شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه-ای

اثر باقی‌مانده روی و کادمیوم بر کیفیت دانه گندم در تناوب با برنج در یک خاک آهکی

جهانبخش میرزاوند[۱*]

[۱] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران.

چکیده

به منظور بررسی اثر باقی‌مانده روی و کادمیوم در کشت برنج بر کیفیت دانه گندم، پژوهشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در منطقه کوشک فارس اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح روی (صفر، ۱۵ و ۲۵ میلی-گرم سولفات روی بر کیلوگرم خاک) و فاکتور دوم شامل چهار سطح کادمیوم (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کلرور کادمیوم بر کیلوگرم خاک) بودند. بیشترین تجمع کادمیوم دانه گندم (۵/۵۶ppm) در شرایط اثر باقی‌مانده ۱۰۰ میلی‌گرم کلرور کادمیوم بر کیلوگرم خاک و عدم کاربرد سولفات روی در کشت برنج حاصل شد. به طور مشابه، نتایج نشان داد غلظت عناصر دانه گندم در شرایط اثر باقی‌مانده ۱۰۰ میلی‌گرم کلرور کادمیوم بر کیلوگرم خاک ۱۱ درصد کاهش یافت. در حالی که، با کاربرد ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی بر کیلوگرم خاک غلظت عناصر دانه گندم ۱۲ درصد افزایش داشت. هم‌چنین، میان غلظت کادمیوم با غلظت عناصر در دانه گندم یک ارتباط منفی مشاهده شد و بیشترین میزان این همبستگی میان کادمیوم و مس (r^2=-۰/۵۱**) بود. به‌طورکلی در تناوب گندم-برنج و در شرایط آلودگی خاک با کادمیوم، کاربرد ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی بر کیلوگرم خاک در کشت برنج جهت بهبود کیفیت دانه گندم و کاهش اثرات منفی تجمع کادمیوم در یک خاک آهکی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، باقی‌مانده کود، عناصر ریز مغذی، سولفات روی.

مقدمه

یکی از مسائل زیست محیطی، آلوده شدن خاک در کشت گیاهان مختلف به فلزات سنگین می‌باشد. متاسفانه به دلیل ورود انواع پسماندهای صنعتی و ضایعات کارخانه‌های مختلف، میزان ورود این فلزات به خاک رو به افزایش است. آلوده شدن خاک‌های کشاورزی به فلزات سنگین یک تهدید جدی می‌باشد زیرا رشد و کیفیت محصولات کشاورزی را کاهش داده و سلامتی مصرف کننده‌ها را به خطر می‌اندازد. در بین عناصر سنگین غیر ضروری، کادمیوم (Cd) به دلیل تحرک و زیست فراهمی زیاد آن در خاک و سمیت آن در غلظت‌های کم، اهمیت بیشتری دارد. سمیت کادمیوم در گیاهان سبب ایجاد اختلال در متابولیسم عناصر کم مصرف، اختلال در تثبیت دی اکسید کربن، کاهش تعرق و جلوگیری از فتوسنتز می‌شود. لیکن، از عوامل تاثیرگذار بر جذب کادمیوم و ظهور علائم سمیت آن در گیاه، وضعیت تغذیه‌ای گیاه به‌ویژه در رابطه با عناصر کم مصرف می‌باشد. به عبارتی جذب و تحرک کادمیوم در گیاه به گونه گیاه، مرحله رشد، غلظت عناصر غذایی، شرایط رشدی گیاه و ترکیب سایر عناصر فلزی بستگی دارد (Cheng و Huang، ۲۰۰۶). در برنج‌زارهای استان فارس گندم (*Triticum aestivum* L.) کشت دوم بعد از برنج (*Oryza sativa* L.) است. از آنجایی که در شرایط غرقاب قابلیت استفاده عناصر ضروری تغییر می‌یابد و با توجه به آهکی و قلیایی بودن خاک‌های کشور، کمی مواد آلی و بی‌کربناته بودن آب‌های آبیاری کمبود روی (Zn) یک معضل تغذیه‌ای به ویژه در غلات در حال رشد می‌باشد. هم‌چنین، روی یک عنصر ضروری کم مصرف برای انسان، دام و گیاه است و در بسیاری از سامانه‌های آنزیمی گیاه نقش کاتالیزوری فعال کننده و یا ساختمانی دارد. بنابراین، کمبود روی موجب افت ارزش تغذیه‌ای محصولات تولیدی شده و غلظت کم روی در گندم و نان سبب بروز کمبود روی در انسان می‌شود (Sebastian و Prasad، ۲۰۱۴).

