

به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶

صفحه‌های ۲۲۹-۲۴۱

اثر روی و کادمیم بر جذب آهن و مس و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشدی در شبدر برسیم

طیبه عادل^{۱*}، سیدعاطاله سیادت^۲، سیروس جعفری^۳، احمد کوچک زاده^۴

۱. دانش آموخته ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملائانی، ایران.
۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملائانی، ایران.
۳. دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملائانی، ایران.
۴. استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملائانی، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۰۷

چکیده

به منظور ارزیابی کارایی مصرف روی و کادمیم بر جذب عناصر ریزمغذی در شبدر برسیم، طرحی در قالب آزمایش فاکتوریل برپایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار که در هر تیمار چهار سطح کادمیم ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و چهار سطح روی ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به صورت آزمایشی گلدانی در سال زراعی ۹۱-۹۲ در گل‌خانه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ملائانی در ۴۰ کیلومتری شمال اهواز انجام شد. رقم، کارمل، برای کشت در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مصرف کادمیم بر شاخص سطح برگ و درصد ماده خشک اثر معنی‌داری داشته و موجب کاهش میزان همه این صفات گردیده است. همچنین بر غلظت عناصر روی و آهن و مس نیز موثر بوده و مقدار این عناصر را تقلیل داده است. با کاربرد کادمیم به تنهایی مقدار آهن در اندام هوایی گیاه به اندازه ۲۲/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش نشان داد و در مورد مس نیز به مقدار ۴/۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش نشان داد. کاربرد روی بر شاخص سطح برگ، درصد ماده خشک اثر معنی‌داری داشت و این مقادیر را بالا برد ولی بر میزان غلظت عناصر آهن و مس اثر کاهشی داشت. هنگامیکه روی به تنهایی استعمال گردید مقدار آهن در اندام هوایی گیاه به مقدار ۱۴/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافت و مقدار مس نیز در بخش هوایی گیاه به اندازه ۳/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافت..

کلیدواژه‌ها: آلودگی، عناصر ریزمغذی، عناصر سنگین، غلظت، گیاه‌علافه‌ای

۱. مقدمه

علوفه و مواد غذایی مختلفی که دام مصرف می‌کند، بخشی از چرخه غذایی بشر محسوب می‌گردد. در سالیان اخیر آلودگی مراتع به عناصر سمی سنگین باعث بروز مشکلاتی برای بشر شده است. در بین گیاهان علوفه‌ای، گیاهان خانواده‌ی بقولات از اهمیت بیشتری برخوردارند [۱۶].

تجمع فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی بر روی کیفیت مواد غذایی اثر می‌گذارند. کادمیم (Cd) اضافه شده در اراضی کشاورزی در نتیجه لجن فاضلاب تا حدود ۱۰۰۰ سال می‌تواند در سطح خاک باقی بماند [۱۰]. کادمیم از فلزات سنگینی است که باعث آلودگی منابع آب و خاک می‌شود [۱۲]. آثار سمی این عنصر در انسان، از مصرف مکرر گیاهانی که حاوی بیش از سه میلی‌گرم در کیلوگرم هستند بروز می‌کند [۶].

پایین بودن عناصر ریزمغذی در گیاهان را به عوامل مختلفی از جمله حضور فلزات سنگین مانند کادمیم نسبت داده‌اند. کادمیم اگرچه برای رشد گیاه ضروری نیست، اما این فلز به راحتی از طریق پوست ریشه جذب شده و سپس باعث آسیب به قسمت‌های مختلف گیاهان می‌شود [۱۵]. کاهش طول اندام هوایی و کاهش اندازه برگ و کاهش بیومس گیاهان اولین نشانه‌های آلودگی به کادمیم است. توسعه سریع کلروز و ایجاد نقاط قهوه‌ای بویژه در پایه برگ‌های پیر و قهوه‌ای شدن ریشه‌ها از نشانه‌های قابل مشاهده در گیاهان در معرض کادمیم است [۱۱].

شرایط حاکم بر خاک‌های ایران از جمله آهنکی بودن، pH بالا و همچنین مصرف بی‌رویه و زیاده از حد کودهای فسفره موجب کاهش روی در خاک‌ها شده است. در خاک‌های شور آنیون‌های کلر، سولفات و بی‌کربنات مانع از تحرک و قابلیت دسترسی روی، آهن و مس در گیاه می‌شود [۸]. استان خوزستان نیز به دلیل داشتن خاکی شور، مستعد این امر می‌باشد و تحرک عناصر غذایی مورد نیاز از

