Archive of SID

مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۳، شماره ۲، سال ۱۳۸۱ (۳۴۱-۳۳۳)

اثر مصرف توام کادمیوم و روی در خاک آهکی بر پاسخ‌های گیاه گندم

غلامرضا ثواقبی[۱]، محمد معز اردلان[۲] و محمدجعفر ملکوتی[۳]
۱، ۲، استادیار و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
۳، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ پذیرش مقاله ۸۰/۹/۲۱

خلاصه

کادمیوم (Cd) در تغذیه گیاه عنصر سمی است و در تغذیه انسان و دام نیز یک آلاینده محسوب می‌شود و غلظت زیاد آن در بخش‌های خوراکی گیاهان مانند دانه گندم و برنج برای سلامتی افراد جامعه بسیار خطرناک است. حداکثر غلظت مجاز کادمیوم در دانه گندم ۰/۱۲-۰/۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. برای بررسی اثرات مصرف توام کادمیوم و روی در یک خاک آهکی منطقه کرج بر پاسخ‌های گیاه گندم، آزمایش گلخانه‌ای انجام شد. در یک آزمایش فاکتوریل و در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر تیمار، پنج سطح کادمیوم (صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و چهار سطح روی (صفر، ۱۰، ۲۰ و ٤٠ میلی‌گرم در کیلوگرم)به گلدانها اضافه شد و بذر گندم رقم مهدوی کشت گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مصرف کادمیوم به طور معنی‌داری ($P<0/01$) عملکرد دانه، کاه و عملکرد کل را کاهش ولی مصرف روی به طور معنی‌دار ($P<0/01$) آنها را افزایش داد. مصرف کادمیوم به تنهایی موجب ٥٤/٢٦ درصد کاهش عملکرد دانه شد در حالیکه با مصرف روی این کاهش عملکرد به ١٤/٤٢ درصد رسید. اثرات برهمکنش کادمیوم و روی نیز به طور منفی معنی‌دار شد. کادمیوم غلظت و جذب کادمیوم توسط دانه و کاه و جذب کل آن را افزایش ولی مصرف روی آنها را کاهش داد. غلظت کادمیوم در کاه بیشتراز دانه ولی در مورد غلظت روی برعکس بود. مصرف روی جذب کل کادمیوم را از ٢٦/١٢ میکروگرم در گلدان در Zn_0 به ١١/٢٦ میکروگرم در گلدان در Zn_3 کاهش داد. غلظت آهن، منگنز و مس در دانه نیز با مصرف کادمیوم و روی کاهش یافت. برای کاهش غلظت کادمیوم در دانه گندم، مصرف کود روی، مصرف کود فسفر صرفاً بر اساس آزمون خاک و انتخاب ارقام گندم با پتانسیل تجمع کمتر کادمیوم در دانه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کادمیوم، روی، آهن،منگنز، مس، غلظت، جذب، دانه و عملکرد.

مقدمه

آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست محیطی عمده در جوامع بشری است و با انتقال این عناصر سمی از طریق تولیدات گیاهی به انسان، سلامتی افراد جامعه به خطر می‌افتد. علاوه بر آن آلوده شدن خاک و آب با فلزات سنگین پایداری تولیدات کشاورزی را دچار مخاطره می‌سازد و ممکن است موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول شود.در بین فلزات سنگین کادمیوم دارای اهمیت ویژه‌ای است زیرا به راحتی توسط سیستم ریشه گیاه جذب شده و سمیت آن برای گیاه ۲۰-۲ برابر سایر فلزات سنگین می‌باشد. آلووی(۱۹۹۰) گزاش داد که اکثر خاکهای غیر آلوده دارای کادمیوم کمتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشند. در اراضی کشاورزی کادمیوم موجود در کودهای فسفری یکی از منابع عمده آلودگی خاک با این عنصر سمی است.

مکاتبه کننده: غلامرضا ثواقبی

www.SID.ir

Archive of SID

نقش کودهای فسفری در آلودگی خاک با کادمیوم و سمیت آن در گیاه در تحقیقات متعددی گزارش شده است (۱، ۷، ۸).

عوامل خاکی و گیاهی متعددی بر قابلیت جذب کادمیوم توسط گیاه تاثیر دارند و از مهمترین آنها می‌توان از میزان کل کادمیوم،منشاء کادمیوم خاک، pH، قدرت اکسیداسیون و احیاء (redox)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، میزان و نوع رس، گونه یا رقم گیاهی نام برد (۳). جذب فلزات سنگین توسط گیاه نیز به دو صورت جذب فعال و غیر فعال می‌باشد. مارچیول و همکاران (۱۹۹۶) گزارش دادند که سه مرحله مختلف در جذب و انتقال کادمیوم از محلول خاک به گیاه وجود دارد و در اولین مرحله که در عرض چند ساعت عرضه کادمیوم به وقوع می‌پیوندد این عنصر بر رشد و متابولیسم ریشه تاثیر می‌گذارد. طبق گزارش‌های منگل و کرکبی (۱۹۸۷) میزان معمول کادمیوم در گیاه ۱-۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم است ومقدار زیادی از کادمیوم جذب شده در مواضع تبادلی ریشه نگهداری می‌شود. منج و همکاران (۱۹۹۷) با بررسی خود بر روی نمونه‌های خاک و گیاه گندم در فرانسه گزارش می‌دهند که غلظت کادمیوم در دانه، متأثر از غلظت کل کادمیوم در خاک نیست ولی با کادمیوم عصاره‌گیری شده با کلسیم نیترات یک دهم مولار و به میزان کمتر با pH و CEC خاک همبستگی دارند. آنها بیشترین غلظت کادمیوم در دانه را در گیاهانی که دچار کمبود روی و مس در اندام هوایی بودند اندازه‌گیری کردند در این بررسی فاکتور غلظت CF [1] (غلظت کادمیوم در گیاه به غلظت آن در خاک) از ۰/۱ تا یک متغیر بود.