به دلیل شباهت رفتار شیمیایی روی و کادمیوم، اثر متقابل این دو فلز مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است. این تشابه در ویژگی‌های کادمیوم و روی نشان دهنده اهمیت برهمکنش آن‌ها در جذب و انتقال از ریشه به اندام هوایی و تجمع در بافت‌های خوراکی و در نهایت ورود به زنجیره غذایی می‌باشد (Zhao و همکاران، ۲۰۰۵). برخی محققین گزارش دادند که با مصرف روی، غلظت عنصر کادمیوم در محصول دانه گندم دوروم کاهش یافت و میزان کاهش همبستگی بالایی با اسیدیته، قدرت اکسیداسیون و احیا و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک داشت (Sohrabi-Yourtchi و Bayat، ۲۰۱۳؛ Slamet-Loedin و همکاران، ۲۰۱۵). به نقل از Payandeh و همکاران (۲۰۱۸)، در تناوب گندم-برنج کاربرد کادمیوم نه تنها غلظت روی را به‌طور

* ایمیل نویسنده مسئول: j.mirzavand@areeo.ac.ir

معنی‌داری در همه اندام‌های گندم کاهش داد، از انتقال روی از ریشه به اندام هوایی نیز جلوگیری کرد که با نتایج Valizadehfard و همکاران (۲۰۱۲a) مطابقت داشت. پاینده و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که سامانه کشت گندم-برنج مقدار بالاتری از کادمیوم در ساقه و ریشه گندم (۰/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در مقایسه با سامانه کشت گندم پس از آیش (۰/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. از سوی دیگر جذب، انتقال و مصرف سایر عناصر کم مصرف نیز می‌تواند تحت تاثیر برهمکنش کادمیوم و روی قرار گیرد. براساس نتایج Valizadehfard و همکاران (۲۰۱۲b)، در سطح ۵ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک غلظت آهن اندام هوایی برنج با کاربرد ۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک افزایش و با کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک کاهش یافت. در مقابل، با افزایش غلظت کادمیوم به ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک افزایش غلظت روی منجر به افزایش غلظت آهن در اندام هوایی گیاه گردید. صادقی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که در تمامی سطوح مصرفی کادمیوم، کاربرد روی باعث کاهش معنی‌دار غلظت منگنز و مس اندام هوایی ذرت شد. لذا با توجه به ضرورت کاربرد عنصر روی در تولید محصولات کشاورزی و آلوده شدن خاک‌های کشاورزی به فلزات سنگین از جمله کادمیوم به‌ویژه در خاک‌های آهکی این پژوهش با هدف بررسی اثر باقی‌مانده سطوح روی و کادمیوم در شرایط غرقاب و پس از کشت برنج بر کیفیت دانه گندم به عنوان کشت دوم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر باقی‌مانده روی و کادمیوم در کشت برنج بر کیفیت دانه گندم، پژوهشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی در تناوب گندم (رقم دوروم)-برنج (رقم قصرالدشتی) در مرکز تحقیقات کشاورزی کوشک، استان فارس با متوسط بارندگی سالانه درازمدت ۲۳۵ میلی‌متر (طول جغرافیایی ″۵۲ °۵۲ ′۳۵۷۱ شرقی و عرض جغرافیایی ″۷۶ °۲۹ ′۴۲۷۶ شمالی و ارتفاع ۱۵۹۶ متر از سطح دریا) و خاکی با مشخصات (Fine, Carbonatic, Thermic, Typic Calcixerpts) به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در هر سال قبل از کشت یک نمونه خاک مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول۱). تیمارها شامل سه سطح روی (صفر، ۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی بر کیلوگرم خاک) و فاکتور دوم شامل چهار سطح کادمیوم (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کلرور کادمیوم بر کیلوگرم خاک) بودند. سطوح سولفات روی و کلرور کادمیوم به صورت خاک مصرف و قبل از نشاء کاری در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۳ متر مصرف شدند. گندم در اواسط آبان ماه در هر سال زراعی و پس برداشت برنج کشت گردید. جهت تعیین عملکرد دانه گندم با رطوبت ۱۴ درصد پس از رسیدن فیزیولوژیک (زرد شدن میانگره آخر یا پدانکل)، بوته‌های گندم از مساحت ۲ متر مربع به صورت تصادفی و با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای با دست بریده و برداشت شدند. دانه‌های گندم و نمونه‌های خاک جهت تعیین غلظت روی و کادمیوم به آزمایشگاه ارسال شدند تا بر اساس روش Soltanpour (۱۹۸۵) غلظت آن‌ها تعیین گردد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح ۵ درصد و جهت رسم شکل‌ها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کشت برنج