جمله آهن و مس در آن با مشکل روبه‌رو است که این باعث کاهش قابلیت جذب توسط گیاه می‌گردد. از آنجایی که تأثیر آلاینده‌ها بر شکل و تجمع این ترکیبات در گیاهان علوفه‌ای به عنوان تأمین‌کننده‌ی بخشی از غذای انسان کم‌تر مطالعه شده است، لذا این تحقیق می‌تواند برای تعیین نسبت تجمع آلاینده‌ها در نسوج گیاه علوفه‌ای بعنوان بخشی از زنجیره‌ی غذایی بشر در خاک‌های آهنکی مورد استفاده قرار گیرد. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر روی و کادمیم بر جذب عناصر آهن و مس در گیاه شبدر برسیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلدانی در سال زراعی ۹۲-۹۱ در گل‌خانه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ملاثنانی در ۴۰ کیلومتری شمال اهواز انجام شد. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه با ارتفاع ۲۵ متر از سطح دریا واقع شده است و دارای آب و هوای گرمسیری، خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

طرح در قالب آزمایش فاکتوریل برپایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش کادمیم در ۴ سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع کلرید کادمیم و روی نیز در ۴ سطح ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سولفات روی استفاده شد. مبنای انتخاب تیمارها با توجه به بررسی و تحقیقات محققین قبلی بود.

تاریخ کاشت ۱۲ آبان ماه ۱۳۹۱ بود و همزمان با کاشت عناصر کادمیم و روی به خاک گلدانها اضافه شد. گلدانهای پلاستیکی با ۵ کیلوگرم خاک زراعی با ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر با خاک پر شدند. تراکم مورد نظر در هر گلدان ۵ بوته در واحد سطح گلدان بود. رقم

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر تیمارهای معنی‌دار مشاهده گردید و مقایسه میانگین انجام شد. نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف تیماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. با توجه به شکل (۱) بالاترین میانگین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی با میانگین ۱/۸۹ و پایین‌ترین میانگین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۱/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است، یعنی بین سطوح ۱۰۰ و ۵۰ اختلاف وجود نداشت ولی بین سطح ۱۰۰ با سطوح ۲۵ و صفر (شاهد) اختلاف وجود داشت.

بذر مورد استفاده، کارمل، بود که دارای خلوص فیزیکی ۹۸ درصد و قوه‌ی نامیه‌ی ۸۵ درصد می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون خاک به شرح زیر بود (جدول ۱). برداشت بصورت دستی و همراه با ریشه در ۲۲ اسفند ماه ۱۳۹۱ انجام گرفت. سپس نمونه‌ها در آون خشک شده و اندازه‌گیری صفات انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی کم‌مصرف از روش سوزاندن خشک (Dry ash) و حل کردن با HCL استفاده شد. پس از تهیه عصاره، عناصر آهن، مس و روی با روش جذب اتمی شعله‌ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Carl Ziess Yena Gensis 5FL (ساخت آلمان) اندازه‌گیری گردید. نتایج با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) تجزیه و تحلیل گردید و با استفاده از آزمون دانکن با همدیگر مقایسه شدند.

جدول (۱) - نتایج حاصل از آزمون خاک

عمق خاک (cm)	روی (mg/kg)	کادمیم (mg/kg)	آهن (mg/kg)	مس (mg/kg)	ضریب هدایت الکتریکی (ds/m)	pH
۳۰-۰	۰/۲	۱/۴۵	۰/۳۳	۰/۰۲۵	۱/۹	۷/۶

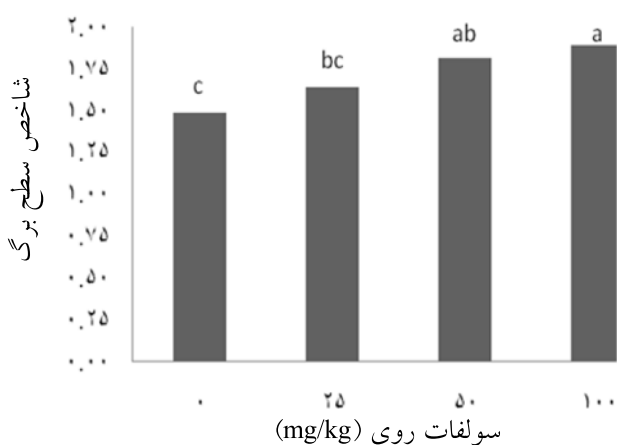
جدول (۲) - تجزیه واریانس شاخص سطح برگ و درصد ماده خشک

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	درصد ماده خشک
تکرار	۳	۰/۰۲	۲/۱۱
روی	۳	۰/۵۳**	۱۳/۹۱**
کادمیم	۳	۰/۴۵**	۶/۸۱*
روی × کادمیم	۹	۰/۳۷**	۲/۸۶
خطا	۴۵	۰/۰۶	۱/۸۶
ضریب تغییرات (%)		۱۴/۶	۶

