اثر بقایای گندم یا یونجه بر کاهش اثر سوء کادمیم بر جذب عناصر پرمصرف در ذرت

شهرزاد کرمی [۱] ، عبدالمجید رونقی [۲]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ۲-استاد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

چکیده
جذب، متابولیسم، و نقش عناصر ضروری مانند نیتروژن و فسفر، در شرایط تنش خشکی و سمیت فلزات سنگین در مقایسه با شرایط مطلوب متفاوت است. به منظور بررسی اثر برهمکنش کادمیم و بقایای گندم یا یونجه بر جذب کل برخی عناصر پرمصرف به‌وسیله ذرت آزمایشی گلخانه‌ای بصورت فاکتوریل ۳×۳×۲ شامل ۲ نوع بقایا (گندم و یونجه)، در ۳ سطح (صفر، ۱، و ۲ درصد وزنی) و سه سطح کادمیم (۵، ۱۵، و ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و در سه تکرار انجام شد. افزایش سطوح بقایای گندم، سبب افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم توسط ذرت شد. وزن خشک اندام هوایی و جذب کل نیتروژن و فسفر به‌وسیله اندام هوایی ذرت با کاربرد بقایای یونجه در مقایسه با بقایای گندم بیشتر بود. کاربرد بقایای گندم یا یونجه اثرات سوء کادمیم بر جذب فسفر اندام هوایی ذرت را کاهش داد و بقایای یونجه نسبت به بقایای گندم برتری داشت.

واژه های کلیدی: آلودگی کادمیم، بقایای آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم

مقدمه
کادمیم یک عنصر غیرضروری و سمی است که در جذب و انتقال آب و چندین عنصر غذایی (مانند پتاسیم، فسفر، آهن، و روی) در گیاه دخالت می‌کند (کاباتا پندیاس و پندیاس، ۲۰۰۱). کادمیم مانع تکثیر سلولی می شود و به همین دلیل بر رشد و عملکرد گیاه تأثیر منفی می‌گذارد. اثرات منفی کادمیم بر جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه گزارش شده است (صفرزاده، ۲۰۱۲). کادمیم جذب نیترات و انتقال آن از ریشه‌ها به اندام ه وایی را از طریق ممانعت از فعالیت نیترات رداکتاز کاهش می‌دهد (بناویدز و همکاران، ۲۰۰۵).(اثرات متفاوتی از عنصر کادمیم بر فسفر (P) و جذب آن به‌وسیله گیاه گزارش شده است (یانگ و همکاران، ۱۹۹۸؛ ابوالکاشم و کاوای، ۲۰۰۷). برهمکنش این دو عنصر در ارقام مختلف برنج و در غلظت‌های مختلف متفاوت است (صفرزاده، ۲۰۱۲).
کودهای آلی حاوی مقادیر زیادی عناصر کم مصرف و پر مصرف هستند که سبب بهبود رشد گیاه می شوند. علاوه بر آن این کودها مناسب ترین راه برای احیای خاک های فقیر از نظر ماده آلی به شمار می روند (طبیبیان و همکاران، ۲۰۱۲). میزان کادمیم قابل دسترس به شدت تحت تأثیر پ-هاش خاک و به خصوص حضور عوامل کلاته کننده می‌باشد. اله دادی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که خصوصیات خاك و رشد و عملکرد گیاه ذرت با افزایش میزان کمپوست بهبود یافت و قابلیت هدایت الکتریکی خاك را افزایش داد ولی با گذشت زمان قابلیت هدایت الکتریکی خاك به دلیل آبشویی و کاهش غلظت املاح کاهش یافت. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر افزودن سطوح مختلف بقایای گندم و یونجه بر وزن ماده خشک ذرت و جذب کل نیتروژن، فسفر، و پتاسیم به‌وسیله اندام هوایی ذرت در یک خاک آهکی آلوده به کادمیم بود.

