تأثیر کاربرد بقایای برخی گیاهان پیش‌کاشت بر غلظت کل و قابل جذب روی و غلظت اسید فیتیک در دانه گندم

وجیهه درستکار*، مجید افیونی و امیرحسین خوشگفتارمنش[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۷)

چکیده

با وجود اهمیت مدیریت بقایای گیاهی در سیستم‌های زراعی اطلاعات کمی در مورد اثر این بقایا بر قابلیت جذب روی در خاک و غلظت این عنصر در دانه گندم وجود دارد. در یک پژوهش گلخانه‌ای در دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۸۷-۱۳۸۶، بقایای پنج گیاه زراعی کشت شده در تناوب با گندم شامل بقایای سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، آفتابگردان (*Helianhtus annuus* L.)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، لوبیای چیتی(*Phaseolus vulgaris* L.) و شبدر (*Trifolium pretense* L.) با یک خاک آهکی دچار کمبود روی (۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) مخلوط شد. هم‌چنین یک تیمار بدون بقایای گیاهی نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بعد از مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک داخل گلدان‌ها، بذور دو رقم گندم بک‌کراس‌روشن (به عنوان رقم روی-کارا) و کویر (به عنوان رقم روی- ناکارا) کشت شدند. نتایج نشان داد که کاربرد بقایای گیاهی باعث افزایش معنی‌دار درصد ماده‌آلی و غلظت روی و فسفر قابل جذب خاک شد. هم‌چنین کاربرد بقایای گیاهی سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی دانه هر دو رقم گندم مورد مطالعه شد. بیشترین افزایش غلظت روی دانه در هر دو رقم گندم مورد مطالعه، در تیمار کاربرد بقایای سورگوم دیده شد. کاربرد بقایای گیاهی باعث کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی به عنوان شاخص قابلیت جذب روی برای مصرف کننده در همه تیمارهای مورد مطالعه شد، با این وجود این نسبت در همه تیمارها بیشتر از ۱۵ (حد بحرانی برای کیفیت دانه) بوده است. براساس نتایج این پژوهش، کاربرد بقایای گیاهی اگرچه باعث افزایش غلظت کل روی دانه شد، اما تأثیری بر قابلیت جذب روی برای مصرف کننده نداشت.

واژه‌های کلیدی: غنی‌سازی زیستی، بقایای گیاهی، اسید فیتیک، نسبت مولی اسید فیتیک به روی، پروتئین، گندم، روی‌کارایی

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: v.dorostkar@ag.iut.ac.ir

مقدمه

در سال‌های گذشته کمبود روی در انسان‌ها به عنوان یکی از عوامل اصلی اختلال در سلامت شناخته شده است و در حال حاضر بیش از ۲۵ درصد از مردم دنیا به کمبود این عنصر مبتلا می‌باشند (۳). عامل اصلی کمبود روی در انسان‌ها رژیم‌های غذایی وابسته به غلات معرفی شده است. در این رژیم‌های غذایی، غلظت کل روی، شاخص مناسبی برای ارزیابی قابلیت جذب این عنصر برای انسان نبوده و در نظر گرفتن غلظت مواد بازدارنده جذب مانند اسیدفیتیک و تحریک‌کننده جذب مانند پروتئین در مواد غذایی لازم به نظر می‌رسد (۳۲). اسید فیتیک یک کلات‌کننده قوی برای عناصر معدنی از جمله روی محسوب می‌شود. از آن‌جایی که این ترکیب در روده انسان جذب نشده، عناصر معدنی کلات شده با آن نیز بدون این‌که جذب شوند از روده عبور کرده و دفع می‌شوند. نسبت مولی اسید فیتیک به روی در رژیم‌های غذایی به عنوان شاخصی برای تعیین سهم روی قابل‌جذب مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور کلی دانه خشکبار، حبوبات و دانه سبوس‌گیری نشده غلات دارای بیشترین نسبت مولی فیتات به روی بوده که به طور معمول در دامنه ۲۲ تا ۸۸ قرار دارد (۱۱).

در سال‌های اخیر غنی‌سازی زیستی به عنوان یکی از راه‌های مبارزه با کمبود روی شناخته شده است (۹). هدف از این روش افزایش انباشتگی و قابلیت دسترسی زیستی روی در قسمت‌های خوراکی گیاهان به ویژه غلات به وسیله روش‌های ژنتیکی و زراعی می‌باشد (۹). در دهه‌های گذشته تلاش‌های زیادی برای تولید ارقام روی‌کارا به وسیله روش‌های ژنتیکی صورت گرفته است (۳ و ۳۸). کلید اصلی موفقیت در روش‌های ژنتیکی و اصلاحی، غلظت کافی روی در خاک برای استفاده گیاهان می‌باشد. در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، غلظت کل روی در خاک‌های زیر کشت غلات زیاد بوده، در حالی که به دلیل ویژگی‌های خاک از جمله پ- هاش و کربنات کلسیم زیاد و ماده آلی کم، غلظت روی قابل جذب برای گیاهان بسیار کم می‌باشد (۳). در نتیجه در این مناطق کاربرد روش‌های غنی‌سازی زراعی (تناوب، کوددهی، اختلاط بقایای گیاهی با خاک و استفاده از اصلاح کننده‌های آلی) برای افزایش قابلیت جذب روی همراه باکشت ارقام روی‌کارا لازم به نظر می‌رسد (۳، ۹ و ۴۱).