طبق گزارش چودری و همکاران (۱۹۹۴)، ۱۸-۱۲ درصد کادمیوم بخش هوایی غلات به دانه منتقل می‌شود. ونزل و همکاران (۱۹۹۶) گزارش دادند که بین ارقام مختلف گندم از نظر تجمع کادمیوم ممکن است تا ۲/۵ برابر تفاوت وجود داشته باشد. آنها انتخاب ارقام گندم با پتانسیل تجمع کم کادمیوم و تنظیم وضعیت شیمیایی خاک را برای کاهش جذب کادمیوم و ورود آن به زنجیره غذایی انسان را موثر دانستند.

منگل و کرکبی (۱۹۸۷) گزارش دادند که کادمیوم و روی از نظر شیمیایی بهم شبیه بوده و کادمیوم جذب و وظایف متابولیسمی روی را در گیاه تقلید نموده ولی بر خلاف روی این عنصر برای گیاهان، حیوانات و انسان سمی است. گزارشهای گوپتا و پوتالیا (۱۹۹۰) نیز حاکی از آن است که با افزایش سطوح کادمیوم مصرفی، غلظت این عنصر در دانه افزایش ولی با مصرف روی غلظت کادمیوم در دانه کاهش می‌یابد. اثر کاهندگی روی بر غلظت کادمیوم دانه ممکن است مربوط به اثر رقت[2]، اثر رقابتی[3] روی بر جذب کادمیوم یا اثر بازدارندگی[4] روی بر انتقال کادمیوم در گیاه باشد.

اولیور و همکاران (۱۹۹۳) نیز گزارش می‌دهند که در خاکهای با کمبود متوسط تا شدید روی مصرف سطوح کم روی موجب کاهش غلظت کادمیوم در دانه گندم رشد یافته می‌شود. ولی سطوح بالاتر روی اثر معنی‌داری بر غلظت کادمیوم دانه ندارد. در این بررسی با گذشت زمان تأثیر مصرف روی بر کاهش غلظت کادمیوم دانه تنزل می‌کند. اثرات باقیمانده روی نیز بر کاهش غلظت کادمیوم دانه موثر است.

با توجه به اثرات سوء کادمیوم در تغذیه گیاه، حیوان و انسان این پژوهش به منظور مطالعه اثرات مصرف توام روی و کادمیوم بر پاسخ‌های گیاه گندم در یک خاک آهکی به اجراء در آمد. تا امکان مصرف کود سولفات روی در خاکهای آلوده با کادمیوم به منظور کاهش اثرات سوء این عنصر بر گیاه ارزیابی شود.

مواد و روشها

این بررسی در یک خاک آهکی منطقه کرج و در شرایط گلخانه اجرا شد. در یک آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار چهار سطح روی (صفر،۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و پنج سطح کادمیوم (صفر، ۲/۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بر روی گندم رقم مهدوی اعمال گردید. برای هر گلدان سه کیلوگرم خاک توزین و در کیسه‌های نایلونی ریخته شد. پس از اعمال تیمارها و مصرف سایر عناصر غذایی با توجه به نتایج آزمون خاک، خاک گلدان‌ها کاملاً مخلوط گردید. و در هر گلدان ۷ بذر گندم رقم مهدوی پس از بهاره کردن کشت گردید. آبیاری گلدانها با آب

1 . Concentration factor

2 . Dilution effect

3 . Competitive effect

4 . inhibitory effect

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت

خصوصیت	٪ شن	٪ سیلیت	٪ رس	٪رطوبت اشباع	ظرفیت مزرعه (٪)	نقطه پژمردگی(٪)	هدایت الکتریکی دسی زیمنس برمتر	واکنش گل اشباع	مواد خنثی شونده(٪)
مقدار	۳۶/۸	۳٤/۷	۲۸/۵	۳۸	۱۹/۸	۱۰/۲	۱/۱	۷/۷	۷/۵

خصوصیت	٪ کربن آلی	٪ نیتروژن کل	فسفر قابل	پتاسیم قابل	آهن قابل	منگنز قابل	روی قابل	مس قابل	کادمیوم قابل
			جذب*	جذب**	جذب***	جذب	جذب	جذب	جذب
مقدار	۰/٤۵	۰/۰۵	۹/۵	۱٦۵	۳/۵	۵/۸	۰/۵۲	۰/٦۰	۰/۰۸

* روش اولسن- میلی گرم در کیلوگرم ** روش آمونیوم استات- میلی گرم در کیلوگرم ***- عناصر کم مصرف و کادمیوم با روش DTPA - میلی گرم در کیلوگرم

مقطر بر اساس رطوبت ظرفیت مزرعهٔ (FC) انجام شد. در طول دوره رشد شرایط گلخانه از نظر نور و دما کنترل شده بود. پس از برداشت محصول و توزین آن برای تعیین عملکرد نمونه‌های کاه ودانه برای تجزیه و اندازه‌گیری غلظت عناصر آسیاب گردید و از هر نمونه یک گرم توزین و در کوره الکتریکی خاکستر شد. عصاره‌گیری با اضافه نمودن ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید دو مولار و عبور دادن محلول از کاغذ صافی واتمن ۴۲ انجام گرفت.

در عصاره‌های به دست آمده غلظت عناصر روی، کادمیوم، آهن، منگنز و مس با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. میزان جذب کادمیوم و روی توسط دانه و کاه از حاصلضرب غلظت آنها در عملکرد به دست آمده و مجموع آنها جذب کل هر عنصر را در گلدان مشخص نمود. نتایج و داده‌های به دست آمده به عنوان پاسخ‌های گیاهی با نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. گروه‌بندی میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و با محاسبه LSD انجام شد. ضرایب همبستگی ساده صفات مورد بررسی نیز محاسبه گردید.

نتایج و بحث

در جدول ۱ نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی آورده شده است. این خاک از نظر بافت متوسط، فاقد مشکل شوری یا قلیائیت با مواد آلی کم و خاکی آهکی می‌باشد. و از نظر روی و کادمیوم قابل استفاده نیز در سطح پائین بوده و برای اعمال تیمارها مناسب به نظر می‌رسد. کانیهای غالب این خاک کلریت و ایلیت بوده و مقدار ناچیزی کانی مونت موریلونیت نیز در آن مشاهده شد. مواد مادری این خاک شامل رسوبات آبرفتی رودخانه کرج است. خاک مورد استفاده Xeric Haplocalcids، Thermic، Mixed، Loamy Fine طبقه‌بندی می‌شود.

