نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۳
http://ejsms.gau.ac.ir

تأثیر ترکیب کودهای شیمیایی و زیستی بر میزان کادمیوم و پارامترهای رشدی گیاه دارویی شنبلیله در یک خاک آلوده به کادمیوم

منیر نظری[۱]، *سیف‌اله فلاح[۲]، شهرام کیانی[۳] و جلال جلیلیان[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد، [۲]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد،
[۳]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهرکرد، [۴]استادیار گروه زراعت، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/٦ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱

چکیده

گیاهان مهم‌ترین منبع ورود کادمیوم به زنجیره غذایی انسان هستند و این عنصر در رژیم غذایی ممکن است تهدیدی جدی برای سلامت انسان باشد. از این‌رو، تأثیر مایه تلقیح باکتری *ازتوباکتر* (*Azotobacter chroococcum*)، قارچ همزیست میکوریزا (*Glomus intraradices*) و سولفات روی بر غلظت کادمیوم و پارامترهای رشدی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum gracum* L.) در یک خاک آلوده به کادمیوم مورد ارزیابی قرار گرفت. این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. ۸ تیمار کودی شامل شاهد (مصرف نکردن کود)؛ اوره؛ اوره + سولفات روی؛ اوره + ازتوباکتر؛ اوره + میکوریزا؛ اوره + سولفات روی + ازتوباکتر؛ اوره + سولفات روی + میکوریزا؛ اوره + سولفات روی + میکوریزا+ ازتوباکتر بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن تر ساقه و وزن تر اندام هوایی با کاربرد ازتوباکتر + اوره حاصل شد ولی با تیمار میکوریزا + سولفات روی + اوره تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین غلظت کادمیوم (۰/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز در تیمارهای ازتوباکتر + اوره و سولفات روی + میکوریزا + اوره حاصل شد ($P\leq ۰/۰۵$). کاربرد هم‌زمان دو منبع بیولوژیک به همراه سولفات روی در مقایسه با تیمارهای فقط دارای کودهای شیمیایی از رشد رویشی مناسب و غلظت کادمیوم به‌نسبت پایینی برخوردار بود. به‌طورکلی کاربرد ازتوباکتر در تولید شنبلیله علاوه بر افزایش عملکرد می‌تواند در جلوگیری از انتقال کادمیوم به رژیم غذایی انسان نیز مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، زنجیره غذایی، فلز سنگین، محصول سالم، میکوریزا

* مسئول مکاتبه: falah1357@yahoo.com

مقدمه

در بین فلزات سنگین، کادمیوم به‌دلیل تحرک و پویایی زیاد در خاک و جذب توسط گیاه، دارای سمیت قابل‌توجه و نیمه‌عمر زیستی حدود ٢٠ سال می‌باشد و ورود آن به زنجیره غذایی ممکن است تهدیدی جدی برای سلامت انسان باشد (هال، ٢٠٠٢؛ جیل و همکاران، ٢٠١١). این عنصر نه تنها برای گیاه ضروری نیست بلکه هیچ‌گونه عملکرد بیولوژیک شناخته‌شده‌ای هم ندارد (کلمنس، ٢٠٠١؛ موسکار، ٢٠٠٧) و حتی در غلظت‌های خیلی‌کم برای سلول‌های گیاهی سمی می‌باشد. این عنصر در غلظت‌های بیش‌تر از ١٠-٥ میکروگرم بر گرم ماده خشک گیاه برای بسیاری از گیاهان سمی می‌باشد (وایت و برون، ٢٠١٠). عنصر کادمیوم برای کلروپلاست و میتوکندری بسیار سمی بوده و باعث کاهش رشد گیاه از طریق کاهش شدت فتوسنتز و افزایش تنفس نوری می‌گردد (لمریوکس و چنی، ١٩٧٨).

استفاده طولانی‌مدت و بیش از حد کودهای فسفاته در زمین‌های کشاورزی همراه با کاربرد مکرر علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها (سولیتو و همکاران، ٢٠١٠) و همچنین استفاده از فاضلاب در منطق مختلف برای آبیاری مزارع و نشت‌های کارخانه‌ها باعث آلوده شدن زمین‌های زراعی با کادمیوم شده است (جهادی‌خانکی و اسلامی، ٢٠٠٧) و این آلودگی از طریق گیاهان که مهم‌ترین منبع ورود کادمیوم به زنجیره غذایی انسان هستند می‌تواند بر سلامت جامعه تأثیر زیادی داشته باشد (ساتاریوگ و همکارن، ٢٠٠٢). طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی مقدار مجاز کادمیوم در رژیم غذایی هفتگی انسان ٧ میکروگرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن و حداکثر مقدار مجاز این عنصر در رژیم غذایی روزانه انسان ٠/١ میلی‌گرم در لیتر است. همچنین این سازمان حد مجاز کادمیوم برای حیوانات را ٢٠-١٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است (آنونیم، ١٩٩٢؛ کاباتا و پن دیاس، ٢٠٠١). گزارش شده است که اسفناج، سویا، شاهی، کاهو، ذرت، هویج، شلغم، لوبیا، گندم، تربچه، گوجه‌فرنگی، کدو، کلم و برنج به‌ترتیب حساس‌ترین گیاهان به سمیت کادمیوم می‌باشند (داویس و کالتون- اسمیت، ١٩٨٠).