سال	هدایت الکتریکی (EC)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	آهن (Fe)	مس (Cu)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	کربن آلی (OC)	آهک	اسیدیته (pH)	کادمیوم قبل از برنج (Cd)	کادمیوم قبل از گندم (Cd)
اول	۱/۲۸	۸/۶	۲۸۴	۴۲/۶۰	۱/۸	۲۹/۴۳	۰/۸۱	۱/۱۶	۴۹	۷/۷	۰/۹۸	۶/۸۹
دوم	۱/۳۸	۹/۸	۲۶۹	۳۹/۹۰	۲	۳۰/۶۰	۰/۷۶	۱/۱۲	۴۸	۷/۲	۱/۱۲	۷/۰۵
بافت خاک									Silty Clay Loam			

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد کیفیت دانه گندم به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر باقی‌مانده روی و کادمیوم در تناوب با برنج قرار گرفت. غلظت عناصر روی، منگنز، آهن و کادمیوم در سطح یک درصد ($P\leq0.01$) و عنصر مس در سطح پنج درصد ($P\leq0.05$) به ترتیب تحت تاثیر اثرات اصلی کاربرد سولفات روی و کلرور کادمیوم معنی‌دار بود (جدول۲).

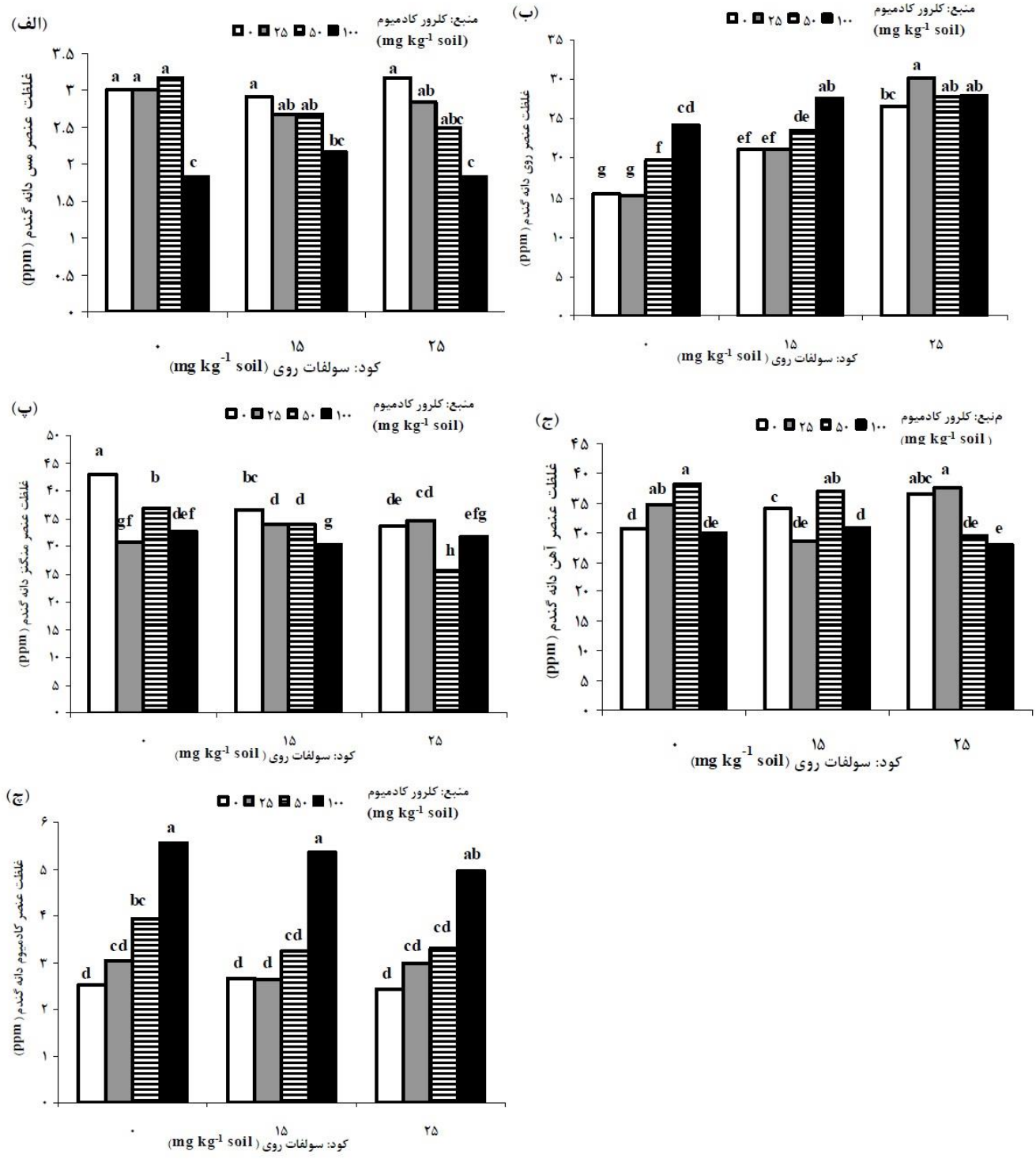
جدول ۲. تجزیه واریانس اثر باقی‌مانده کود روی، کادمیوم و برهمکنش آن‌ها بر کیفیت دانه گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی (ppm)	مس (ppm)	منگنز (ppm)	آهن (ppm)	کادمیوم (ppm)
اثر سال	۲	۱۰/۰۱^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۳۷/۷۲^{ns}	۳۶/۸۸^{ns}	۰/۸۰^{ns}
اثر سولفات روی (Z)	۳	۵۴۱/۵۱**	۲/۵۳*	۱۱۷/۰۵**	۱۰۷/۸۱**	۲۴/۱۱**
اثر کلرور کادمیوم (C)	۳	۱۰۲/۰۵**	۴/۱۴*	۱۴۴/۹۰**	۹۹۶/۶۱**	۲۷/۰۸**
C×Z	۹	۳۵/۹۳*	۲/۳۳*	۸۵/۰۷**	۱۰۶/۳۱**	۵/۳۳*
خطاء	۳۰	۴/۵۹	۰/۳۷	۵/۴۱	۴/۴۴	۰/۵۳
ضریب تغییرات		۹٪/۱۶	۱۳٪/۰۳	٪۶/۹۱	۶٪/۴۰	٪۱۰/۴۷