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

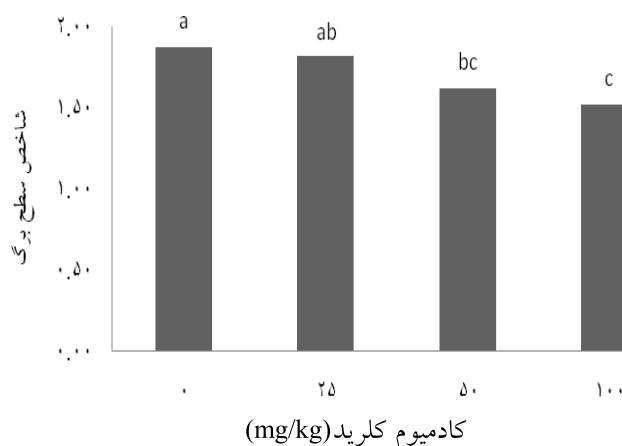
اثر کادمیم بر شاخص سطح برگ نیز معنی‌دار بود. حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است، یعنی بین سطوح صفر و ۲۵ اختلاف وجود نداشت ولی بین سطح شاهد با سطوح ۵۰ و ۱۰۰ اختلاف وجود داشت. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها می‌توان نتیجه گرفت که سطوح مختلف کادمیم بر اندازه‌ی این صفت تأثیر معنی‌داری را داشته است (شکل ۲).

با افزایش مصرف روی شاخص سطح برگ بالا رفت، علت این امر نقش روی در افزایش رشد گیاه و افزایش فتوسنتز در گیاه می‌باشد. گیاهانی که کمبود روی دارند با کمبود تریپتوفان و IAA مواجه می‌شوند و در نتیجه برگ‌های آن‌ها کوچک می‌شود. [۲۷]. در آزمایشی کوچک ماندن سطح برگ سویا را ناشی از کمبود روی اعلام کردند [۱۹]. در آزمایش دیگر نیز تأثیر روی را که باعث افزایش سطح برگ شد، نشان دادند [۵].



شکل (۱) - اثر سطوح مختلف روی بر شاخص سطح برگ

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد احتمال)



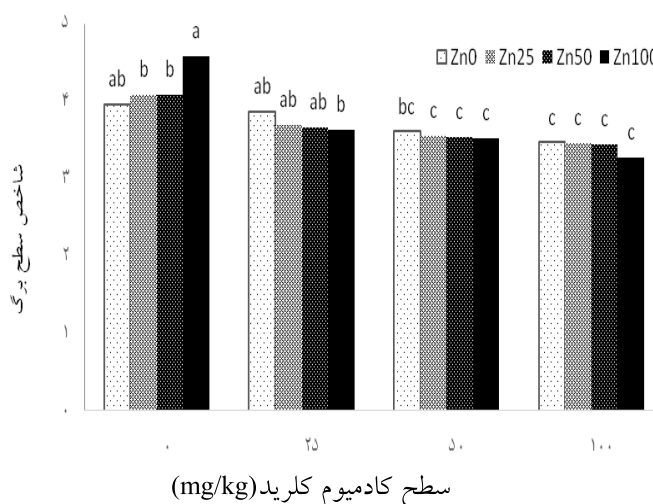
شکل (۲) - اثر سطوح مختلف کادمیم بر شاخص سطح برگ

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد احتمال)

واثر متقابل برای شاخص سطح برگ معنی‌دار بود یعنی اعمال سطوح تیماری مختلف بر این صفت فیزیولوژیکی تأثیرگذار بوده‌است. با توجه به شکل (۳) بالاترین میانگین مربوط به تیمار صفر از کادمیم و تیمار سطح ۱۰۰ روی با میانگین ۴/۵۸ بود و کمترین مقدار مربوط به تیمار سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم روی و سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم بود. حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. اختلال در جذب عناصر ضروری توسط گیاه بدلیل تقابل کادمیم و روی با هم نهایتاً بر روی این پارامتر فیزیولوژیکی تأثیر منفی می‌گذارد [۲۱].

نتایج نشان می‌دهد که بالاترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار صفر از کادمیم با میانگین ۱/۸۸ و کمترین مقدار مربوط به تیمار سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم بود که میانگین ۱/۵۲ را داشت. در آزمایشی بر روی ذرت کاهش سطح برگ ذرت را نتیجه‌ی کاهش تعداد گرانا و تیلاکوئید دانستند [۱۸]. کاربرد کادمیم باعث کاهش سطح برگ می‌گردد و میزان کلروفیل را کاهش می‌دهد که این به نوبه‌ی خود باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد [۱].

اثر متقابل سطوح روی و کادمیم بر شاخص سطح برگ



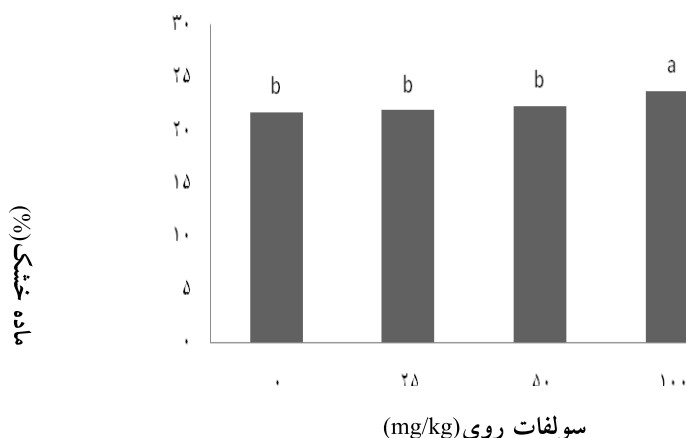
شکل (۳) - اثر متقابل سطوح روی و کادمیم بر شاخص سطح برگ