در جدول ۲ اثرات مصرف توام روی و کادمیوم بر عملکرد کل آورده شده است، که از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با مصرف کادمیوم عملکرد دانه با ۵۴ درصد کاهش از ۶/۸۰ گرم در گلدان در Cd_0 به ۳/۱۱ گرم در گلدان در Cd_4 رسید با مصرف روی درصد کاهش محصول ناشی از کادمیوم از ۵۴ به ۱۴ درصد تنزل نمود. بنابراین با مصرف روی می‌توان تا حدود زیادی اثرات سوء کادمیوم بر کاهش علمکرد را خنثی نمود. بالاترین عملکرد دانه ۷/۱۱ گرم از تیمار Cd_0Zn_2 به دست آمد تیمار Cd_0Zn_3 در مقایسه با آن عملکرد را کاهش داد (۷/۰۶ گرم). این مطلب بیانگر آن است که حتی روی نیز که به عنوان یک عنصر ضروری کم مصرف است در غلظت‌های زیاد و با مصرف بیش از اندازه می‌تواند موجب کاهش عملکرد شود. عملکرد کل نیز از ۱۵/۷۳ در Cd_0 به ۷/۴۴ گرم در Cd_4 رسید. کمترین میزان عملکرد کل از تیمار Cd_4Zn_0 به دست آمد (۱/۸۴ گرم در گلدان). چوچ و همکاران (۱۹۸۹) نیز گزارش دادند که با مصرف روی عملکرد دانه گندم به طور معنی‌دار افزایش ولی با مصرف کادمیوم، کاهش یافت. اثر کاهندگی کادمیوم بر عملکرد دانه در غیاب روی شدیدتر بود به طوری که با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم به تنهایی عملکرد ۹۶ درصد کاهش یافت ولی با مصرف ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی این کاهش عملکرد ۶۴ درصد بود. بخشی از کاهش عملکرد دانه ناشی از کادمیوم زیاد به دلیل اثرات سمی کادمیوم در گیاه و بخشی از آن مربوط به عدم تعادل یونی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

مارچیول و همکاران (۱۹۹۶) علایم عمومی ناشی از جذب مقادیر زیاد کادمیوم در گیاه را کاهش و توقف رشد ریشه و چوب پنبه‌ای شدن ساختمان آن، کاهش هدایت هیدرولیکی آب در ریشه، تداخل با جذب و انتقال طبیعی عناصر غذایی، کاهش میزان کلروفیل و اختلال در فعالیت‌های آنزیمی دخیل در فتوسنتز عنوان کرده‌اند.

جدول ۲- اثرات مصرف کادمیوم و روی بر عملکرد دانه و عملکرد کل*

سطوح کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم)	سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم)				میانگین
	۰	۱۰	۲۰	۴۰	
	عملکرد دانه (گرم در گلدان)				
	۶/۲۴F	۶/۷۷E	۷/۱۱A	۷/۰۶B	۶/۸۰A
۲/۵	۳/۱۲N	۵/۶۴I	۶/۸۴D	۶/۹۲C	۵/۶۳B
۵	۲/۸۰O	۴/۵۶J	۵/۷۵H	۵/۹۸G	۴/۷۷C
۱۰	۱/۸۵Q	۴/۲۰L	۵/۶۲I	۵/۷۴H	۴/۳۵D
۲۰	۰/۵۵R	۲/۷۲P	۳/۸۴M	۵/۳۴J	۳/۱۱E
میانگین	۲/۹۱D	۴/۷۸C	۵/۸۳B	۶/۲۰A	۴/۹۳
LSD٪۱	۰/۰۲۷ = کادمیوم		۰/۰۲۴ = روی		۰/۰۵۴ = روی ×کادمیوم
	عملکرد کل (گرم در گلدان)				
۰	۱۴/۹۴F	۱۵/۶۵E	۱۶/۴۵A	۱۶/۳۴B	۱۵/۷۳A
۲/۵	۷/۴۴O	۱۳/۱۳J	۱۵/۷۹D	۱۵/۹۰C	۱۳/۰۷B
۵	۶/۶۲P	۱۰/۶۲L	۱۳/۴۲H	۱۳/۸۶G	۱۱/۱۳C
۱۰	۴/۴۱R	۹/۸۲M	۱۳/۱۶J	۱۳/۳۱I	۱۰/۱۷D
۲۰	۱/۸۴S	۶/۳۹Q	۹/۰۰N	۱۲/۵۴K	۷/۴۴E
میانگین	۶/۹۶D	۱۱/۱۲C	۱۳/۵۶B	۱۴/۳۹A	۱۱/۵۱
LSD٪۱	۰/۰۳۹ = کادمیوم		۰/۰۳۵ = روی		۰/۰۷۸ = روی × کادمیوم

* میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح یک درصد می باشند.

جدول ۳ اثرات کادمیوم و روی را بر غلظت کادمیوم دانه و کاه همراه با گروه‌بندی میانگین‌ها نشان می‌دهد. اثرات اصلی و بر همکنش کادمیوم و روی بر غلظت کادمیوم دانه و کاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با مصرف کادمیوم، غلظت آن در دانه و کاه افزایش ولی با مصرف روی کاهش یافت. در این بررسی میانگین غلظت کادمیوم در دانه ۱/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و در کاه ۳/۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود به عبارت دیگر میانگین غلظت کادمیوم در کاه ۳/۳ برابر غلظت آن در دانه بود. بالاترین غلظت کادمیوم در دانه و کاه در تیمار Cd_4Zn_0 به دست آمد. گوپتا و پوتالیا (۱۹۹۰) نیز گزارش دادند که با مصرف کادمیوم، غلظت کادمیوم دانه افزایش ولی با مصرف روی غلظت کادمیوم دانه کاهش یافت. اثر کاهندگی روی بر غلظت کادمیوم دانه ممکن است به اثر رقت، اثر بازدارندگی روی بر انتقال کادمیوم از کاه به دانه و اثر رقابتی روی بر جذب کادمیوم مربوط باشد. چودری و همکاران (۱۹۹۴) نیز گزارش دادند که با مصرف روی، غلظت کادمیوم در دو رقم گندم دوروم کاهش یافت.