^{ns}، ** و *به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشند (LSD=5%).

نتایج نشان داد بیشترین غلظت عنصر مس (Cu) در دانه گندم (۳/۱۶ppm) در شرایط اثر باقی‌مانده ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک و عدم مصرف کلرور کادمیوم حاصل شد که با افزایش غلظت کلرور کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بیش از ۷۰ درصد کاهش یافت (شکل۱ الف). بیشترین غلظت عنصر روی دانه گندم نیز در شرایط کاربرد ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی و کلرور کادمیوم بر کیلوگرم خاک به دست آمد که نسبت به عدم مصرف کلرور کادمیوم ۱۳ درصد افزایش نشان داد. در حالی که افزایش غلظت کلرور کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، غلظت روی دانه گندم را ۷ درصد کاهش داد (شکل۱ ب). نتایج نشان داد بیشترین غلظت عنصر منگنز (Mn) در دانه گندم (۴۳ppm) در شرایط عدم مصرف سولفات روی و کلرور کادمیوم حاصل شد و با افزایش غلظت کلرور کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک غلظت منگنز ۲۴ درصد (۳۲/۶۷ppm در مقابل ۴۳ppm) کاهش یافت (شکل۱ پ). بیشترین غلظت آهن (Fe) دانه گندم (۳۸/۲ppm) در شرایط اثر باقی‌مانده ۵۰ میلی گرم کلرور کادمیوم بر کیلوگرم خاک و عدم کاربرد سولفات روی گزارش شد و با افزایش غلظت سولفات روی به ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بیشترین غلظت آهن (۳۷/۴۳ppm) در شرایط اثر باقی‌مانده ۲۵ میلی‌گرم کلرور کادمیوم بر کیلوگرم خاک به دست آمد و افزایش غلظت کلرور کادمیوم به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک غلظت آهن دانه گندم را ۲۶ درصد کاهش داد (شکل۱ ج). نتایج نشان داد بیشترین غلظت کادمیوم در دانه گندم در شرایط اثر باقی‌مانده ۱۰۰ میلی‌گرم کلرور کادمیوم بر کیلوگرم خاک حاصل شد و با افزاش غلظت سولفات روی به ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، غلظت کادمیوم دانه گندم ۱۱ درصد کاهش یافت (شکل۱ چ).