مواد و روش‌ها
آزمایش در گلخانه بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتوریل ۳×۳×۲ شامل ۲ نوع بقایا (گندم و یونجه)، در ۳ سطح (صفر، ۱، و ۲ درصد وزنی) و سه سطح کادمیم (۵، ۱۵، و ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و در سه تکرار انجام شد. مقدار کافی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی متری) سری کوی اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز جمع آوری و پس از خشک کردن در هوا از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. ترکیب شیمیایی خاک و بقایای گندم و یونجه قبل از انجام آزمایش تعیین شد. پتاسیم بقایا به روش شعله سنجی، فسفر قابل استفاده با روش زرد و عصاره‌گیر آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادیت (چاپمن و پرت، ۱۹۶۱) و نیتروژن کل به روش میکرو کلدال (برمنر، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد (برخی از ویژگی‌های بقایا در جدول ۱ آورده شده است). به هر گلدان (۳ کیلوگرمی) تیمارهای بقایای آلی افزوده و با توجه به آزمون خاک، ۲۵ میلیلیتر از محلول‌های دارای غلظت‌های مناسب فسفر از منبع منوکلسیم فسفات، نیتروژن از منبع اوره و در سه قسط مساوی، منگنز، روی، و مس از منبع سولفاتی، آهن از منبع سکوسترین آهن به ترتیب به میزان ۲۰، ۲۲۵، ۱۰، ۱۰، ۵/۲، و ۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک به گلدان‌ها افزوده شد و سپس با کادمیم از منبع سولفات کادمیم تیمار گردید. رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی (۱۸ درصد وزنی) و با روش توزین روزانه نگه داشته شد. سپس در هرگلدان ۶ عدد بذر ذرت (رقم HIDO) کشت و پس از دو هفته و استقرار کامل گیاه، تعداد گیاهان به سه عدد دانهال در هر گلدان تقلیل داده شد. پس از ۸ هفته گیاهان از انتهای ساقه کمی بالاتر از سطح خاک جدا

شده و پس از شستشو با آب مقطر، در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک و وزن شد. عناصر موجود در اندام هوایی ذرت با استفاده از روش‌های ذکر شده برای بقایا، اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی های بقایای گندم و یونجه

بقایا	N	C	C/N	P	K
	(درصد)			($mg\ kg^{-1}$)	
یونجه	۲/۱	۱۵	۹/۱۲	۵۰۰	۵۰۰
گندم	۸/۰	۶۲	۵/۷۷	۶۶۲	۲۷۰۰

نتایج و بحث

جذب نیتروژن: داده های جدول ۲ نشان می‌دهد که در خاک تیمار شده با بقایای گندم، به دلیل کاهش وزن ماده خشک با افزایش سطوح کادمیم کاربردی، و افزایش غلظت نیتروژن در گیاه (اثر تجمعی) و در نتیجه ثابت ماندن حاصلضرب وزن ماده خشک در غلظت نیتروژن اندام هوایی (در اینجا گزارش نشده است)، کاربرد سطوح مختلف کادمیم اثر معنی‌داری بر میانگین جذب کل نیتروژن اندام هوایی ذرت نداشتند اما با افزودن سطوح مختلف بقایای گندم، میانگین جذب کل نیتروژن به‌وسیله اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری یافت. در خاک تیمار شده با بقایای یونجه نیز همانند بقایای گندم، کاربرد سطوح مختلف کادمیم اثر معنی‌داری بر میانگین جذب کل نیتروژن اندام هوایی ذرت نداشت اما با افزودن سطوح ۱ و ۲ درصد بقایای یونجه، میانگین جذب کل نیتروژن به‌وسیله اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری یافت که دلیل آن عمدتا کاهش غلظت بوده زیرا تغییر معنی داری در وزن خشک ذرت مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲- اثر نوع و سطوح بقایای آلی، و سطوح کادمیم بر برخی ویژگی های اندازه گیری شده

بقایای آلی	سطوح کادمیم ($mg.kg^{-1}$)			سطوح بقایای آلی (درصد وزنی)			میانگین اثر بقایا
	۵ (شاهد)	۱۵	۲۵	بدون بقایا (شاهد)	۱	۲	
	وزن خشک اندام هوایی ذرت ($g\ pot^{-1}$)						
گندم	۱/۱۳ BC	۶/۱۲ C	۱/۱۲ C	۷/۱۳ A	۸/۱۳ A	۳/۱۰ B	۶/۱۲ B
یونجه	۴/۱۴ A	۸/۱۳ AB	۷/۱۳ AB	۷/۱۳ A	۹/۱۳ A	۳/۱۴ A	۹/۱۳ A
	جذب کل نیتروژن به‌وسیله اندام هوایی ذرت ($mg\ pot^{-1}$)						
گندم	۲۴۲ B	۲۴۴ B	۲۵۰ B	۳۰۶ A	۲۵۸ C	۱۷۲ E	۲۴۵ B
یونجه	۲۷۹ A	۲۶۹ A	۲۶۷ A	۳۰۶ A	۲۸۳ B	۲۲۶ D	۲۷۲ A
	جذب کل فسفر به‌وسیله اندام هوایی ذرت ($mg\ pot^{-1}$)						
گندم	۳/۱۸ AB	۶/۱۶ B	۹/۱۸ AB	۴/۲۳ A	۷/۱۶ BC	۸/۱۳ C	۹/۱۷ B
یونجه	۱/۲۱ A	۰/۱۹ AB	۴/۱۹ AB	۴/۲۳ A	۳/۱۸ B	۹/۱۷ B	۸/۱۹ A
	جذب کل پتاسیم به‌وسیله اندام هوایی ذرت ($mg\ pot^{-1}$)						
گندم	۱۹۷ A	۱۹۷ A	۲۰۲ A	۱۷۷ BC	۲۳۳ A	۱۸۸ B	۱۹۹ A
یونجه	۱۷۴ B	۱۷۱ B	۱۵۹ B	۱۷۷ BC	۱۶۹ CD	۱۵۸ D	۱۶۸ B