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد احتمال)

ساختمان برگ دارد موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه سبب افزایش ماده خشک می‌گردد. نتایج این آزمایش با آزمایشی که بر روی شبدر؛ آزمایش بر روی سویا و آزمایش بر روی هویج انجام شد، مطابقت نداشت. تفاوت در شرایط آزمایش، نوع گیاه و غلظت‌های بکار رفته از سطوح تیماری متفاوت از آزمایش حاضر می‌تواند دلیل عدم تطابق باشد [۱۳، ۲۳ و ۲۴].

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها تفاوت معنی‌داری را بین سطوح تیماری نشان داد. با توجه به شکل (۴) مشاهده می‌شود که بالاترین درصد ماده خشک مربوط به تیمار سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم با میانگین ۲۳/۷۹ درصد و کمترین مربوط به تیمار صفر روی با میانگین ۲۱/۷۵ درصد بود. حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. روی با افزایش فتوسنتز با توجه به نقشی که در

طیبه عادلی و همکاران

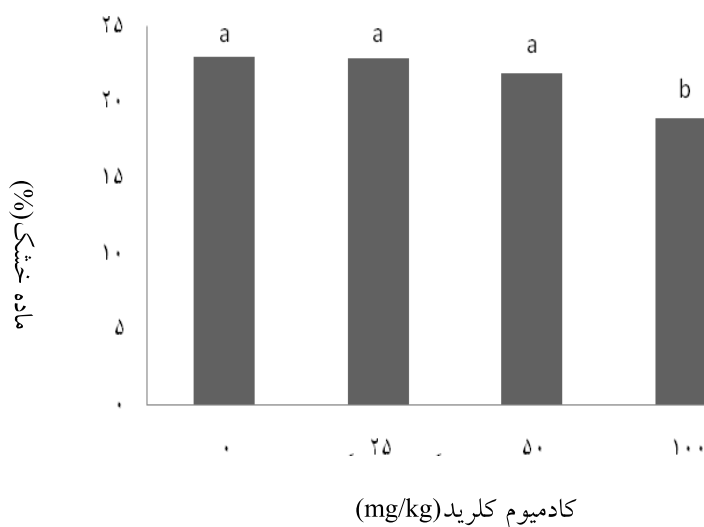


شکل (۴) - اثر سطوح روی بر درصد ماده خشک

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد احتمال)

حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. کادمیم باعث کاهش بیوماس می‌گردد و کاهش طول اندام هوایی گیاه و اندازه برگ را موجب می‌شود که نهایتاً منجر به کاهش درصد ماده خشک می‌گردد. نتایج این آزمایش با نتایج حاصل از آزمایشاتی که توسط بعضی محققین انجام گرفته‌است، مطابقت دارد. [۲۳، ۲۴].

با توجه به شکل (۵) مقایسه میانگین‌ها تفاوت معنی‌داری را بین سطوح تیماری می‌توان مشاهده کرد. نتایج نشان می‌دهد که بالاترین مقدار مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۲۳/۰۴ درصد و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم با میانگین ۲۱/۸۱ درصد است که این نشان دهنده‌ی این است که با افزایش مقدار کادمیم از میزان درصد ماده خشک گیاه کاسته شده‌است.



شکل (۵) - اثر سطوح کادمیم بر درصد ماده خشک

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد احتمال)

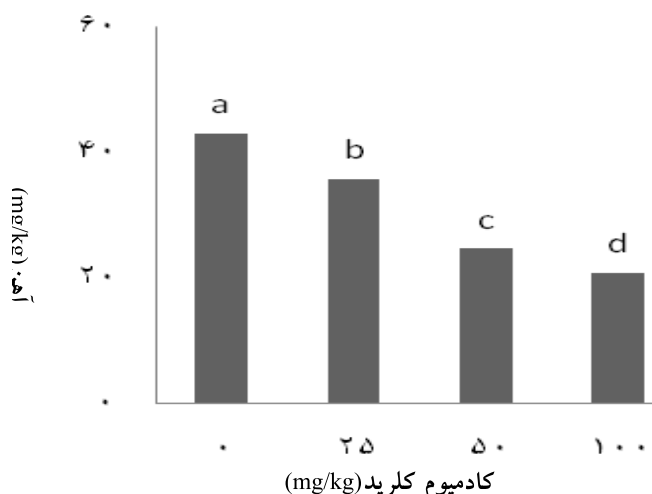
به زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶

جدول (۳) - تجزیه واریانس حاصل از میزان آهن و مس گیاه

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
مس برگ	آهن برگ		
۰/۸۱	۴/۱۸	۳	تکرار
۳۹/۲۹**	۶۰۹/۳۷**	۳	روی
۳۹/۶۴**	۱۶۴۶/۲۹**	۳	کادمیم
۸/۴۵**	۱۲۲/۵۱**	۹	روی × کادمیم
۰/۳۱	۱۲/۴۰	۴۵	خطا
۱۷/۶	۱۱/۳		ضریب تغییرات (%)

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد



شکل (۶) - اثر سطوح مختلف کادمیم بر میزان آهن گیاه

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد احتمال)

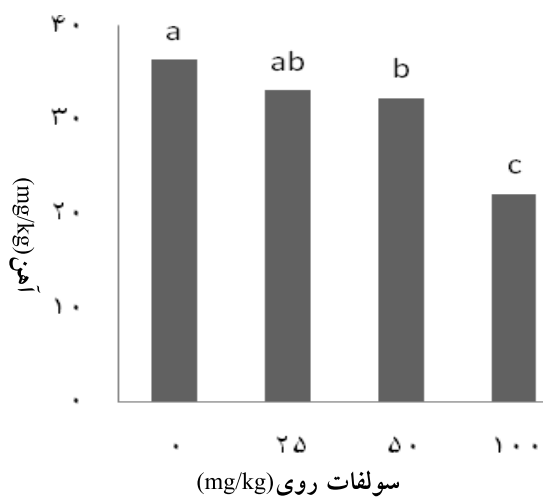
حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح تیماری روی برای این صفت تفاوت وجود دارد، بیشترین میزان آهن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۳۶/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی با میانگین ۲۲/۱۰ میلی‌گرم بر

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای معنی‌دار مشاهده گردید و مقایسه میانگین انجام شد. نتایج تجزیه آماری آهن اندام هوایی گیاه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کادمیم وجود دارد و همچنین اختلاف برای سطوح تیماری روی نیز معنی‌دار بود و اثرات متقابل روی و کادمیم نیز اختلاف معنی‌داری را نشان دادند.

میلی گرم بر کیلوگرم بود. حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. کمبود آهن موجب تحریک و افزایش جریان کادمیم به گیاه می‌گردد. به‌طور کلی کادمیم در جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی در گیاه تداخل ایجاد می‌کند و بخشی از اثرات سوء آن در گیاه مربوط به برهم زدن تعادل عناصر غذایی و تداخل در جذب عناصر ضروری است. در آزمایشی نشان داده شد کادمیم خاک موجب تخریب ساختمان برگ می‌گردد که باعث اختلال در تعرق گیاه و به‌موجب آن مختل شدن جذب عناصر از ریشه می‌گردد، در نتیجه میزان انتقال عناصر ضروری برای گیاه در قسمتهای بالای خاک کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتیجه‌ی بدست آمده از این آزمایش مطابقت دارد [۱۴].

کیلوگرم بود (شکل ۶). این امر به‌خاطر اثرگذاری مقادیر مختلف سولفات روی بکاربرده شده است. در شرایط کمبود آهن، جذب روی به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. در آزمایشی نتایج به‌دست آمده نشان داد که اثر آنتاگونیسمی بین روی و آهن مربوط به اثر رقابتی این دو عنصر در محل جذب است. این نتایج با نتایج حاصل از آزمایش حاضر همخوانی دارد [۴].

با توجه به شکل (۷) این نتیجه بدست می‌آید که بین سطوح تیماری کادمیم برای این صفت اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین مقدار آهن بدست آمده مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۴۲/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد و کمترین مقدار مربوط به تیمار سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم کلرید با میانگین ۲۰/۷۵



شکل (۷) - اثر سطوح مختلف روی بر میزان آهن گیاه

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد احتمال)

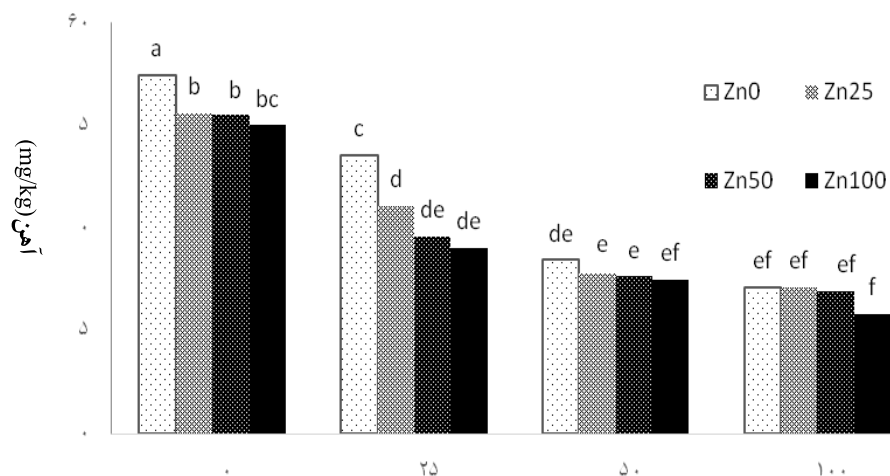
قسمت هوایی گیاه مربوط به تیمار همزمان ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرم کادمیم کلرید و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی بوده است که دارای میانگین ۱۷/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است و بیشترین میزان هم مربوط به تیماری

