچ –ریشه آربوسکولار به میزان ۷۷ درصد بود.

منابع

- Omidbeigi, R. 2007. Production and processing of medicinal plants.4thed. Mashhad: Astane e-Ghods-e-Razavi Press. 256-267.
- Taji, H and Golchin, A. 2009. Evaluation of different levels of cadmium and sulfur on yield and concentration of cadmium and some micronutrients in leaf and root of maize (Zea Mays L.) under greenhouse conditions. Science and Technology of Greenhouse Cultivation. Vol 1 (4).
- Tabrizi, L,. Mohamadi, S., Motasharezade, B. 2016. The Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Yield of Rosemary (Rosmarinus officinalis L.) Under Lead and Cadmium Stress. Journal of Environmental Science. Vol 13 (2).
- Askari Lajayer, H,. Mafise, N. 2015. Effect of Soil Contamination with Heavy Metals on the Production of Medicinal Plants. Journal of Land Management. Vol 2(2).
- Javadzarin, A and Motasharezade, B. 2016. The effect of the concentration of cadmium, copper, iron, manganese and zinc in the shoots of wheat varieties.Journal of Crop Improv.Vol 17(1).27-41.
- Nemati, H and Bostani, A.A. 2014. Assessment of lead and cadmium uptake by tomato plant in the presence of PGPR and arbuscular Mycorrhizal fungi. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 4(1), 219-233.
- Noorani Azad H. and Kafilzadeh F. 2010. The effect of cadmium toxicity on growth, soluble sugars, photosynthetic pigments and some of enzymes in safflower (Carthamus tinctoriusL.). Iranian Journal of Biology. Vol. 10 (24). 858-867.
- Abo-Kassem, E., A. Sharaf-El-Din, J. Rozema and E. Foda. 1995. Synergistic effects of cadmium and NaCl on the gowth, photosynthesis, and ion content in wheat plants. Biologia Plantarum 37(2): 241–249.
- Aram, H and Jorenoosh, M, H. 2018. Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Zinc and Iron Concentration in Wheat under Cadmium Stress. Journal of Chemical Health Risks. 8(3),239-243.
- Gharineh M H, Haydari M, Nadian H. 2011**.** Interactive Effects of Salinity and Mycorrhizal Colonizatioon Some Heavy Metals Uptake by Saffron Plant (Crocus sativus L.). International Conference on Agriculture, Chemical and Environmental Sciences; 103-106. Giovannetti, M. and Mosse, B. 1980. A method of estimating root length. Ecology 63: 999-1001.
- Jianfeng H, Xiangui L, Rui Y, Yufang S. 2009**.** Effects of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation onarsenic accumulation by tobacco (Nicotiana tabacum L.). Journal of Environmental Sciences; 21: 1214–1220.
- Lee y.j., George e., 2005. Contribution of mycorrhizalhyphae to the uptake of metal cations by cucumber plantsat two levels of phosphorus supply. Plant Soil 278(1-2), 361-370.
- Nziguheba, G.; E., Smolders. 2008. Inputs of trace elements in agricultural soils via phosphate fertilizers in European countries; Science. Total. Environt. 390: 53–57.
- Ortas, I. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. Spanish Journal of Agricultural Research 2010, 8(S1) 116-122.
- Rai, V., S. Khatoon, S. S. Bisht and S. Mehrotra. 2005. Effect of cadmium on growth, ultramorphology of leaf andsecondary metabolits of phylanthus amarus schum and thonn. Biochem. 61(11): 1644-1650.
- Sanita di Toppi, L. and R. Gabbrielli. 1999. Response to cadmium in higher plants- review. Environmental andExperimental Plant Botany 41:105-130.
- Sayed, S. A. 1997. Effect of cadmium and kinetin on transpiration rate, stomatal opening and leaf relative watercontent in safflower plants. J. of Islamic Academy of Sciences 10(3): 73-80.
- Shah, F. R., N. Ahmad, K. R. Masood and D. M. Zahid. 2008. The influence of cadmium and chromium on thebiomass production of shisham (Dalbergia sissoo ROXB.) seedlings. Pak. J. Bot. 40(4): 1341-1348.
- Shanker, A. K., C. Cervantes, H. Loza-Tavera and S. Avudainayagam. 2005. Chromium toxicity in plants. Environ. Int. 31: 63-68.
- Sheoran, I., H. Singal and R. Singh, 1990. Effect of cadmium and nickel on photosynthesis and the enzymes of thephotosynthetic carbon reduction cycle in pigeon pea (Cajanus cajan L.). Photosynthesis Research 23: 345–351.
- Vassilev, A. 2003. Barley seedlings as bio-indicators for water contamination by cadmium, J. of EnvironmentalProtection and Ecology 4(2): 354-360.

- Weissenhorn, I., Leyval, C., Belgy, G., and Berthelin, J. 1995. Arbuscular mycorrhizal contribution to heavy metal uptake by maize (Zea mays L.) in potculture with contaminated soil. Mycorrhiza, 5: 245-252.
- Whitfield, L, A J, Richards D, L. Rimmer. 2004**.** Relationships between soil heavy metal concentration and mycorrhizal colonisation in Thymus polytrichus in northern England. Mycorrhiza Journal; 14(1): 55-62.
- Xian, X. 1988. Response of kidney bean toconcentration and chemical form of cadmium, zinc, and lead inpolluted soils. Environmental Pollution. 57: 127-137.