امروزه مصرف بیش‌تر گیاهان دارویی به شکل‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته و مصرف آن‌ها به‌شدت در حال افزایش است (ارنست، ٢٠٠٢). شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) گیاهی علفی یک‌ساله متعلق به خانواده لگوم‌ها و یکی از این گیاهان دارویی ارزشمند است که دانه و قسمت‌های هوایی آن قرن‌ها به‌عنوان منبع ارزشمندی از پروتئین در تغذیه انسان و دام و در طب سنتی برای درمان سل مورد مصرف بوده است. اثرات درمانی زیادی از جمله اثر ضددرد، ضدالتهاب،

ضدنفخ، ضدسرطان، پایین‌آورنده قند خون، افزایش‌دهنده میل جنسی، قابض، مقوی قلب، صفرا آور، ملین، خلط‌آور، کاهش‌دهنده کلسترول خون، کاهش‌دهنده چربی خون، کاهش‌دهنده پرفشاری خون، کاهش‌دهنده تری‌گلیسرید خون، شیرافزایی، مسهل، مقوی رحم از این گیاه گزارش شده است (آلتوتنس و همکاران، ۲۰۰۵؛ ماندگاری و همکاران، ۲۰۱۲).

متأسفانه در اذهان عمومی و گاهی حتی افراد آشنا با گیاهان این باور وجود دارد که گیاهان دارویی به صرف طبیعی بودن عاری از هر گونه عوارض جانبی هستند (دی‌سمت و همکاران، ۱۹۹۲). این در حالی است که جذب بیش از حد کادمیوم توسط گیاهان دارویی که بیش‌تر به‌صورت مستقیم مورد استفاده انسان قرار می‌گیرند از نظر مخاطرات سلامتی برای انسان اهمیت به‌سزایی دارد (هایون و همکاران، ۱۹۹۸). زیرا کادمیوم در بدن انسان باعث تخریب کلیه‌ها و بافت‌های کبد و سرطان‌زایی می‌شود (سرمدی و همکاران، ۲۰۱۱).

مصرف بخش‌های رویشی گیاه شنبلیله در رژیم غذایی مردم کشور رایج می‌باشد. این در حالی است که تولید این محصول در شرایط خاک‌های کشور که سطوح بالایی از آلودگی کادمیوم در آن‌ها گزارش شده است (یارقلی و همکاران، ۲۰۰۹)، انجام می‌گیرد و از طرفی، کادمیوم موجود در خاک می‌تواند توسط گیاه جذب و علاوه بر ریشه در برگ‌ها نیز تجمع یابد (داویس و کالتون- اسمیت، ۱۹۸۰؛ لارسون و همکاران، ۱۹۹۸). بنابراین بررسی واکنش رشد گیاه شنبلیله و میزان کادمیوم آن در چنین شرایطی بسیار ضروری می‌باشد. از این‌رو، در این مطالعه اثر ترکیب کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر میزان کادمیوم و پارامترهای رشدی گیاه دارویی شنبلیله در یک خاک آلوده به کادمیوم مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام گردید. ۸ تیمار کودی شامل شاهد (مصرف نکردن کود)؛ اوره؛ اوره + سولفات روی؛ اوره + ازتوباکتر؛ اوره + میکوریزا؛ اوره + سولفات روی + ازتوباکتر؛ اوره + سولفات روی + میکوریزا؛ اوره + سولفات روی+ میکوریزا+ ازتوباکتر بودند. قبل از انجام آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایشگاه تعیین شد (جدول ۱).

جدول ١- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده.

بافت	قابلیت هدایت الکتریکی	اسیدیته	نیتروژن کل	فسفر قابل دسترس	پتاسیم قابل دسترس	روی قابل دسترس	کادمیوم قابل دسترس
-	دسی‌زیمنس بر متر	-	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم			
لوم رسی	٠/٦٤٦	٨/١٥	٠/٠٥٩	٦/٣	٣١٨	٠/٤٨	٠/٧٣

١٠ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک گلدان به‌عنوان غلظت نهایی کادمیوم در نظر گرفته شد. برای این منظور با توجه به موجودی خاک (جدول ١)، تیمار کادمیوم به‌میزان ٢٧/٩ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید کادمیوم ($CdCl_2.H_2O$) از طریق اسپری کردن به‌طور کامل با خاک هر گلدان مخلوط گردید.

در تیمارهای دارای اوره، با توجه به نتایج آزمون خاک ٣٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع اوره به‌صورت پیش‌کاشت و سرک یکنواخت به خاک اضافه شد. در تیمارهای دارای سولفات روی، با هدف امکان کاهش انتقال کادمیوم خاک به گیاه مقدار ١٥ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک از منبع سولفات روی به‌صورت پیش‌کاشت یکنواخت با خاک مخلوط و اضافه شد. قارچ میکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*) و باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* (*Azotobacter chroococcum*) مورد استفاده به‌ترتیب از شرکت زیست فناوران توران و شرکت مهر آسیا تهیه شدند. برای تلقیح بذرها ابتدا مایه تلقیح باکتری (با میزان 10^8 تعداد سلول زنده در هر میلی‌لیتر)، تهیه نموده سپس در شرایط سایه این مایه تلقیح به بذرها اضافه و به خوبی مخلوط شد. سپس بذرها درون پاکت‌های کاغذی جداگانه منتقل شد و برای خشک شدن به‌مدت ٢ ساعت در همان محل (سایه) قرار گرفتند (رضوانی‌مقدم و مرادی، ٢٠١٢). در تیمارهای دارای میکوریزا، مقدار ١٥٠-١٠٠ گرم مایه تلقیح از قارچ مورد نظر به هر گلدان اضافه و سپس با خاک سطحی مخلوط گردید.