مقایسه کاربرد بقایای گندم و یونجه نشان می‌دهد که میانگین جذب کل نیتروژن به‌وسیله اندام هوایی ذرت کشت شده در خاک تیمار شده با بقایای یونجه نسبت به خاک تیمار شده با بقایای گندم بطور معنی‌داری بیشتر بود (۸/۱۰ درصد) (جدول ۲). میرزایی و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش ماده آلی خاک شده و معدنی شدن این مواد سبب افزایش نیتروژن خاک و در نتیجه افزایش جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه می‌شود. با توجه به کمتر بودن نسبت C/N در بقایای یونجه (۹/۱۲) نسبت به بقایای گندم (۵/۷۷) (جدول ۱) سرعت تجزیه بقایای یونجه بیشتر بوده و سبب فراهمی بیشتر نیتروژن برای گیاه شده است.

جذب فسفر: در خاک تیمار شده با بقایای گندم، کاربرد سطوح مختلف کادمیم اثر معنی‌داری بر میانگین جذب کل فسفر اندام هوایی ذرت نسبت به سطح شاهد (سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک) نداشت اما با افزودن سطوح ۱ و ۲ درصد بقایای گندم، میانگین جذب کل فسفر اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد بقایای گندم یا یونجه) کاهش معنی‌داری یافت. در خاک تیمار شده با بقایای یونجه نیز کاربرد سطوح مختلف کادمیم اثر معنی‌داری بر میانگین جذب کل فسفر اندام هوایی ذرت نسبت به سطح ۵ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک نداشت اما با افزودن سطوح مختلف بقایای یونجه، میانگین جذب کل فسفر اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲).

مقایسه کلی اثر کاربرد بقایای گندم و یونجه نشان می‌دهد که میانگین جذب کل فسفر به‌وسیله اندام هوایی ذرت کشت شده در خاک تیمار شده با بقایای یونجه نسبت به خاک تیمار شده با بقایای گندم بطور معنی‌داری بیشتر بود (۵/۱۰ درصد) (جدول ۲). اسوارپ (۱۹۸۲) گزارش کرد کاربرد کود دامی سبب کاهش قابلیت استفاده فسفر و جذب آن در برنج شده است.

جذب پتاسیم: در خاک تیمار شده با بقایای گندم، کاربرد سطوح مختلف کادمیم و سطح ۲ درصد بقایای گندم اثر معنی‌داری بر میانگین جذب کل پتاسیم اندام هوایی ذرت نسبت به سطح شاهد نداشت اما با افزودن ۱ درصد بقایای گندم، میانگین جذب کل پتاسیم اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری یافت. در خاک تیمار شده با بقایای یونجه، کاربرد سطوح مختلف کادمیم و سطح ۱ درصد بقایای یونجه اثر معنی‌داری بر میانگین جذب کل پتاسیم اندام هوایی ذرت نسبت به سطح شاهد نداشت اما با افزودن ۲ درصد بقایای یونجه، میانگین جذب کل پتاسیم اندام هوایی ذرت نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). در هر دو نوع بقایا سطوح ۲ درصد سبب کاهش جذب کل پتاسیم نسبت به سطح یک درصد شده و اثرش روی افزایش پتاسیم برعکس شده که می‌تواند به دلیل تجزیه کمتر در مدت زمان دو ماه باشد. مقایسه کلی اثر کاربرد بقایای گندم و یونجه نشان می‌دهد که میانگین جذب کل پتاسیم به‌وسیله اندام هوایی ذرت کشت شده در خاک تیمار شده با بقایای یونجه نسبت به خاک تیمار شده با بقایای گندم بطور معنی‌داری کمتر بود (۶/۱۵ درصد) (جدول ۲). با توجه به نتایج جدول ۱ بقایای گندم از نظر پتاسیم (۲۷۰۰ میلی گرم در کیلوگرم بقایا) نسبت به بقایای یونجه (۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بقایا) غنی تر هستند و در نتیجه طبیعی است جذب کل پتاسیم در خاک تیمار شده با بقایای گندم بیشتر باشد. نتایج همبستگی بین سطوح بقایای افزوده شده و کادمیم و ویژگی‌های مختلف اندازه‌گیری شده در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- ضرائب همبستگی بین سطوح بقایای افزوده شده و کادمیم و ویژگی‌های مختلف اندازه‌گیری شده