نتایج ما نشان داد کاربرد مقادیر بیشتر سولفات روی و یا افزایش آلودگی خاک با کادمیوم در کشت برنج می‌تواند، دسترسی گیاه زراعی گندم را به باقی-مانده روی و یا کادمیوم در تناوب با برنج افزایش دهد. براساس نتایج Rashid (۲۰۰۵)، کاربرد خاکی عناصر ضروری کم مصرف می‌تواند نقش موثری در قابلیت دسترسی باقی‌مانده آن عناصر برای گیاه زراعی در کشت دوم و در تناوب با سایر گیاهان زراعی بازی نماید. در شرایط خاک‌های رسی، آهکی و دارای اسیدیته بالا کاربرد کود روی منجر به تثبیت این عنصر می‌شود، اما با گذشت زمان دسترسی گیاه زراعی در کشت دوم به اثر باقی‌مانده روی افزایش می‌یابد (Abid و همکاران، ۲۰۱۳). به نقل از Khan و همکاران (۲۰۰۹)، کاربرد مقادیر بیشتر کود روی در کشت برنج می‌تواند مقادیر بیشتری از روی را به صورت باقی‌مانده در اختیار گیاه زراعی گندم قرار دهد، که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت. در پژوهشی دیگر مشخص شد که کاربرد کود روی در کشت برنج توانست باعث بهبود کیفیت دانه گندم به‌ویژه در سال دوم تناوب گردد (Hussain و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین، کاربرد کودهای حاوی عنصر روی می‌تواند نقش مثبتی در بهبود عملکرد محصولات زراعی و سلامت تغذیه‌ای انسان به‌خصوص در شرایط خاک‌های آلوده به کادمیوم داشته باشد (Dwivedi و Srivastva، ۲۰۱۴).



شکل ۱. اثر برهمکنش باقی‌مانده روی و کود بر غلظت عناصر مس (الف)، روی (ب)، منگنز (پ)، آهن (ج) و کادمیوم (چ) دانه گندم (میله‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD=5%).

در مقابل، تجمع عناصر سنگین به‌ویژه کادمیوم در خاک و گیاه خطرات زیادی را برای سلامت محیط زیست و انسان به دنبال دارد. آلودگی خاک با کادمیم توسط کودهای شیمیایی فسفاتی به عنوان یکی از اصلی ترین منبع افزایش آن در کشاورزی مدرن به شمار می‌رود. با توجه به اینکه اغلب خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک آهکی بوده، لذا این شرایط موجبات تثبیت فسفر را در خاک فراهم می‌کند. بنابراین در چنین شرایطی به‌منظور تامین فسفر مورد نیاز گیاه، کاربرد کود فسفر ضروری خواهد بود. کاربرد کودهای فسفاتی موجب افزایش هر چند اندک غلظت کادمیم در کلیه خاک-های مورد استفاده در کشاورزی می‌گردد، لیکن با افزایش سطح کادمیوم خاک مقدار آن در محصولات برداشت شده و هم‌چنین شستشوی آن در لایه شخم افزایش می‌یابد (Payandeh و همکاران، ۲۰۱۸). برخی محققین گزارش دادند که با مصرف روی، غلظت عنصر کادمیوم در محصول دانه گندم دوروم کاهش یافت و میزان کاهش، همبستگی بالایی با اسیدیته، قدرت اکسیداسیون-احیا و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک داشت (Sohrabi-Yourtchi و Bayat، ۲۰۱۳؛ Slamet-Loedin و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد غلظت عناصر دانه گندم با افزایش غلظت کادمیوم تغییر یافت. میان غلظت کادمیوم دانه با غلظت مس، منگنز و آهن دانه گندم یک ارتباط منفی و معنی‌دار وجود داشت و بیشترین میزان این همبستگی منفی در سطح یک درصد میان کادمیوم و مس (r^2=-۰/۵۱**) مشاهده شد. در حالی که میان غلظت روی با محتوای آهن و کادمیوم دانه یک ارتباط مثبت و معنی‌دار به ترتیب با r^2=۰/۳۹* و r^2=۰/۲۹* گزارش شد (جدول۳) که احتمالاً به دلیل شباهت رفتار شیمیایی روی و کادمیوم در دانه گیاه می‌باشد (Zhao و همکاران، ۲۰۰۵). هم‌چنین، جذب و انتقال سایر عناصر کم مصرف نیز می‌تواند تحت تاثیر برهمکنش کادمیوم و روی قرار گیرد. براساس نتایج Valizadehfard و همکاران (۲۰۱۲b)، در سطح ۵ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک غلظت آهن اندام هوایی برنج با کاربرد ۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک افزایش و با کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک کاهش یافت. در مقابل، با افزایش غلظت کادمیوم به ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک افزایش غلظت روی منجر به افزایش غلظت آهن در اندام هوایی گیاه گردید.