در نیمه اردیبهشت بذرهای شنبلیله با تراکم بالا (٥٠ بذر در گلدان) در عمق ٥-٣ کشت شدند و سپس در مرحله ٦-٤ برگی به ٤٠ بوته در گلدان کاهش یافتند. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ٤-٣ روز یک‌بار تا آخر دوره رشد انجام شد. آفت و بیماری خاصی در طول دوره رشد مشاهده نشد. ٢ ماه پس از کاشت که هم‌زمان با مرحله برداشت گیاه شنبلیله برای

مصارف سبزی (اوایل گلدهی) تمام گیاهان موجود در گلدان‌ها برداشت شد و سپس میانگین ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، وزن تر اندام‌های هوایی، غلظت روی و غلظت کادمیوم اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت روی و کادمیوم در اندام هوایی گیاه (امامی، ۱۹۹٦). غلظت روی و کادمیوم در عصاره تهیه شده توسط اسید کلریدریک ۲ نرمال به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل 932 plus GBC اندازه‌گیری گردید (امامی، ۱۹۹٦).

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS به‌صورت طرح کاملاً تصادفی انجام شد (سس، ۲۰۰٤). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. ضرایب همبستگی بین صفات نیز محاسبه گردید.

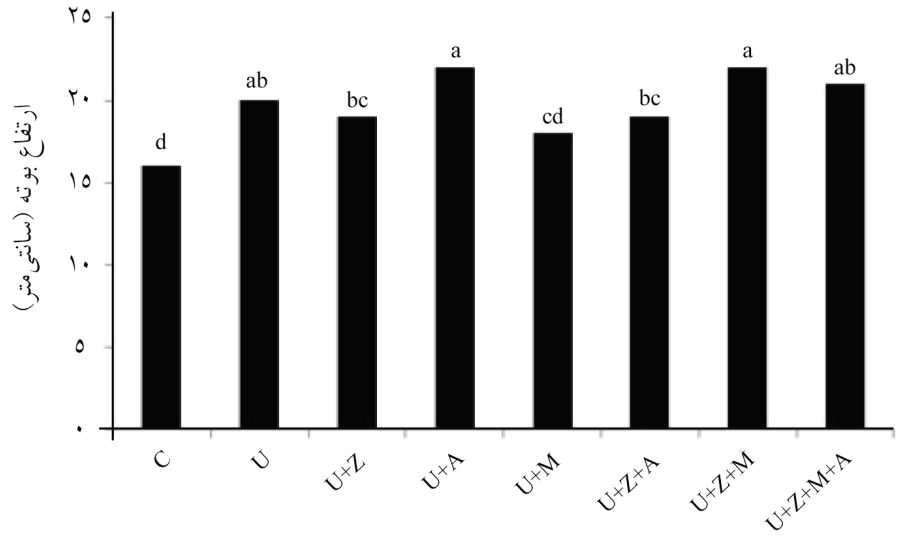
نتایج

ارتفاع بوته: همان‌طورکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود ارتفاع بوته در خاک‌های آلوده به کادمیوم بوته تحت‌تأثیر کوددهی قرار گرفت ($P\leq ۰/۰۵$). در تیمارهای کودی به استثنای اوره + میکوریزا ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد بیش‌تر بود و به‌طورکلی تیمار اوره جداگانه و یا تیمارهای دارای ازتوباکتر برتری معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشتند (شکل ۱).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر ارتفاع بوته، وزن تر برگ و وزن تر ساقه گیاه شنبلیله.

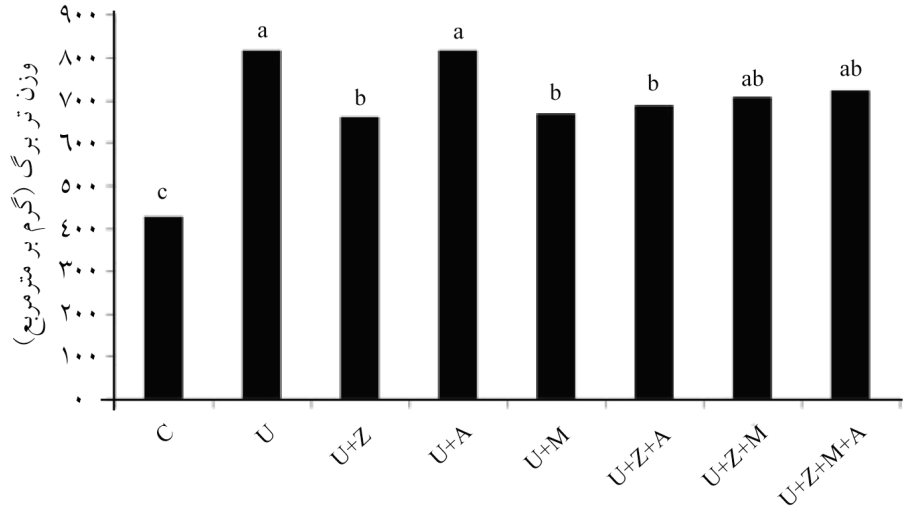
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن تر برگ	وزن تر ساقه
کوددهی	۷	۱۸**	٤٤۱٥٦**	۳٥۲٦۸*
خطای آزمایشی	۱٦	۲	٥٥٦۲	۱۱۰۱۹
ضریب تغییرات (درصد)		۷	۱۰	۲۰

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار براساس آزمون LSD.