ویژگی اندازه‌گیری شده	جذب کل نیتروژن اندام هوایی ذرت	جذب کل فسفر اندام هوایی ذرت	جذب کل پتاسیم اندام هوایی ذرت	سطوح بقایا	سطوح کادمیم
وزن خشک اندام هوایی گیاه	۶۴۹/۰**	۴۵۱/۰**	۰۳۲/۰ ns	۳۵۲/۰-**	۲۱۱/۰-ns
جذب کل نیتروژن اندام هوایی ذرت		۶۹۱/۰**	۰۱۴/۰ ns	۸۶۹/۰-**	۰۱۲/۰- ns
جذب کل فسفر اندام هوایی ذرت			۰۳۸/۰- ns	۵۸۸/۰-**	۰۴۴/۰- ns
جذب کل پتاسیم اندام هوایی ذرت				۰۵۰/۰-ns	۰۷۳/۰-ns

به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد ns و ** به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است و *

داده های جدول ۳ نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و معناداری بین وزن خشک اندام هوایی گیاه و میزان جذب فسفر و نیتروژن در سطح ۱ درصد وجود دارد و جذب کل نیتروژن و فسفر نیز همبستگی مثبت و معناداری دارند. افزایش سطوح بقایای گندم یا یونجه همبستگی معکوس و معناداری با وزن خشک اندام هوایی ذرت و جذب کل نیتروژن و فسفر داشت اما سطوح کادمیم در این مقادیر (۵-۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بکار برده شده تأثیر معناداری بر وزن خشک ذرت و جذب عناصر پرمصرف توسط ذرت نداشت که نشان می‌دهد کاربرد ذرت در شرایط آلودگی محدود کادمیم می‌تواند موثر واقع شود.

نتایج تجزیه واریانس اثر نوع و سطوح بقایای آلی، و سطوح کادمیم بر ویژگی‌های اندازه گیری شده در جدول ۴ نشان داده شده است. اثرات اصلی نوع و سطح بقایا بر تمامی ویژگی های اندازه گیری شده معنادار بود درحالیکه سطوح کادمیم کاربردی بر هیچ یک از ویژگی ها تأثیر معناداری نداشت. اثر دوتایی نوع و سطح بقایا بر تمامی ویژگی ها بجز جذب کل نیتروژن در سطح یک درصد معنادار بود اما اثر دوتایی سطح بقایا و سطوح کادمیم کاربردی تنها بر جذب کل نیتروژن اندام هوایی ذرت مؤثر بود. اثرات سه گانه نوع و سطوح بقایای آلی و سطوح کادمیم بر جذب کل فسفر در سطح یک درصد و بر جذب کل پتاسیم در سطح ۵ درصد معنادار بود.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر نوع و سطوح بقایای آلی، و سطوح کادمیم بر ویژگی های مختلف اندازه گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک	جذب کل نیتروژن اندام هوایی ذرت	جذب کل فسفر اندام هوایی ذرت	جذب کل پتاسیم اندام هوایی ذرت
نوع بقایا	۱	۳۲/۲۵ **	۳۴/۴۸ *	۲۳/۲۱۱ **	۱۲۹۷۹ **
سطح بقایا	۲	۵۵/۱۳ **	۴۵/۲۸۱ **	۴۰/۱۸ **	۷۳/۴۰۷۵ *
کادمیم	۲	۴۶/۳ ns	۱۵/۱۸ ns	۱۹/۱ ns	۴۴/۱۱۹ ns
نوع بقایا × سطح بقایا	۲	۳۶/۲۳ **	۳۳/۱۹ ns	۲۸/۵۹ **	۴۲/۴۶۰۰ *
نوع بقایا × کادمیم	۲	۱۴/۰ ns	۳۴/۷ ns	۸۸/۴ *	۶۵/۴۶۶ ns
سطح بقایا × کادمیم	۴	۱۵/۱ ns	۷۰/۹۳ **	۶۲/۰ ns	۹۳/۴۶ ns
نوع بقایا × سطح بقایا × کادمیم	۴	۳۹/۰ ns	۴۶/۲ ns	۴۸/۴ **	۰۹/۶۹۶ *
خطا	۳۷	۱۰۰/۱	۷۵۰/۱۰	۰۴۰/۱	۹۲/۲۴۱
کل	۵۴	...	...	...	...