جدول ۳- اثرات مصرف کادمیوم و روی بر غلظت کادمیوم دانه و کاه (میلی‌گرم در کیلوگرم)

سطوح کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم خاک)				میانگین
	۰	۱۰	۲۰	۴۰	
	غلظت کادمیوم در دانه (میلی گرم در کیلوگرم)				
	۰/۰۲O	۰/۰۲O	۰/۰۲O	۰/۰۲۵O	۰/۰۲E
۲/۵	۱/۷۶E	۰/۸۸H	۰/۴۸L	۰/۲۸N	۰/۸۵D
۵	۲/۴۱C	۱/۴۶F	۰/۵۵K	۰/۳۴M	۱/۱۹۳C
۱۰	۳/۳۷B	۱/۷۴E	۰/۶۷I	۰/۵۲K	۱/۵۷B
۲۰	۴/۸۵A	۲/۰۴D	۰/۹۷G	۰/۶۱J	۲/۱۲A
میانگین	۲/۴۸A	۱/۲۳B	۰/۵۴C	۰/۳۵D	۱/۱۵
LSD٪۱	۰/۰۱۸ = کادمیوم		۰/۰۱۶ = روی		۰/۰۳۷ = روی × کادمیوم
	غلظت کادمیوم در کاه (میلی گرم در کیلوگرم)				
۰	۰/۰۲P	۰/۰۲P	۰/۰۲P	۰/۰۲P	۰/۰۲E
۲/۵	۷/۲۱D	۳/۵۹G	۱/۴۸N	۰/۶۶O	۰/۸۵D
۵	۹/۰۵C	۵/۷۸F	۲/۲۱J	۱/۶۲M	۱/۱۹C
۱۰	۱۰/۷۵B	۵/۸۲F	۲/۴۶J	۱/۷۲L	۱/۵۷B
۲۰	۱۲/۳۳A	۶/۳۴F	۲/۹۷H	۱/۹۶K	۲/۱۲A
میانگین	۷/۸۷A	۴/۳۱B	۱/۸۳C	۱/۹۶D	۳/۸۰
LSD٪۱	۰/۰۲۰ = کادمیوم		۰/۰۱۸ = روی		۰/۰۴۰ = روی × کادمیوم

* میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح یک درصد می باشند.

در جدول ۴ اثرات کادمیوم و روی بر جذب کادمیوم توسط دانه،کاه و جذب کل توسط گیاه همراه با گروه‌بندی میانگین‌ها آورده شده است. همانطوریکه داده‌ها نشان می‌دهد جذب کادمیوم تحت تاثیر معنی‌دار اثرات اصلی و بر همکنش کادمیوم و روی قرار گرفته است. با مصرف کادمیوم جذب کادمیوم توسط دانه تا سطح Cd_3 (۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) افزایش ولی در سطح Cd_4 (۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کاهش نشان می‌دهد. این کاهش در جذب را می‌توان ناشی از تاثیر سوء کادمیوم بر عملکرد و نقصان تولید دانه در این تیمار دانست. بنابراین با وجود افزایش غلظت کادمیوم جذب کادمیوم در این تیمار کاهش نشان میدهد. جذب کل کادمیوم نیز روندی افزایشی تا Cd_2 ولی سپس کاهشی دارد. با مصرف روی جذب کل کادمیوم از ۲۶/۱۲ در Zn_0 به ۱۱/۲۹ میکروگرم در گلدان در Zn_3 کاهش نشان داد. بنابراین می‌توان با مصرف روی جذب کادمیوم

www.SID.ir

Archive of SID

توسط گیاه را کاهش داد. در این بررسی ۱۷/۳ درصد کل کادمیوم جذب شده در اندام هوایی در دانه و بقیه در کاه و کلش ذخیره شده‌اند. نتایج به دست آمده با یافته های چودری و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت دارد. در یک بررسی انجام شده بر روی کاهو و اسفناج، مصرف روی تجمع کادمیوم را در برگهای جوان کاهش داد ولی در برگهای مسن تاثیری نداشت. به نظر می‌رسد روی با انتقال کادمیوم از ریشه به برگ‌های جوان تداخل می‌نماید و نگهداری کادمیوم جذب شده در ریشه را بهبود می‌بخشد اما در غلظت‌های بالاتر روی در محلول، روی با کادمیوم در جذب توسط ریشه تداخل می‌نماید (۶). با توجه به مکانیسم‌های مختلف رقابت کادمیوم و روی، اثر نهایی افزایش روی در سیستم خاک، گیاه بسته به غلظت نسبی کادمیوم و روی، خصوصیات خاک و گیاه متفاوت می‌باشد.

جدول ۴- اثرات مصرف کادمیوم و روی بر جذب کادمیوم توسط دانه، کاه و جذب کل توسط گیاه