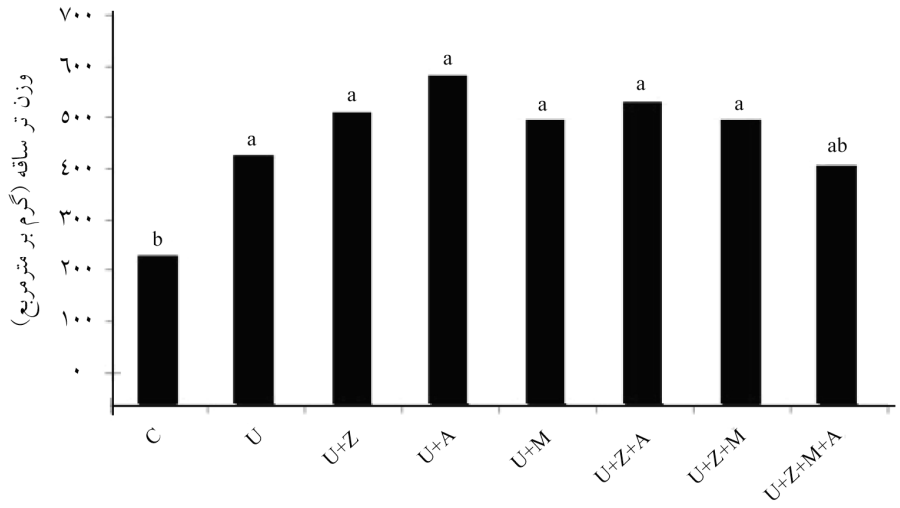
شکل ١- اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر ارتفاع بوته شنبلیله. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشند. C، U، Z، A و M به‌ترتیب نشان‌دهنده مصرف نکردن کود، کود اوره، کود سولفات روی، ازتوباکتر و میکوریزا.

وزن تر برگ: اثر کوددهی در شرایط وجود کادمیوم بر وزن تر برگ در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٢). همان‌طورکه در شکل ٢ نیز مشاهده می‌شود اضافه نمودن کود به خاک توانست وزن تر برگ را به‌طور معنی‌دار تحت‌تأثیر قرار دهد. بیش‌ترین وزن تر برگ در شرایط کاربرد اوره و یا اوره به‌علاوه ازتوباکتر اوره به‌دست آمد ولی اختلاف معنی‌داری با تیمارهای اوره + سولفات روی + میکوریزا و اوره + سولفات روی + ازتوباکتر+ میکوریزا نداشتند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته با وزن تر برگ ($r=٠/٦٢^{**}$) نشان‌دهنده آن است که به‌طورکلی، با افزایش ارتفاع بوته به وزن تر برگ افزوده شده است.



شکل ۲- اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر وزن تر برگ شنبلیله. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند. C، U، Z، A و M به‌ترتیب نشان‌دهنده مصرف نکردن کود، کود اوره، کود سولفات روی، ازتوباکتر و میکوریزا.

وزن تر ساقه: در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که در خاک‌های آلوده به کادمیوم وزن تر ساقه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر کوددهی قرار گرفت (جدول ۳). هر چند که وزن تر ساقه در شرایط اضافه کردن کود به خاک نسبت به شاهد برتری معنی‌داری داشت ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین کودهای مختلف مشاهده نشد (شکل ۳). همبستگی وزن تر ساقه با ارتفاع بوته و وزن تر برگ به‌ترتیب *۰/٤٥ و *۰/۵۱ بود. در ظاهر فراهمی شرایط برای افزایش ارتفاع بوته در افزایش وزن تر ساقه نیز مؤثر بوده است.



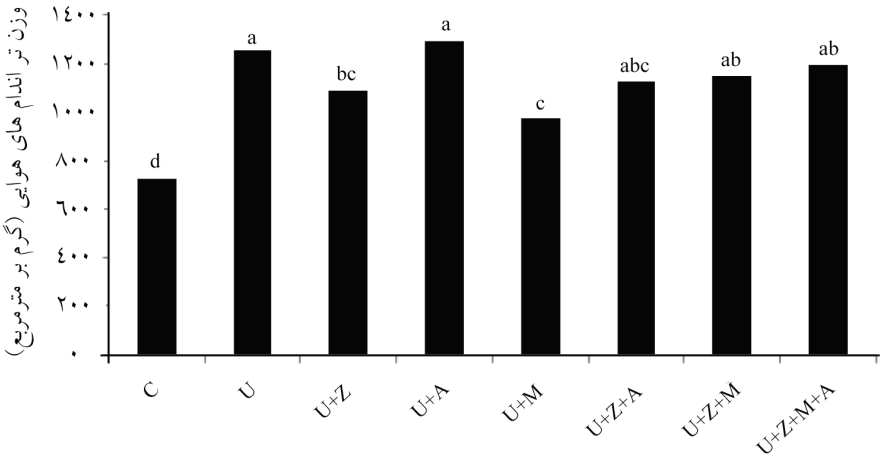
شکل ٣- اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر وزن تر ساقه شنبلیله. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشند. C، U، Z، A و M به‌ترتیب نشان‌دهنده مصرف نکردن کود، کود اوره، کود سولفات روی، ازتوباکتر و میکوریزا.

وزن تر اندام‌های هوایی: نتایج جدول ٣ بیانگر آن است که وزن تر اندام هوایی در خاک آلوده به کادمیوم تحت‌تأثیر کوددهی قرار گرفت ($P\leq$٠/٠١). اضافه کردن هر نوع کودی به‌صورت جداگانه و یا تلفیقی موجب افزایش معنی‌دار وزن تر اندام هوایی گردید و در بین تیمارهای کود میزان اثربخشی اوره + سولفات روی و اوره + میکوریزا کم‌تر از سایر کودها بود (شکل ٤). کاهش معنی‌دار وزن تر اندام هوایی در این دو تیمار به‌طور عمده به‌دلیل کاهش وزن تر برگ آن‌ها بوده است (شکل ٢). بین وزن تر اندام هوایی با ارتفاع بوته (r=٠/٧**)، وزن تر برگ (r=٠/٩٢**) و وزن تر ساقه (r=٠/٤٣*) همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. این نوع همبستگی‌ها می‌تواند ناشی از تأثیر مستقیم و زیاد افزایش ارتفاع بوته و برگ‌های تشکیل شده در این گیاه بر وزن تر اندام‌های هوای آن باشد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر وزن تر اندام هوایی و غلظت روی و کادمیوم آن در یک خاک آلوده به کادمیوم.