جدول ۳. ضرایب همبستگی میان غلظت عناصر دانه گندم

	مس	روی	منگنز	آهن	کادمیوم
مس	۱/۰۰				
روی	۰/۳۵*	۱/۰۰			
منگنز	۰/۳۹*	-۰/۵۱**	۱/۰۰		
آهن	۰/۵۸**	۰/۳۹*	۰/۱۷^{ns}	۱/۰۰	
کادمیوم	-۰/۵۱**	۰/۲۹*	-۰/۳۳*	-۰/۳۰*	۱/۰۰

^{ns}، ** و * به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

نتیجه‌گیری

امروزه، در راستای بهبود کارآیی استفاده از منابع در سامانه‌های تناوبی کشت، می‌توان از قابلیت استفاده مجدد باقی‌مانده کود در کشت بعدی استفاده نمود. در برنج‌زارهای استان فارس، گندم در تناوب با کشت برنج قرار می‌گیرد. از آنجایی که در شرایط غرقاب قابلیت استفاده و دسترسی به عناصر غذایی تغییر می‌یابد و از سوی دیگر آلوده شدن برنج‌زارهای استان به فلزات سنگین یک تهدید جدی می‌باشد، لذا مدیریت بهینه عناصر غذایی به‌ویژه در جهت توسعه کشاورزی پایدار و تولید محصولات سالم امری ضروری است. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، اثر باقی‌مانده سولفات روی و کلرور کادمیوم بر غلظت عناصر دانه گندم معنی‌داری بود. نتایج نشان داد در شرایط اثر باقی‌مانده ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی بر کیلوگرم خاک در کشت برنج غلظت عناصر مفید دانه گندم مانند مس، آهن، روی و منگنز ۸ درصد افزایش یافت. در حالی که، تجمع کادمیوم دانه گندم ۱۱ درصد با کاهش مواجه شد. به‌طورکلی در تناوب گندم-برنج و در شرایط آلودگی خاک با عناصر سنگین از جمله کادمیوم کاربرد ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی بر کیلوگرم خاک در کشت برنج جهت بهبود کیفیت دانه گندم و کاهش اثرات منفی تجمع کادمیوم در یک خاک آهکی قابل توصیه است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مسئولین محترم مرکز تحقیقات کشاورزی زرقان فارس برای تامین وسایل و امکانات لازم برای انجام این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌گردد و هم‌چنین از همکاری صمیمانه جناب دکتر رضا مرادی طالب بیگی در تجزیه و تحلیل و تهیه این مقاله تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

پاینده، خ.، جعفرنژاد، ع.، غلامی، ع.، شکوه‌فر، ع.ر. و پناه‌پور، الف. ۱۳۹۶. ارزیابی سیستم‌های مختلف کشت بر میزان غلظت کادمیوم در مراحل رشدی گندم. نشریه علمی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۱ (۳): ۶۵۳-۶۶۶.

صادقی، س.، اوستان، ش.، نجفی، ن.الف.، ولیزاده، م. و منیری‌فر، ح. ۱۳۹۶. اثر متقابل کادمیوم و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت. نشریه آب و خاک، ۳۱ (۲): ۴۶۰-۴۷۷.

Abid, M., Ahmed, N., Qayyum, M. F., Shaaban, M., Rashid, A. 2013. Residual and cumulative effect of fertilizer zinc applied in wheat-cotton production system in an irrigated aridisol. Plant, Soil and Environment, 59 (11): 505-510.

Cheng, S. F. and Huang, C. Y. 2006. Influence of cadmium on growth of root vegetables and accumulation of cadmium in the edible root. International Journal of Applied Science and Engineering, 43: 243-252.