سطوح کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم خاک) ۰	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
		جذب کادمیوم توسط دانه (میکروگرم در گلدان)			
۰	۰/۱۴k	۰/۱۴ k	۰/۱۴K	۰/۱۴K	۰/۱۴E
۲/۵	۵/۴AD	۴/۹۶E	۳/۳۲G	۱/۹۸J	۳/۹۴C
۵	۶/۷۵B	۶/۶۵ B	۳/۱۸GH	۲/۰۳J	۴/۶۵B
۱۰	۶/۲۴C	۷/۳۳A	۳/۰۲H	۳/۰۲H	۵/۰۸A
۲۰	۲/۶۹I	۵/۵۷D	۳/۲۶G	۳/۷۳F	۳/۸۱D
میانگین	۴/۲۶B	۴/۹۳A	۲/۸۲C	۲/۰۸D	۳/۵۲
LSD٪۱	۰/۰۸۷ = کادمیوم	۰/۰۷۸ = روی		۰/۱۷۵ = روی × کادمیوم	
		جذب کادمیوم توسط کاه (میکروگرم در گلدان)			
۰	۰/۲۵P	۰/۲۶ P	۰/۱۹P	۰/۱۹P	۰/۲۲E
۲/۵	۳۱/۱۶D	۲۶/۹۴F	۱۳/۳۱M	۵/۹۲O	۱۹/۳۲C
۵	۳۴/۵۶B	۳۵/۰۶A	۱۲/۷۷N	۱۶/۹۶I	۲۴/۸۴A
۱۰	۲۷/۵۲E	۳۲/۷۰C	۱۸/۵۹H	۱۳/۰۱MN	۲۲/۹۵B
۲۰	۱۵/۸۲J	۲۳/۲۸G	۱۵/۳۳K	۱۴/۳۱L	۱۷/۱۴D
میانگین	۱۵/۸۶B	۲۳/۶۴A	۱۲/۸۷C	۹/۲۰D	۱۶/۸۹
LSD٪۱	۰/۱۸۱ = کادمیوم		۰/۱۶۲ = روی		۰/۳۶۲ = روی × کادمیوم
		جذب کل کادمیوم گیاه (میکروگرم در گلدان)			
۰	۰/۳۹P	۰/۳۹P	۰/۳۳P	۰/۳۳P	۰/۳۶E
۲/۵	۳۶/۶۴C	۳۱/۹۰E	۱۶/۶۴L	۷/۹۰O	۲۳/۲۷C
۵	۴۱/۳۲A	۴۱/۷۴A	۲۰/۱۴H	۱۴/۸۰N	۲۹/۴۹A
۱۰	۳۳/۷۶D	۴۰/۰۳B	۲۲/۳۵G	۱۶/۰۳M	۲۸/۰۴B
۲۰	۱۸/۵۲J	۲۸/۹۲F	۱۹/۰۷I	۱۷/۳۹K	۲۰/۹۷D
میانگین	۶۲/۱۲B	۲۸/۵۹A	۱۵/۷۰C	۱۱/۲۹D	۲۰/۴۳
LSD٪۱	۰/۲۱۴ = کادمیوم		۰/۱۹۲ = روی		۰/۴۲۹ = روی × کادمیوم

* میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح یک درصد می باشند.

جدول ۵- اثرات مصرف کادمیوم و روی بر غلظت روی دانه و کاه

سطوح کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم خاک) ۰	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
		غلظت روی دانه (میلی گرم در کیلوگرم)			
۰	۱۸/۰۰K	۲۵/۲۰G	۳۷/۰۰C	۴۶/۳۳A	۳۱/۶۳A
۲/۵	۱۷/۸۰KL	۳۲/۲۰I	۳۱/۰۰E	۳۸/۱۳B	۲۷/۵۳B
۵	۲۰/۳۳LM	۱۷/۰۰J	۲۷/۶۶F	۳۲/۰۰D	۲۴/۲۵C
۱۰	۱۴/۲۰N	۱۸/۴۹K	۳۲/۲۰I	۲۴/۲۶H	۲۰/۰۱D
۲۰	۱۲/۴۰O	۱۶/۶۰M	۲۰/۳۳J	۲۲/۴۰E	۱۷/۹۳E
میانگین	۱۵/۸۸D	۲۰/۷۴C	۲۷/۸۴B	۳۲/۶۲A	۲۴/۲۷
LSD٪۱	۰/۴۳۱ = کادمیوم		۰/۳۸۵ = روی		۰/۸۶۲ = روی × کادمیوم
		غلظت روی کاه (میلی گرم در کیلوگرم)			
۰	۱۴/۱۳I	۲۰/۲۶E	۳۰/۰۰B	۳۴/۲۶A	۲۵/۱۶A
۲/۵	۱۲/۲۶J	۱۸/۳۳F	۲۵/۲۰C	۳۰/۴۰B	۲۱/۶۰B
۵	۱۱/۹۶K	۱۵/۳۰H	۲۱/۰۰D	۲۱/۰۰D	۱۸/۰۵C
۱۰	۱۰/۲۰L	۱۲/۶۰J	۱۸/۰۰F	۱۹/۷۴E	۱۵/۱۳D
۲۰	۹/۹۳L	۱۲/۲۰J	۱۵/۷۰H	۱۶/۸۲G	۱۳/۶۶E
میانگین	۱۱/۶۰D	۱۵/۷۴C	۲۱/۹۸B	۲۵/۵۷A	۱۸/۷۲
LSD٪۱	۰/۳۵۹ = کادمیوم		۰/۳۲۱ = روی		۰/۷۱۸ = روی × کادمیوم

* میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح یک درصد می باشند.

جدول ۶- اثرات مصرف کادمیوم و روی بر جذب روی توسط دانه، کاه و جذب کل توسط گیاه

سطوح کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم خاک) ۰	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
		جذب کادمیوم توسط دانه (میکروگرم در گلدان)			
۰	۱۱۲/۴۹J	۱۷۰/۷۷E	۲۶۳/۳۱B	۳۲۷/۱۰A	۲۱۸/۴۲A
۲/۵	۵۵/۵۳M	۱۳۰/۸۴H	۲۱۲/۰۱C	۲۶۳/۸۸B	۱۶۵/۵۷B
۵	۴۷/۶۰N	۹۲/۲۸O	۱۵۹/۲۶F	۱۹۱/۳۶D	۱۲۲/۷۳C
۱۰	۲۶/۲۷O	۷۷/۲۸L	۱۳۰/۴۵H	۱۳۹/۲۹G	۹۳/۳۲D
۲۰	۶/۹۰P	۴۵/۲۶N	۷۸/۰۹L	۱۱۹/۶۸I	۶۲/۴۸E
میانگین	۴۹/۷۵D	۱۰۳/۳۷C	۱۶۰/۶۲B	۲۰۸/۲۶A	۱۳۲/۵۰
LSD٪۱	۲/۳۳ = کادمیوم		۲/۰۸ = روی		۴/۶۱ = روی × کادمیوم
		جذب روی توسط کاه (میکروگرم در گلدان)			
۰	۱۱۶/۵۰J	۱۷۹/۹۷F	۲۸۰/۲۰B	۳۳۶/۵۵A	۲۲۸/۳۰A
۲/۵	۵۳/۸۵N	۱۳۷/۴۱I	۲۲۶/۴۶D	۲۷۳/۱۹C	۱۲۷/۷۳B
۵	۴۳/۰۳O	۹۲/۷۱K	۱۶۰/۹۳G	۱۹۴/۵۴E	۱۲۲/۸۰C
۱۰	۲۶/۱۱P	۷۰/۸۱M	۱۳۵/۶۶I	۱۴۹/۴۲H	۹۵/۵۰D
۲۰	۱۲/۷۴Q	۴۶/۷۲O	۸۱/۰۱L	۱۲۱/۱۰J	۶۴/۸۹E
میانگین	۵۰/۴۵D	۱۰۵/۱۳C	۱۷۶/۸۵B	۲۱۴/۹۶A	۱۳۶/۸۴
LSD٪۱	۲/۸۰ = کادمیوم		۲/۵۰ = روی		۵/۶۰ = روی × کادمیوم
		جذب کل روی توسط گیاه (میکروگرم در گلدان)			
۰	۲۲۹/۴۳J	۳۵۰/۷۴E	۵۴۳/۵۱B	۶۶۳/۶۶A	۴۹۶/۷۸A
۲/۵	۱۰۹/۳۸N	۲۶۸/۲۸H	۴۲۸/۴۷C	۵۳۷/۰۸B	۳۳۸/۳۰B
۵	۹۰/۳۴O	۱۸۵/۴۴K	۳۲۰/۱۹F	۳۸۵/۹۰D	۲۴۵/۵۴C
۱۰	۵۲/۳۸P	۱۴۷/۱۰M	۲۶۶/۱۱H	۲۸۷/۶۱G	۱۸۷/۵۸D
۲۰	۱۹/۶۵Q	۸۹/۹۹O	۱۵۹/۱۰K	۲۴۰/۷۸I	۱۲۷/۳۸E
میانگین	۱۰۰/۲۵D	۲۰۸/۵۱C	۳۴۵/۴۸B	۴۲۳/۰۳A	۲۶۹/۳۲
LSD٪۱	۳/۵۴ = کادمیوم		۳/۱۷ = روی		۱۰/۲۶ = روی × کادمیوم

* میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح یک درصد می باشند.

جداول ۵ و ۶ اثرات کادمیوم و روی بر غلظت و جذب روی دانه و کاه و جذب کل همراه با گروه‌بندی میانگین نشان می‌دهد با مصرف کادمیوم غلظت روی دانه ۴۳/۳۱ درصد کاهش یافت. میانگین غلظت روی دانه در Zn_0 برابر ۱۵/۸۸ و در Zn_3 به ۳۲/۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید. افزایش غلظت روی دانه بر اثر مصرف کود روی در تحقیقات متعددی گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

شده است (۲). میانگین غلظت روی در Cd_0 برابر ۳۱/۶۳G و در Cd_4، ۱۷/۹۳ میلی‌گرم در کیلوگرم شد.

جدول ۷- اثرات مصرف کادمیوم و روی بر غلظت آهن، منگنز و مس دانه

سطوح کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم خاک) ۰	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
	غلظت آهن در دانه (میلی گرم در کیلوگرم)				
۰	۷۷/۶۶A	۷۴/۲۰BC	۷۱/۰۰GH	۶۷/۴۰K	۷۲/۵۶A
۲/۵	۷۶/۳۳BC	۷۳/۶۶DE	۷۱/۰۰GH	۶۶/۳۳L	۷۱/۸۳B
۵	۷۷/۰۰AB	۷۳/۰۰EF	۷۰/۳۳HI	۶۵/۱۰M	۷۱/۳۵B
۱۰	۷۵/۳۳C	۷۲/۰۰FG	۶۹/۳۳JI	۶۴/۰۰N	۷۰/۱۶C
۲۰	۷۴/۰۰DE	۷۱/۶۶G	۶۹/۰۰J	۶۲/۳۳O	۶۹/۲۵D
میانگین	۷۷/۰۶A	۷۲/۹۰G	۷۰/۱۳C	۶۵/۰۳D	۷۱/۰۳
LSD٪۱	۰/۵۱۱ = کادمیوم		۰/۴۵۷ = روی		۱/۰۲۳ = روی × کادمیوم
	غلظت منگنز دانه (میلی گرم در کیلوگرم)				
۰	۳۷/۶۶C	۳۷/۰۰CD	۳۴/۳۳F	۳۲/۶۶G	۳۵/۴۱B
۲/۵	۳۸/۴۰B	۳۷/۳۳CD	۳۴/۶۶F	۳۲/۰۰G	۳۵/۱۰AB
۵	۳۹/۲۶A	۳۷/۴۰CD	۳۴/۵۰F	۳۲/۵۰G	۳۵/۹۱A
۱۰	۳۹/۰۰AB	۳۶/۹۰D	۳۴/۱۶F	۳۱/۰۰H	۳۵/۲۶B
۲۰	۳۷/۰۰E	۳۴/۶۶F	۳۴/۰۰F	۲۹/۶۶I	۳۳/۵۸C
میانگین	۳۸/۰۶A	۳۶/۳۳B	۳۴/۳۳C	۳۱/۵۶D	۳۵/۱۵
LSD٪۱	۰/۳۴۶ = کادمیوم		۰/۰۳۹ = روی		۰/۶۹۳ = روی × کادمیوم
	غلظت مس دانه (میلی‌گرم در کیلوگرم)				
۰	۸/۲۰BC	۸/۲۰BC	۷/۵۳EF	۷/۲۰I J	۷/۷۸A
۲/۵	۸/۳۰AB	۸/۲۰BC	۷/۴۳FG	۷/۲۳HI J	۷/۷۹A
۵	۸/۴۰A	۸/۲۰BC	۷/۳۶GH	۷/۱۳JK	۷/۷۷A
۱۰	۸/۲۳BC	۸/۱۰C	۷/۳۰GHI	۷/۰۳K	۷/۶۶B
۲۰	۷/۸۰D	۷/۶۳E	۷/۲۰I J	۶/۷۳L	۷/۳۴C
میانگین	۸/۱۸A	۸/۰۶B	۷/۳۶C	۷/۰۶D	۷/۶۷
LSD٪۱	۰/۰۷۵ = کادمیوم		۰/۰۶۷ = روی		۰/۱۵۰ = روی × کادمیوم

* میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح یک درصد می باشند.