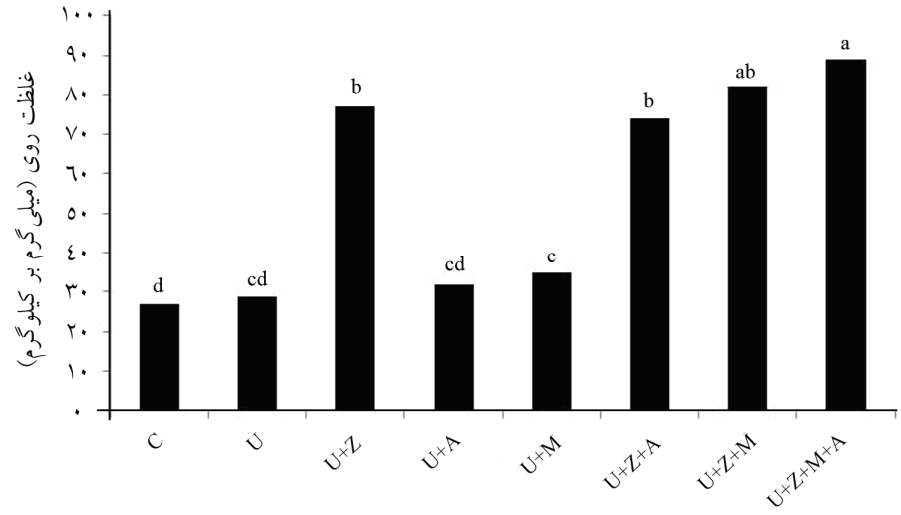
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	غلظت روی	غلظت کادمیوم
کوددهی	۷	۹۸۷٤۸**	۲۱۹٤**	۰/۰۰۰٤۸*
خطای آزمایشی	۱٦	۹۰٤۷	۱۹	۰/۰۰۰۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۸	۷	۱۱

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار براساس آزمون LSD.



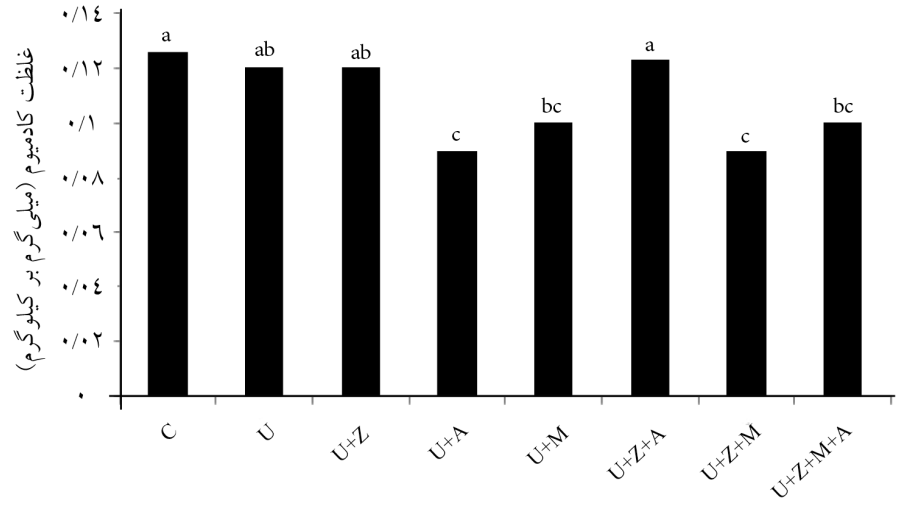
شکل ٤- اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر وزن تر اندام‌های هوایی شنبلیله. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند. C، U، Z، A و M به‌ترتیب نشان‌دهنده مصرف نکردن کود، کود اوره، کود سولفات روی، ازتوباکتر و میکوریزا.

غلظت روی: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس غلظت روی در اندام هوایی شنبلیله بیانگر اختلاف معنی‌داری تیمارهای مختلف در سطح احتمال ۱ درصد بود (جدول ۳). کاربرد سولفات روی به همراه اوره و یا کودهای بیولوژیک باعث افزایش معنی‌دار غلظت روی نسبت به شاهد شده است ($P\leq$۰/۰۵). این میزان افزایش در تیمارهای دارای میکوریزا + سولفات روی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از شرایط حضور نداشتن میکوریزا بود (شکل ۵). مشاهده میانگین‌ها در شکل ۵ بیانگر آن است که ازتوباکتر نقش چندانی بر غلظت روی گیاه نداشته است. بین غلظت روی و همه صفت‌ها به استثنای غلظت کادمیوم (r= -۰/۱۸) همبستگی مثبت وجود داشت که معنی‌دار نبودند.



شکل ٥- اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر غلظت روی اندام‌های هوایی شنبلیله. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشند. C، U، Z، A و M به‌ترتیب نشان‌دهنده مصرف نکردن کود، کود اوره، کود سولفات روی، ازتوباکتر و میکوریزا.