منابع

Abul Kashem M.D. and Kawai S. ۲۰۰۷. Alleviation of cadmium phytotoxicity by magnesium in Japanese mustard spinach. Soil Science and Plant Nutrition. ۵۳: ۲۴۶-۲۵۱.

Allahdadi I., Memari A., Akbari G.A. and Lotfifar O. ۲۰۱۱. Effect of different amounts of municipal solid waste compost on soil properties and nutrient concentration and growth of corn yield. Journal of Plant Products Technology (Agricultural Research). ۱۱(۱): ۸۳-۹۷.

Benavides M.P., Gallego S.M. and Tomaro M.L. ۲۰۰۵. Cadmium toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology. ۱۷: ۲۱-۳۴.

Bremner J.M. ۱۹۹۶. Nitrogen total. In: Methods of Soil Analysis. D. L. Sparks et al. (eds.) part III, ۳rd ed. American Society of Agronomy. Inc., Madison, WI. Pp: ۱۰۸۵-۱۱۲۲.

Chapman H.D., and Pratt D.F. ۱۹۶۱. Methods of Analysis for Soil, Plant, and Water. University of California Division of Agric Science. Pp: ۱۶۹-۱۷۰.

Kabata-Pendias A. and Pendias H. ۲۰۰۱. Cadmium. In: Trace Elements in Soils and Plants, ۳rd ed. Kabata-Pendias A., and Pendias H. (eds.). CRC Press. Pp: ۱۴۳-۱۵۷.

Mirzaei R., Kambozia J., Sabahi H. and Mahdavi۱ A. ۲۰۰۹. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum L.*). Journal of Iranian Field Crop Research. ۷(۴): ۲۵۷-۲۶۸.

Safarzadeh S. ۲۰۱۲. Cadmium retention in soils and its uptake and translocation in some rice cultivars as affected by cadmium sulfate and cadmium-enriched sewage sludge application. Ph.D. thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Swarp A. ۱۹۸۲. Availability of iron, manganese, zinc, and phosphorus in a submerged sodic soil as affected by amendments during the growth period of rice crop. Plant and Soil. ۶۶: ۳۷-۴۳.

Tabibian B., Hoodaji M. and Yazdani N. ۲۰۱۲. Residual effects of organic fertilizers on chemical properties of soil and lead concentration. The ۱th International and the ۴th National Congress on Recycling of Organic Waste in Agriculture, Isfahan, Iran.

Yang M.J., Lin X.Y. and Yang X.E. ۱۹۹۸. Impact of cadmium on growth and nutrient accumulation of different plant species. Chinese Journal of Applied Ecology. ۹: ۸۹-۹۴.

Abstract

Uptake, metabolism, and function of essential nutrients such as nitrogen (N) and phosphorus (P) are different under water stress and toxicity of heavy metals compared to optimum conditions. In order to study interaction effects of cadmium (Cd) and wheat or alfalfa residues on macronutrients uptake by corn, a greenhouse experiment was conducted in a factorial ۲×۳×۳ arranged in a completely randomized design. Treatments consisted of two types of organic residues (wheat and alfalfa) in three levels (۰, ۱, and ۲% by weight) and three levels of Cd (۵, ۱۵, and ۲۵ mg kg^{-1}) with three replications. Increasing levels of wheat residues significantly increased uptake of potassium (K) in corn aerial parts. Corn dry matter yield and N and P uptake by corn shoots, with application of alfalfa residues, was higher compared to those by wheat residues application. Application of wheat or alfalfa residues mitigated detrimental effects of Cd on concentration and uptake of P by corn shoots and alfalfa residues was superior to wheat residues.