با توجه به شکل (۸) اثرات سطوح مختلف روی و کادمیم بر میزان آهن اندام هوایی گیاه تاثیر داشته‌است. حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان آهن

اثر روی و کادمیم بر جذب آهن و مس و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشدی در شیدربرسیم

کادمیم جذب آهن توسط گیاه را کاهش داده که علت آن اثر رقابتی روی و آهن در جذب و بر هم زدن تعادل عناصر غذایی در جذب توسط کادمیم می‌باشد [۳].

است که در آن هر دو سطح کادمیم کلرید و سولفات روی صفر (شاهد) بود که با توجه به شکل دارای میانگین ۵۲/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. به طور کلی افزایش روی و



اثر متقابل سولفات روی کادمیم کلرید (mg/kg)

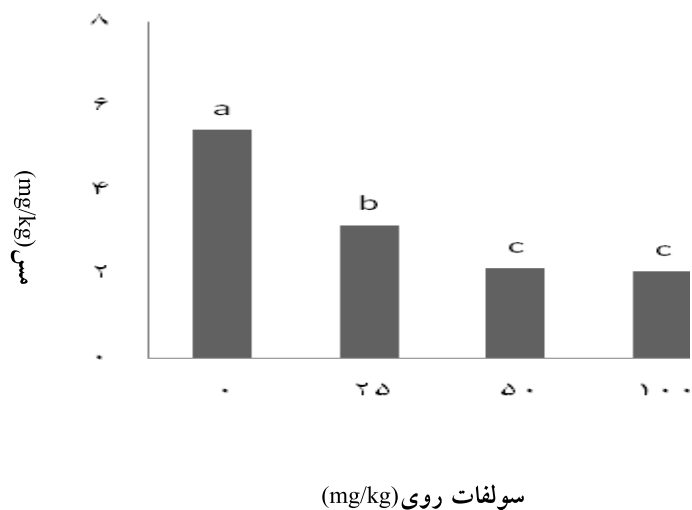
شکل (۸) - اثر متقابل سطوح مختلف کادمیم و روی بر میزان آهن گیاه

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد احتمال)

مربوط به تیمار سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی است. می‌توان نتیجه گرفت با افزایش میزان روی مصرفی غلظت مس دانه کاهش می‌یابد. حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. علت این امر رابطه ی آنتاگونیسم این دو عنصر و بر همکنش منفی بین روی و مس در جذب توسط ریشه می‌باشد و در نهایت جذب مس در حضور روی کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج بدست آمده از پژوهش‌های محققین دیگری نیز همخوانی دارد [۲۰، ۲۶].

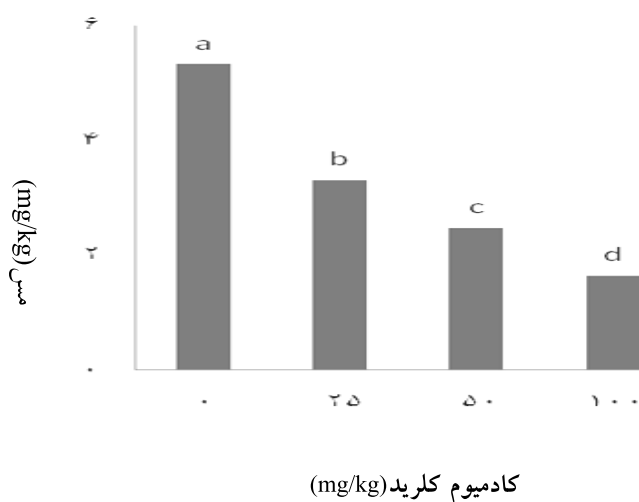
نتایج حاصل از تجزیه‌ی آماری مقادیر مس در قسمت فوقانی گیاه که شامل برگ و ساقه بود برای سطوح تیماری کادمیم اختلاف معنی‌داری را نشان داد. همچنین تاثیر سطوح متفاوت سولفات روی نیز اختلاف معنی‌داری داشت. اثرات متقابل این دو فاکتور نیز اثر معنی‌داری را برای این صفت نشان دادند.