غلظت کادمیوم: اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر غلظت کادمیوم در سطح احتمال ٥ درصد معنی‌دار شد (جدول ٣). همان‌طورکه در شکل ٦ مشاهده می‌شود غلظت کادمیوم در اندام هوایی شنبلیله در شرایط استفاده از کود اوره و یا اوره به‌علاوه سولفات روی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند. این در حالی است که کاربرد ازتوباکتر به همراه اوره به‌طور معنی‌داری غلظت کادمیوم اندام‌های هوایی را کاهش داد و این ترکیب کودی در حضور سولفات روی نتوانست غلظت کادمیوم را کاهش دهد. کاربرد میکوریزا به همراه سولفات روی غلظت کادمیوم اندام هوایی شنبلیه را مشابه ازتوباکتر به‌علاوه اوره کاهش داد ($P\leq$٠/٠٥). همبستگی منفی بین غلظت کادمیوم و ارتفاع بوته ($r=$ -٠/٤٨*) بیانگر این امر می‌باشد که تیمارهای دارای غلظت کادمیوم بیش‌تر احتمالاً به‌دلیل اثر سمیت این عنصر از رشد کم‌تری برخودار بوده‌اند، همچنین بین کادمیوم و وزن تر برگ ($r=$ -٠/٢٧)، وزن تر ساقه ($r=$ -٠/٠٩)، وزن تر اندام هوایی ($r=$ -٠/٢٤) و غلظت روی اندام هوایی ($r=$ -٠/١٨) همبستگی منفی وجود داشت که هیچ‌کدام معنی‌دار نبودند.



شکل ٦- اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر غلظت کادمیوم شنبلیله. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشند. C، U، Z، A و M به‌ترتیب نشان‌دهنده مصرف نکردن کود، کود اوره، کود سولفات روی، ازتوباکتر و میکوریزا.

بحث

رشد بخش‌های رویشی گیاه به عواملی که برای رشد سریع گیاه مناسب هستند، به‌خصوص عناصر غذایی وابسته است (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۲). با اعمال تیمارهای کودی شاخص‌های رشدی حتی در شرایط وجود کادمیوم به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافتند، دلیل این افزایش را می‌توان به منابع کودی مختلف به‌ویژه اوره و کودهای بیولوژیک نسبت داد (شکل‌های ۱ تا ٤). هر چند که وزن تر ساقه در بین تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری نداشت ولی بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته و وزن تر برگ‌ها در تیمارهای اوره، اوره + ازتوباکتر، اوره + ازتوباکتر + میکوریزا، اوره + ازتوباکتر + میکوریزا + سولفات روی مشاهده شد، بنابراین معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی نیز بیانگر است که افزایش ارتفاع بوته و رشد برگ موجب گردید که بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی نیز به‌طور عمده در تیمارهای نام‌برده در بالا به‌دست آید. به‌طور معمول باکتری‌های ازتوباکتر از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث افزایش رشد گیاه، می‌گردند (کارلتی، ۲۰۰۲). همچنین ازتوباکتر، از جمله باکتری هوازی میله‌ای شکل می‌باشد که در منطقه

ریزوسفر ریشه به وفور یافت می‌شود و یکی از نقش‌های اصلی آن تثبیت نیتروژن است. پژوهش‌های وسیعی که در زمینه تعیین سودمندی این باکتری‌ها انجام شده است نشان از این امر دارد که این باکتری‌ها می‌توانند تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت کنند (هاردی و اسمیت، ۲۰۰۰) ممکن است بخشی از افزایش رشد حاصله در نتیجه تثبیت نیتروژن باشد.

در شرایط وجود کادمیوم نیز حضور هم‌زمان باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا علاوه بر جذب بهتر عنصر فسفر از طریق تولید، ترشحات حل‌کننده و در نتیجه کاهش pH باعث افزایش جذب آهن موجب تقویت سیستم فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد برگ‌ها شده است (ملک‌زاده و همکاران، ۲۰۱۱). قارچ میکوریزا به‌وسیله افزایش جذب آب، مواد معدنی و تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین باعث افزایش بیوماس در گیاه می‌شود (سویفیت، ۲۰۰٤). همزیستی میکوریزایی سبب افزایش پتانسیل جذب ریشه می‌شود و جذب عناصر غذایی از جمله یون‌های فلزی مانند روی و آهن را به‌وسیله گیاه شده و در نتیجه باعث افزایش رشد گیاه می‌شود (کلیرونوموس، ۲۰۰۳). این در حالی است که در شرایط فراهمی روی احتمالاً بخش زیادی از توان این باکتری‌ها صرف جذب عنصر روی شده (رحیمی و همکاران، ۲۰۱۱)، بنابراین در این شرایط باکتری‌ها نتوانسته سمیت کادمیوم را کاهش دهند و در نتیجه کادمیوم رشد گیاه را کاهش داده است (سلطانی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج دیگر آزمایش‌ها بیانگر آن است که قارچ میکوریزا با ایجاد همزیستی با ریشه گیاهان باعث بهبود جذب مواد مغذی به‌خصوص عناصر کم‌تحرکی مانند فسفر، روی و مس می‌شود (اورتاس و همکاران، ۲۰۱۱؛ سایا و همکاران، ۲۰۱۲)، بنابراین این مکانیسم احتمالاً در تیمارهای دارای دو کود بیولوژیک در افزایش اجزای رویشی گیاه شنبلیله مؤثر بوده است.