در جدول ۷ اثرات مصرف کادمیوم و روی بر غلظت آهن، منگنز و مس دانه همراه با گروه‌بندی میانگین‌ها آورده شده است. با مصرف کادمیوم و روی غلظت آهن دانه کاهش نشان داد ولی تاثیر کادمیوم بر غلظت منگنز و مس دانه این روند را نشان نداد و اثر کاهندگی آن در سطح Cd_4 مشاهده گردید ولی با مصرف روی غلظت منگنز و مس دانه به طور معنی‌دار کاهش نشان داد. به طور کلی کادمیوم 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. جلیل و همکاران (۱۹۹۴) گزارش دادند که مصرف کادمیوم، غلظت کادمیوم را در ریشه و اندام هوایی افزایش داد اما غلظت پتاسیم، روی و منگنز در ریشه و اندام هوایی کاهش یافت. ولی غلظت آهن تحت تاثیر قرار نگرفت. برهمکنش منفی بین روی و آهن در خاکهای مختلف گزارش شده است (۱۴ ، ۱۵). مصرف مداوم کود سولفات روی به منظور رفع کمبود این عنصر موجب کاهش جذب آهن در گیاه می‌شود. اثر ضدیت بین روی و آهن مربوط به اثر رقابتی این دو عنصر در محل جذب است ولی در مطالعات انجام شده در کشت محلول مشاهده شد که با افزایش غلظت آهن، انتقال روی در گیاه کاهش یافت. برهمکنش منفی بین روی – منگنز و روی – مس نیز گزارش شده است (۱۵).

جدول ۸، ضرایب همبستگی ساده صفات مورد بررسی را نشان می‌دهد. همانطوریکه ملاحظه می‌شود همبستگی بین عملکرد و غلظت کادمیوم دانه منفی و در سطح یک درصد

جدول ۸- ضرایب همبستگی ساده صفات مورد بررسی

		Y_{10}	X_{15}	X_{13}	X_{12}	X_{11}	X_{10}	X_9	X_8	X_7	X_6	X_5	X_4	X_3	X_2	X_1
X_1	عملکرد کل	۰/۷۰**	-۰/۴۰NS	-۰/۴۷*	-۰/۴۰NS	۰/۸۸**	۰/۸۸**	۰/۸۰**	۰/۸۹**	۰/۸۰**	-۰/۶۵**	-۰/۶۵**	۰/۹۶**	-۰/۸۰**	۰/۸۰**	-۸/۰**
X_2	غلظت cd دانه	-۰/۶۰**	۰/۴۰NS	۰/۴۶*	۰/۴۰NS	-۰/۸۰**	-۰/۸۰**	-۰/۷۰**	-۰/۸۰**	-۰/۷۰**	-۰/۵۸**	۰/۵۸**	۰/۹۷**	-۰/۸۰**	۰/۸۰**	
X_3	جذب cd دانه	-۰/۷۰**	۰/۴۰NS	۰/۴۰NS	۰/۳۰NS	-۰/۸۰**	-۰/۷۰**	۰/۶۶**	-۰/۷۰**	-۰/۷۰**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۷**	-۰/۸۰**		
X_4	غلظت cd کاه	-۰/۶۰**	۰/۵۰*	۰/۵۶*	۰/۵۰*	-۰/۸۰**	-۰/۸۰**	-۰/۷۰**	-۰/۸۰**	-۰/۷۰**	۰/۷۲**	۰/۷۲**	۰/۹۷**			
X_5	جذب cd کاه	-۰/۶۰**	۰/۴۸*	۰/۵۰*	۰/۳۰NS	-۰/۷۰**	-۰/۷۰**	-۰/۶۰**	-۰/۷۰**	-۰/۶۰**	-۰/۷۰**	۰/۹۹**				
X_6	جذب کل cd	-۰/۶۶**	۰/۴۶*	۰/۵۰*	۰/۳۳NS	-۰/۷۰**	-۰/۷۰**	-۰/۶۸**	-۰/۷۰**	-۰/۶۰**	-۰/۶۰**					
X_7	غلظت Zn دانه	۰/۶۸**	۰/۵۰*	-۰/۶۰**	-۰/۵۰*	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۸**							
X_8	جذب Zn دانه	۰/۷۰**	۰/۵۰*	-۰/۵۰*	-۰/۵۰*	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۸**								
X_9	غلظت Zn کاه	۰/۶۸**	۰/۵۰*	-۰/۶۰**	-۰/۵۰*	۰/۹۸**	۰/۹۸**									
X_{10}	جذب Zn کاه	۰/۷۰**	۰/۵۰*	-۰/۵۰*	-۰/۵۰*	۰/۹۹**										
X_{11}	جذب کل Zn	۰/۷۰**	۰/۵۰*	-۰/۵۰*	-۰/۵۰*											
X_{12}	غلظت Fe دانه	۰/۱۰**	۰/۹۴**	۰/۹۶**												
X_{13}	غلظت Mn دانه	۰/۳۰**	۰/۹۷**													
X_{14}	غلظت Cu دانه	۰/۱۰**														
X_{15}	پروتئین دانه															

**، *، NS به ترتیب معنی دار در سطح یک و پنج درصد و غیر معنی دار

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار است. غلظت و جذب روی و کادمیوم دانه نیز همبستگی منفی و معنی‌داری نشان می‌دهند که ناشی از برهمکنش منفی بین آنهاست. همبستگی بین غلت ِ جذب کادمیوم دانه و درصد پروتئین نیز منفی و در سطح یک درصد معنی‌دار شد و این امر نشان می‌دهد با جذب کادمیوم و تجمع آن در دانه درصد پروتئین که یک عامل مهم کیفیت می‌باشد کاهش نشان می‌دهد. کادمیوم درصد پروتئین دانه را از طریق کاهش جذب نیترات و همچنین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز (NR) کاهش می‌دهد. بنابراین در شرایط غلظت زیاد کادمیوم علاوه بر کاهش جذب نیترات، احیای آن در گیاه و سنتز پروتئین نیز دچار اختلال می‌گردد.