شکل (۹) مقایسه میانگین سطوح تیماری سولفات روی را برای این صفت نشان می‌دهد. با توجه به این شکل بیشترین مقدار مس در گیاه زمانی بدست آمده‌است که سولفات روی اعمال نشده است یعنی تیمار شاهد بالاترین میزان مس گیاه را دارد که میانگین آن ۵/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد و کمترین میزان مس با میانگین ۲/۰۶



شکل (۹) - اثر سطوح مختلف روی بر میزان مس گیاه

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد احتمال)



شکل (۱۰) - اثر سطوح مختلف کادمیم بر میزان مس گیاه

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد احتمال)

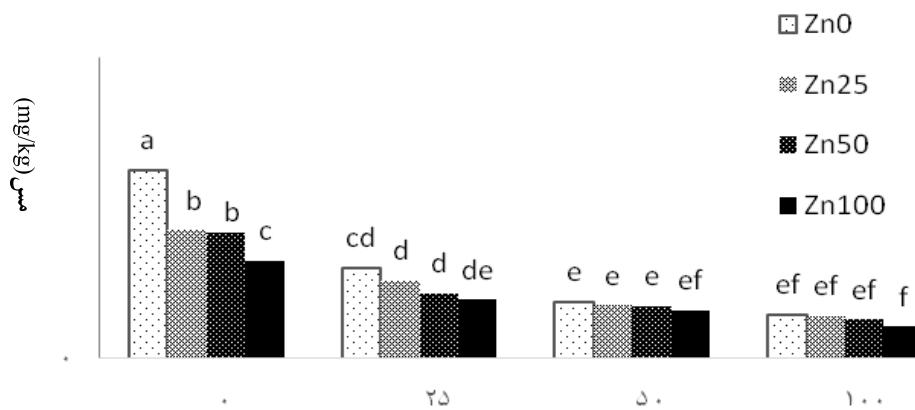
۵/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است و کمترین میزان مس مربوط به سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم کلرید با میانگین ۱/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. حروف مشابه

با توجه شکل (۱۰) می‌توان نتیجه گرفت که بین سطوح تیمار کادمیم کلرید برای این صفت اختلاف وجود دارد که بالاترین میزان مس گیاه مربوط به تیمار شاهد با میانگین

با میانگین ۷/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد و کمترین میانگین نیز که ۱/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود از تیمار سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم کلرید و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی حاصل گردید. حروف مشابه لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. با این نتایج می‌توان استنباط کرد که با افزایش روی و کادمیم جذب مس کاهش می‌یابد و علت آن اثر رقابتی روی و مس در جذب و بر هم زدن تعادل عناصر غذایی در جذب توسط کادمیم می‌باشد [۲۵].

لاتین بیانگر عدم اختلاف تیمارها با هم است. قابلیت حل بالای کادمیم در خاک باعث افزایش غلظت و جذب کادمیم بوسیله گیاه می‌شود و جذب عناصری مثل مس را متوقف می‌کند [۱۵، ۲۲]. در آزمایشی دیگری به این نتیجه رسیدند که کادمیم باعث کاهش انتقال مس به اندام هوایی گیاه می‌شود [۹].

شکل (۱۱) مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تیماری روی و کادمیم را نشان می‌دهد. با توجه به شکل بیشینه مقدار مس گیاه مربوط به سطح تیماری مقدار صفر سولفات روی و کادمیم کلرید یعنی تیماری که شاهد است



اثر متقابل کادمیم کلرید و سولفات روی (mg/kg)

شکل (۱۱) - اثر متقابل سطوح کادمیم و روی بر میزان مس گیاه

(حروف مشابه بیانگر فقدان اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد احتمال)

به نقش مفید روی در کاهش اثرات سوء کادمیم، مصرف این عنصر مفید به نظر می‌رسد. شناسایی منابع آلوده و کاهش یا ممانعت از ورود آنها به خاک، مانع آلودگی منابع آب و خاک شده و از این طریق به پایداری تولیدات کشاورزی برای تامین نیازهای غذایی نسل حاضر و آینده

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که جذب کادمیم نه تنها باعث ایجاد سمیت و کاهش کیفیت گیاه می‌شود بلکه باعث صدمات دیگری نیز به گیاه می‌گردد بنابراین شناخت عواملی که در جذب و کاهش اثرات سمی این عنصر نقش دارند، ضروری است. با توجه

کمک خواهد شد. مصرف بی‌رویه و زیاده از حد کودهای فسفوره موجب کاهش روی در خاک‌ها شده است [۸]، بنابراین باید در استفاده از این کودها دقت لازم به عمل آید.

پیشنهاد

پیشنهاد می‌شود با توجه به نقش مفید روی در افزایش کیفی علوفه که بطور غیرمستقیم در زنجیره‌ی غذایی انسان نقش دارد، راهکارهایی را جهت بهبود دادن جذب عناصر ریزمغذی مس و آهن در صورت وجود این عنصر باید یافت. بهتر است برای سلامتی جامعه در مناطق آلوده از گیاهان لیفی و درختان غیرمثمر استفاده شود.