بررسی روند غلظت روی در اندام‌های هوایی شنبلیله تحت تیمارهای مختلف کودی بیانگر آن است که غلظت‌های بالای عنصر روی تنها با کاربرد کود سولفات روی حاصل شده است و کودهای بیولوژیک در شرایط کاربرد روی میزان جذب این عنصر را افزایش داده‌اند (شکل ۵). کاربرد کودهای بیولوژیک سبب افزایش پتانسیل جذب ریشه می‌شود و جذب عناصر غذایی از جمله یون‌های فلزی مانند روی و آهن را به‌وسیله گیاه افزایش می‌دهد (ملک‌زاده و همکاران، ۲۰۱۱؛ کلیرونوموس، ۲۰۰۳). با توجه به این‌که غلظت روی در تیمار اوره + سولفات روی تفاوت معنی‌داری با اوره + ازتوباکتر + سولفات روی نداشت به‌نظر می‌رسد که ازتوباکتر بر میزان جذب روی مؤثر نبوده است (امیرآبادی و همکاران، ۲۰۱۱)، اما میکوریزا به‌ویژه در ترکیب با سولفات روی و یا ترکیب دو منبع بیولوژیک +

سولفات روی موجب افزایش میزان روی اندام‌های هوایی شده است. مشاهده نتایج غلظت کادمیوم در شکل ٦ بیانگر آن است که کاربرد هر یک از کودهای بیولوژیک به همراه اوره و یا ترکیب هر دو کود بیولوژیک با اوره + سولفات روی موجب کاهش معنی‌دار غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی شده است. باکتری‌ها برای رشد به مقادیر کمی از فلزات سمی احتیاج دارند (کانواس و همکاران، ۲۰۰۳) علاوه بر این برخی از آن‌ها پلیمرهای خارج سلولی نیز ترشح می‌کنند که تمایل زیادی برای اتصال به یون‌های فلزی از جمله کادمیوم دارند (جونگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ یتیس و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین ازتوباکترها با تولید اگزوپلی ساکاریدها سبب اتصال به کادمیوم شده و با نگهداری میزان قابل‌توجهی از این عنصر موجب کاهش جذب آن در گیاه شده است (دپنوسیس و پلنچت، ۲۰۰۳) اما در شرایط فراهمی روی در ظاهر به‌جای کادمیوم میزان قابل‌توجهی روی را در خود ذخیره نموده است (شکل ۵) و در نتیجه در کاهش غلظت کادمیوم اثری معنی‌دار نداشته است (شکل ٦).

نتیجه‌گیری

اگرچه کاربرد میکوریزا به همراه اوره و یا دیگر کودها در کاهش غلظت کادمیوم اندام‌های هوایی شنبلیله در خاک‌های آلوده به کادمیوم مؤثر بود ولی رشد مطلوب گیاه و پایین‌ترین غلظت کادمیوم در شرایط استفاده از ازتوباکتر به‌علاوه اوره حاصل شد. بنابراین کاربرد ازتوباکتر در تولید شنبلیله علاوه بر افزایش سلامت محصول و جامعه می‌تواند در جلوگیری از انتقال کادمیوم به زنجیره غذایی مؤثر باشد و از این طریق نقش مهمی در سلامت جامعه ایفا نماید.

سپاسگزاری

به این وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

1. Altuntas, E., Engin, O., Zgo, Z.E., and Taser, F. 2005. Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graceu*m L.) seeds. J. Food Eng. 71: 37-43.
2. Anonymous. 1992. Cadmium environmental aspects. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environ. Health Criteria 135). Available at: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc135.htm.

3.Carletti, S. 2002. Use of plant growth-promoting rhizobacteria in plant micropropagation. Available at: www.ag.AuburnEdu/argentina/pdfmanuscripts/carletti.Pdf.
4.Clemens, S. 2001. Molecular mechanisms of plant metal homeostasis and tolerance. Planta. 212: 475-486.
5.Davis, R.D., and Calton-Smith, C. 1980. Crops as Indicators of the significance of contamination of soil by heavy metals. WRC, Stevenage. TR 140.
6.De Smet, P.A.G., Hansel, R., and Chandler, R.F. 1992. Adverse effects of herbal. drugs, Heidelberg: Springer-Veriag. 1: 1-72.
7.Duponnois, R., and Plenchette, C. 2003. A mycorrhiza helper bacterium enhances extomycorrhizal and endomycorrhizal symbiosis of Australian *Acacia species*. Mycorrhiza. 13: 85-91.
8.Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. J. Tech. 982, published by Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran, 202p. (In Persian)
9.Ernst, E. 2002. Heavy metals in traditional Indian remedies. J. Clin. Pharmacol. 57: 12. 891-896.
10.Ghasemi, A., Tavakolo, R.D., and Zabihi, H.R. 2012. Effect of nitrogen, potassium and humic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. J. Agric. Plant Breed. 8: 1. 39-56. (In Persian)
11.Gill, S.S., Khana, N.A., and Tutejab, N. 2011. Cadmium at high dose perturbs growth, photosynthesis and nitrogen metabolism while at low dose it up regulates sulfur assimilation and antioxidant machinery in garden cress (*Lepidium sativum* L.). Plant Sci. 182: 112-120.
12.Gong, R., Ding, Y., Liu, H., Chen, Q., and Liu, Z. 2005. Lead biosorption and desorption by intact and pretreated *Spirulina maxima* biomass. Chemosphere. 58: 1. 125-130.
13.Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. J. Ann. Bot. 105: 1073-1080.
14.Hyan, H., Chang, A.C., Parker, D.R., and Page, A.L. 1998. Cadmium solubility and phytoavailablity in sludge treated soils effect of soil organic carbon. J. Environ. Qual. 27: 329-334.
15.Jahehed Khaniki, Gh., and Eslami, A. 2007. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Zanjanrood River Zanjan. J. Biol. Sci. 7: 943-948. (In Persian)
16.Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants (3rd Ed.), CRC Press, Boca Raton, FL.
17.Khasseh Sirjani, A.S., Refreshing, C., Ravari, S.A., Pasandi Pour, N., and Carami, A.S. 2012. Effect of biological fertilizer, zinc sulphate and nitrogen yield quality and quantity in wheat. J. Soil Sci. (Soil and Water). 25: 2. 126-35. (In Persian)