Dwivedi, R., Srivastva, P. Ch. 2014. Effect of zinc sulphate application and the cyclic incorporation of cereal straw on yields, the tissue concentration and uptake of Zn by crops and availability of Zn in soil under rice-wheat rotation. International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture, 3 (53): 1-12.

Hussain, I., Shah, H., Khan, M. A., Akhtar, W., Majid, A., Mujahid, M. Y. 2012. Productivity in rice-wheat crop rotation of Punjab: an application of typical farm methodology. Pakistan Journal of Agricultural Research, 25: 1–11.

Khan, R., Gurmani, A. R., Gurmani, A. H., Sharifzia, M. 2007. Effect of phosphorus application on wheat and rice yield under wheat-rice system. Sarhad Journal of Agriculture, 2 (4): 851-856.

Payandeh, K., Jafarnejadi, A., Gholami, A., Shokohfar, A. and Panahpor, E. 2018. Evaluation of Cd Concentration in Wheat Crop Affected by Cropping System. Jundishapur Journal of Health Science, 1-10.

Rashid, A. 2005. Establishment and management of micronutrients deficiencies in soils of Pakistan: a review. Soil and Environment, 24: 1-22.

Sebastian, A. and Prasad, M. N. V. 2014. Cadmium minimization in rice. A review. Agronomy for Sustainable Development, 34:155-173.

Slamet-Loedin, I. H., Johnson-Beebout, S. E., Impa, S. and Tsakirpaloglou, N. 2015. Enriching rice with Zn and Fe while minimizing Cd risk. Frontiers in Plant Science. 6: 1-9.

Sohrabi-Yourtchi, M., and Bayat, H. R. 2013. Effect of cadmium toxicity on growth, cadmium accumulation and macronutrient content of durum wheat. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 6(15): 1099-1103.

Soltanpour, PN. 1985. Use of AB-DTPA to evaluate elements availability and toxicity. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 16: 323-338.

Valizadehfard, F., Reyhanitabar, A., Najafi, N. and Oustan, Sh. 2012a. Interactive Effects of Cadmium and Zinc Application on Their Uptake by Rice Under Waterlogged and Non-waterlogged Conditions. Journal of Plant Physiology and Breeding. 2 (2): 1-12.

Valizadehfard, F., Rihani-Tabar, A., Najafi, N. and Oustan, S. 2012b. The combined effect of cadmium and zinc in a calcareous soil on the uptake of phosphorus, copper, iron and manganese by two varieties of rice in flooded and non-waterlogged conditions. Journal of Soil and Water Research, 1 (43): 207-219.

Zhao, Z. Q., Zhu, Y. G., Kneer, R. and Smith, S. E. 2005. Effect of zinc on cadmium toxicity-induced oxidative stress in winter wheat seedlings. Journal of Plant Nutrition, 28: 1947-1959.

Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation

Residual zinc and cadmium impact on quality of wheat grain under rice rotation in a Calcareous soil

Mirzavand*[1], J.
1- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zarghan, Iran.

Abstract

In order to determine the effects of residual zinc (Zn) and cadmium (Cd) impact on quality of wheat grain under rice rotation, 2-year field experiment was arranged as a factorial based on randomized complete block design with three replications at Zarghan, Fars province. Treatments were zinc at three rates (0, 15 and 25 mg zinc-sulfate Kg^{-1} soil) and cadmium at four rates (0, 25, 50 and 100 mg cadmium chloride kg^{-1} soil). The highest Cd concentration in grain of wheat (5.56 ppm) was obtained when 100 mg cadmium chloride kg^{-1} soil applied under rice cultivation. Similarly, results showed that concentration elements into wheat grain decreased by 11%, when 100 mg cadmium chloride kg^{-1} soil applied. However, applying 25 mg zinc-sulfate kg^{-1} soil increased concentration elements into wheat grain 12%. Likewise, a negative relation was observed between Cd concentration and cupper (Cu), magnesium (Mn), Iron (Fe) and Zn elements, while a strong relation was recorded between Cd and Cu, r^2=-0.51**. In general, applying 25 mg zinc-sulfate kg^{-1} soil improved quality of wheat grain and decreased the negative effects of Cd under rice rotation in a Calcareous soil.

Keywords: Micro-elements nutrition; Residual fertilizer; Soil contamination; Zinc-sulfate.

* Corresponding author, Email: j.mirzavand@areeo.ac.ir