منابع

۱. بهتاش ف، طباطبایی ج، ملکوتی ج، سرورالدین م و اوستان ش (۱۳۸۹). اثر روی و کادمیم بر رشد، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و غلظت کادمیم در چغندر لبوبی. مجله پژوهش‌های خاک و علوم خاک و آب. ۲۴(۱): ۳۱-۴۱.
۲. ثوابقی غ، اردلان م و ملکوتی م ج (۱۳۸۱). اثر مصرف توام کادمیم و روی در خاک آهکی بر پاسخهای گیاه گندم. علوم کشاورزی ایران، ۳۳(۲): ۳۳۳-۳۴۱.
۳. ثوابقی غ، ملکوتی م ج و اردلان م (۱۳۷۹). بر همکنش پتاسیم و روی بر غلظت و جذب عناصر غذایی در گندم (مجموعه مقالات): ۳۲-۳۲۲.
۴. جعفری س، ایرانشاهی ز، فتحی ق و سیادت ع (۱۳۸۶). اثر سطوح مختلف کادمیم و روی بر عملکرد و جذب عناصر ریزمغذی در گندم رقم چمران. نشریه علوم آب و خاک. ۱۶(۱): ۱۶۷-۱۷۹.
۵. رحیمی آلاشتی س، بهمنیار م و قاجارسیپانلو م (۱۳۸۹). بررسی اثرات باقی مانده و تجمع لجن فاضلاب بر
۶. سالاردینی ع (۱۳۷۴). حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. تهران. چاپ پنجم. ۲۳۴ صفحه.
۷. سیادت س ع، هاشمی دزفولی م، راد مهر م، و آدینه غ ع (۱۳۸۷). تاثیر عناصر کم مصرف بر عملکرد و روند جذب ازت، فسفر و پتاسیم توسط گندم. خلاصه مقالات ششمین کنگره‌ی علوم خاک ایران. دانشگاه مشهد.
۸. فتحی ق (۱۳۸۴). تاثیر سولفات روی و سولفات پتاسیم بر رشد عملکرد ذرت دانه ای، نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
۹. کریمی نژاد م (۱۳۸۱). بررسی جذب عناصر سنگین و عناصر غذایی در شبدر تلقیح شده با قارچ‌های VAM. دانشگاه چمران اهواز. اهواز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۱۰. معزاردلان م، ثوابقی فیروزآبادی غ (۱۳۸۱). مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار، انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ۷۳-۶۷.
۱۱. ملکوتی م ج و غیبی م (۱۳۷۶). تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه کودی در کشور. انتشارات آموزش کشاورزی کرج. کرج. ۲۳-۳۳.
12. Alloway B J (1995). Heavy metals in soils. Blakie and Sons LTD. London.
13. Chen Y, X Yang, Zheng Y, Tain S (2003). Effect of cadmium on nodulation and N₂fixation of soybean in contaminated soil. Chemosphere, 50: 781-787.

14. Chohen C K, Fax T C, Garvin D F and Kochian L V (1998).The role of iron deficiency stress responses in stimulating heavy metal transport in plants. *Plant Physiology*. 116:1063-1072.
15. Grant C A, Bailey L D, Mclaughlian M J and Singh B R(1999). Management factors which influence cadmium concentrations in crops. *Development in Plant and Soil Sciences*, pp:151-198.
16. Grath M C, Postma S L and Mc Corneck R J (2000). Analysis of Irish sewage sludge suitability of sludge for use in agriculture *Irish Agricultural and food Research* 39(1):73-78.
17. Helrich K(1990) Association of official analytical chemists.15.Edition. Volume 1. AOAC. Pp 673.
18. Jiany H M, Yang J C, Zhang J F(2007). Effect of external phosphorus on the cell ultra structure on the chlorophyll content of maize under cadmium and zinc stress. *Environmental Pollution*, 147:150-156.
19. Kapur O C and Gangwar M S(1975). *Indian Journal Agricultural Sciences*. 45:559-60.
20. Leon V(1991). Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plant, pp:229-285.
21. McKenna I, Chaney M and Williams R L(1993). The effect of cadmium and zinc interaction on the accumulation and tissue distribution of zinc and cadmium in lettuce and spinach. *Environ Pollution*, pp 113-120.
22. Reddy C and Ltays S(2005). Food born toxicant in hays principles and method of toxicology. New York, pp 67-110.
23. Salim R, Al subn M, Douleh A, Chenaveir L and Hagemeyer J(1992). Effect of root and foliar treatments of carrot plants with lead and cadmium on the growth, uptake and distribution of uptake of metals in treated plant. *Journal of Environmental Science and Engineering, Toxic and Hazardous Substance Control*. 27(7): 1739-1758.
24. Shute T(2006). Cadmium and Zinc accumulation in soybean. *Food safety science of the total environment*. 371:63-73.
25. Tandon, H. L. S(1995). *Micronutrients in soil, crops, and fertilizers. Fertilizers development and consultation organization, New Dehli, India*. Pp140-150.
26. Ttandon H L S(1991). *Management of nutrient interaction in agriculture. Fertilizer development and organization, New Dehli, India*.
27. Yilmaz A, Ekis H, Gultekin, I, Torun B, Barut H, Karanlik S and Cakmak I(1997). Effect of different zinc application method on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. *J. Plant nutrition*. 520: 461-471.