18. Laomreaux, J.R., and Chaneym, W. 1978. The effect of cadmium on net photosynthesis, transpiration, and dark respiration of excised silver maple leaves. Physiol. Plantarum. 43: 231-236.
19. Larsson, E.H., Bornman, F.J., and Asp, H. 1998. Influence of UV-B radiation and Cd^{2+} on chlorophyll fluorescence, growth and nutrient content in *Brassica napus*. J. Exp. Bot. 49: 1031-1039.
20. Malekzadeh, E., Alikhani, H.A., Savaghebi Firoozabadi, Gh.R., and Zarei, M. 2011. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and Cd-resistant PGPR in phytoremediation of cadmium. J. Water Soil. 25: 2. 266-274. (In Persian)
21. Mandegary, A., Pournamdari, M., Sharififar, F., Pournourmohammadi, Sh., Fardiar, R., and Shooli, S. 2012. Alkaloid and flavonoid rich fractions of fenugreek seeds (*Trigonella foenum-graecum* L.) with antinociceptive and anti-inflammatory effects. Food Chem. Toxicol. 50: 2503-2507.
22. 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. Delhi-110032.NC, USA.
23. Ortasa, I., Sari, N., Akpinara, C., and Yetisir, H. 2011. Screening mycorrhizae species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. Sci. Hortic. 128: 92-98.
24. Rahimi, L., Aliasgharzad, N., Oustan, S., and Farajzadeh, D. 2011. Effects of microbial siderophores produced by native Azotobacter chroococcum strains on micronutrients uptake by wheat plant. J. Soil Water Sci. 22: 2. 27-39. (In Persian)
25. Rezvani Moghadam, P., and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iran. J. Field Crop Sci. 43: 217-230. (In Persian)
26. Saia, S., Ruisi, P., García-Garrido, J.M., Benítez, E., Amato, G., and Giambalvo, D. 2012. Can arbuscular mycorrhizal fungi enhance plant nitrogen capture from organic matter added to soil? 17th Nitrogen Workshop. 26th to 29th June, Wexford, Ireland.
27. Sarmadi, M., Irani, M., and Bernard, F. 2011. The study of tolerance of cadmium and accumulation it in Licorice plantlets. Environ. Sci. 8: 3. 69-80. (In Persian)
28. SAS. 2004. JMP Statistical Discovery Software, Version 9. SAS Institute Inc., Cary.
29. Satarug, S., Baker, J.R., Reilly, P.E.B., Moore, M.R., and Williams, D.J. 2002. Cadmium levels in the lung, liver, kidney cortex and urine samples from Australians without occupational exposure to metals. Arch. Environ. Health. 57: 69-77.
30. Sollito, D., Romic, M., Castrignano, A., Romic, D., and Bakic, H. 2010. Assessing heavy metal contamination in soils of the Zagreb region (Northweast Croatia) using multivariate geostatistics. Catena. 80: 182-194.

31. Sultani Nejad, Sh., Emtiazi, G., and Sanaee Mokhtari., T. 2010. Heavy metals (lead and zinc) by bacterial extracellular polymers. J. Microbial. Biotechnol. 2: 7. 23-28. (In Persian)
32. White, P.J., and Brown, P.H. 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. Ann. Bot. 105: 1073-1080.
33. Yargholi, B., Abbasi, P., and Merit, A.S. 2009. Investigation of cadmium uptake in root region and accumulation in different parts of common summer crops in Iran. J. Agric. Eng. Res. 10: 2. 31-44. (In Persian)
34. Yetis, U., Dolek, A., Dilek, F., and Ozcengiz, G. 2000. The removal of Pb (II) by Phanerochaete chrysosporium. Water Res. 34: 16. 4090-4100.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 4(3), 2014
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effect of chemical and biological fertilizers combination on cadmium concentration and growth parameters of fenugreek medicinal plant in cadmium polluted soil

M. Nazari[1], *S. Fallah[2], Sh. Kiani[3] and J. Jalilian[4]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Agronomy, Shahrekord University, [2]Associate Prof., Dept. of Agronomy, Shahrekord University, [3]Assistant Prof., Dept. of Sciences and Soil Engineering, Shahrekord University, [4]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Urmia University

Received: 05/27/2013; Accepted: 12/22/2013

Abstract

Plants are the most sources for cadmium in human food and this element in food regime may be a serious threat to human health. Thus, the effect of *Azotobacter* inoculum (*Azotobacter chroococcum*), mycorrhiza fungi (*Glomus intraradaices*), zinc sulphate and urea on cadmium concentration and growth parameters of fenugreek medicinal plant (*Trigonella foenum gracum* L.) in cadmium polluted soils were evaluated. This experiment was conducted in randomized complete block design with three replications at the research greenhouse of Shahrekord University. Eight fertilizer treatments included control (without fertilizer), urea, urea + zinc sulfate, urea + *Azotobacter*, urea + mycorrhiza, urea + zinc sulfate + *Azotobacter*, urea + zinc sulfate + mycorrhiza, urea + zinc sulfate + mycorrhiza + Azotobacter. The results indicated that the highest plant height, leaf fresh weight and shoot fresh weight of the aboveground of fenugreek were obtained in urea + *Azotobacter* but it didn't have a significant difference with that of the urea + zinc sulfate + mycorrhiza. Also, the lowest cadmium concentration (0.09 mg/kg) was produced in urea+ *Azotobacter* and urea + zinc sulfate + mycorrhiza ($P \leq 0.05$). Application of two biofertilizers sources plus zinc sulfate compared to chemical fertilizer treatments had appropriate vegetative growth and fairly cadmium concentration. In conclusion, *Azotobacter* application for fenugreek production in addition to increase in yield, can be effective in preventing cadmium transmission in human food regime.

Keywords: *Azotobacter*, Food chain, Heavy metal, Safe crop, Mycorrhiza

* Corresponding Authors; Email: falah1357@yahoo.com