با توجه به نتایج به دست آمده در این بررسی برهمکنش منفی بین کادمیوم و روی مشاهده گردید. بنابراین در خاکهای آلوده به کادمیوم می‌توان با مصرف کود سولفات روی تا حدود زیادی اثرات سوء کادمیوم را بر پاسخ‌های گیاهی کاهش داد البته با توجه به تاثیر خصوصیات خاک و گیاه بر نوع برهمکنش کادمیوم و روی بررسیهای بیشتری در این زمینه ضروری است و با توجه به تاثیر شوری و غلظت زیاد کلر در محلول خاک یا آب آبیاری بر افزایش جذب کادمیوم توسط گیاه بررسی در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. شناسایی ارقام و گونه‌های گیاهی با پتانسیل تجمع کم کادمیوم برای کاشت در خاک‌های آلوده امری اجتناب‌ناپذیر و موثر می‌باشد.

سپاسگزاری

اعتبار مالی این پژوهش از سوی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران تامین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود. همچنین از کلیه عزیزانی که به هر نحو در اجرای این تحقیق همکاری نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

۱. کریمیان، ن. ۱۳۷۷. پیامدهای زیادەروی در مصرف کودهای شیمیایی فسفری. مجله خاک و آب. ج ۱۲، شماره۴، ص ۱۴-۱، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۲. ملکوتی، م. ج، و م. لطف اللهی. ۱۳۷۸. نقش روی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و بهبود سلامتی جامعه. سازمان تات وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.

3. Alloway, B. J. 1990. Heavy metals in soils. Blakie and Sons Ltd. London.
4. Chaudery, M., L. D. Bailey and C. A. Grant. 1994. Effect of zine on cadmium concentration n the tissue of durum wheat. Cana. J. of Plant Sci. 74: 549-552.
5. Chuch, L., M. Saharan and K. Singh. 1989. Effect of Zinc and Cadmium on the yield and nutrient composition of wheat in a typic torripsament. J. Indian Soc. Soil Sci. 37: 408-411.
6. Grant, C. A., L. D. Bailey, M. J. Mclaughlin and B. R. Singh. 1999. Management factors which influence cadmium concentrations in crops. PP. 157-198. In: M. J. Mclaughlin and B. R. Singh. Cadmium in soils and plants. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
7. Gupta, V. and B. Potallia. 1990. Zinc – cadmium interaction in wheat. J. Indian Soc. Soil Sci. 48: 452-457.
8. He, Q. B. and B. R. Singh. 1994a. Crop uptake of Cd from phosphate fertilizers. I. Yield and Cd content. J. Water, Air. Soil Pollut. 74: 251-265.
9. Jalil, A., F. Selles and J. Clarke. 1994. Effect of cadmium on growth and uptake of cadmium and other elements by durum wheat. J. of Plant Nutr. 17: 1983-1858.
10. Marchiol., L., L. Leita, M. Martin, A. Peressotti and G. Zerbi. 1996. Physiological responses of two soybean cultivars to cadmium, J. of Environ. Qual. 25: 562-566.
11. Mench, M., D. Baize and B. Mosquot. 1997. Cadmium availability to wheat in five soil series from the Yonne district, Burgundy, France. J. of Environ. Qual. 26: 93-103.
12. Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987. Principles of Plant nutrition. 4th ed. International Potash Instiure, Bern. Sweitzerland.
13. Oliver, D., Tiller, R. Merry and J. Schultz. 1993. The effect of crop rotations and tillage practices on cadmium concentration in wheat grain. Australian. J. of Agricultural Research. 44: 1221-1234.

www.SID.ir

Archive of SID

14. Safaya, N. M. 1976. Phosphorus- Zinc interaction in relation to absorption rates of phosphorus. Zinc, copper manganese and iron in corn. Soil Sci. Soc. Amer, J. 40: 719-722.
15. Tandon, H. L. S. 1992. Management of nutrient interactions in agriculture. Fertilizer Development and Consulation Organization, New Delhi, India.
16. Wenzel, W., W. Blum, F. Jakwer, K. Roth and I. Vladeva. 1996. Effects of soil properties and cultivar on cadmium accumulation in wheat grain. Z. Pflanzenernahr Bodenk, 159: 609-614.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian, J. Agric. Sci. Vol.33, No.2, 2002

Effects of Combined Application of Cadmium and Zinc in Calcareous Soil on Responses of Wheat Plant

GH. SAVAGHEBI[1], M. M. ARDALAN[2] AND M. J. MALEKOUTI[3]
1,2, Assistant and Associate Professors, Faculty of Agriculture, University of Tehran
3, Professor, Tarbiat Modarres University
Accepted Dec. 12, 2001

SUMMARY

Cadmium (Cd) is a toxic element in plant nutrition and considered as a contaminant of food and feed. High levels of Cd in edible parts of crops such as wheat and rice grain are very dangerous as regards public health. Maximum tolerance level concentration (MPC) of Cd in wheat grain is 0.10-0.12 $mgkg^{-1}$. A greenhouse experiment was carried out to examine the effects of combined application of Cd and Zn on responses of wheat plant on a calcareous soil of Karaj. In a factorial experiment with randomized complete block design (RCBD) and three replicates per treatment, five levels of Cd (0, 2.5, 5, 10 and 20 $mgkg^{-1}$) and four levels of Zn (0, 10, 20 and 40 $mgkg^{-1}$) were added to the pot, then seeds of Mahdavi variety of wheat (*Triticum aestivum* L.) planted. The ANOVA results showed that Cd application significantly ($P<0.01$) decreased grain, straw, and total yield but Zn application increased these parameters significantly ($P< 0.01$). Application of Cd alone decreased the grain yield by 54.26%. while with Zn application the decrease in yield was 14.42%. The effects of Cd×Zn interaction were negatively significant. Cd increased the Cd concentration and uptake by grain and straw as well as total uptake but Zn application decreased the above parameters. Cd concentration in straw was higher than that in grain, but in the case of Zn it was vice verca. Applications of Zn decreased total uptake of Cd from 26.12 µgpot-1 in Zn0 to 11.26 µgpot-1 in Zn3. Concentrations of Fe, Mn and Cu in grain were decreased when Cd and Zn were applied. For reduction of Cd concentration in wheat grain, application of Zn and P fertilizers, only on the basis of soil test, and a selection of wheat varieties with lower potential of Cd accumulation in grain are recommended.

Key words: Cadmium, Zinc, Iron, Manganese, Copper, Concentration, Uptake, Grain and yield.

www.SID.ir