در بیشتر مناطق خشک و نیمه خشک بقایای گیاهی تولیدی در مزارع سوزانده شده و یا برای خوراک دام استفاده می‌شود. این بقایا منبع قابل توجهی از عناصر کم‌نیاز از جمله روی بوده و مخلوط نمودن آنها با خاک می‌تواند به چرخه این عناصر در خاک کمک نماید (۱۳). مطالعات پراساد نشان داد که هر تن گندم و برنج می‌تواند حدود ۹۶، ۷۷۷، ۷۴۵، ۴۲، ۵۵ و ۴ گرم در هکتار به ترتیب عناصر روی، آهن، منگنز، مس، بور و مولیبدن را از خاک جذب نماید (۲۷). بر اساس یافته‌های پراساد و سینها ۵۰ تا ۸۰ درصد روی، مس و منگنز جذب شده توسط برنج و گندم در صورت بازگرداندن این بقایا به خاک، دوباره به سیستم زراعی باز می‌گردد (۲۸). نیتیکا و کتارپول نیز با بررسی کیفیت غذایی دانه گندم در دو سیستم کشاورزی آلی و غیرآلی در شمال هند نشان دادند که در سیستم‌های غیرآلی، دانه‌های بزرگ‌تر و سخت‌تری تولید شده، در حالی که غلظت روی قابل عصاره‌گیری با اسید کلریدریک کمتر و غلظت فیتات و پلی‌فنول‌ها در مقایسه با سیستم‌های آلی بیشتر بوده است (۲۴). سینگ و همکاران دریافتند که بقایای برنج به دلیل تعدیل پ- هاش و درصد سدیم تبادلی خاک می‌تواند قابلیت جذب روی خاک را افزایش دهند (۳۳). یافته‌های راج و گوپتا نیز کاهش غلظت روی قابل جذب برای گیاه در اثر افزودن بقایای برنج و گندم به خاک را نشان داده است (۲۹). از آنجایی که اطلاعات محدودی در زمینه تأثیر بقایای گیاهی بر قابلیت جذب روی در خاک و غلظت کل و قابل جذب آن در دانه گندم وجود دارد، پژوهش حاضر با اهداف زیر انجام شده است: ۱) بررسی تأثیر بقایای گیاهی بر قابلیت جذب روی در خاک، ۲) تأثیر بقایای گیاهی بر غلظت کل روی در دانه گندم و ۳) تأثیر بقایای گیاهی بر غلظت اسید فیتیک و پروتئین به منظور بررسی قابلیت جذب روی در دانه گندم برای انسان.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان و در سال ۸۷- ۱۳۸۶ انجام شد.

۱. تجزیه شیمیایی خاک مورد آزمایش

جهت انجام این پژوهش خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری ایستگاه تحقیقاتی رودشت با موقعیت جغرافیایی ′۲۹ °۳۲ شمالی و ′۱۰ °۵۲ شرقی واقع در شرق اصفهان با میزان ماده آلی ۰/۶۶ درصد و غلظت روی کم ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، جمع‌آوری و پس از هواخشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتر تعیین شد (۱۰). پ- هاش و قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره ۲:۱ آب به خاک به وسیله پ- هاش متر مدل ۶۲۰ و هدایت سنج مدل ۶۴۴ اندازه‌گیری شد (۳۰). هم‌چنین ماده آلی در خاک به روش سوزاندن تر (۲۳)، آهک خاک با روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیتراسیون برگشتی با هیدروکسیدسدیم (۲)، فسفر قابل جذب با روش اولسن (۲۵)، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و اندازه‌گیری با شعله‌سنج (۴) و نیتروژن کل به روش کلدال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری روی قابل جذب گیاه از محلول DTPA با مولاریته ۰/۰۰۵ (پ- هاش ۷/۲) با نسبت ۲:۱ محلول به خاک استفاده شد و غلظت روی در عصاره به وسیله دستگاه جذب اتمی (پرکین المر آ-آنالیست ۲۰۰) قرائت شد (۱۴). برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ قابل مشاهده است.

۲. تهیه و تجزیه شیمیایی بقایای گیاهی

در این پژوهش بقایای شاخساره ۵ گیاه مختلف همراه با یک تیمار بدون بقایا (تیمار شاهد) استفاده شد. بقایای گیاهی مورد استفاده از جمله مهم‌ترین گیاهان کشت شده در استان اصفهان در تناوب با گندم بوده که عبارت‌اند از: بقایای گیاهی آفتابگردان (*Helianhtus annuus* L.)، لوبیای چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)، شبدر (*Trifolium pretense* L.)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.). بقایای گیاهی مورد نظر در انتهای فصل رشد هر گیاه از سطح مزارع استان با ویژگی‌های خاک مشابه از نظر برخی از ویژگی‌های هدف از جمله غلظت روی (۰/۴۶ تا ۰/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و فسفر (۱۰ تا ۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) جمع‌آوری شدند. برای تعیین نسبت C:N بقایا، کربن آلی به روش سوزاندن تر (۲۳) و نیتروژن کل به روش کلدال اندازه‌گیری شد. هم‌چنین برای اندازه‌گیری غلظت روی، بقایا به وسیله ماکروویو و با مخلوط اسیدنیتریک و آب اکسیژنه عصاره‌گیری شده و غلظت روی در عصاره به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۳۵). مقدار روی اضافه شده به خاک به وسیله رابطه زیر محاسبه و سولفات روی (۲۰ درصد) معادل آن تعیین شد (جدول ۲):

(مقدار روی اضافه شده به خاک ($g\ Zn\ ha^{-1}$ soil) = غلظت روی بقایا ($g\ kg^{-1}$) × میزان بقایای اضافه شده به خاک ($kg\ ha^{-1}$)

کشت گلخانه‌ای

آزمایش گلخانه‌ای به صورت آزمایش‌های فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار با دو فاکتور بقایای گیاهی (در ۵ سطح) و رقم گندم (در ۲ سطح) انجام شد. به منظور کشت گیاه گندم، بقایای گیاهی هواخشک شده و در اندازه ۰/۳ تا ۱ سانتی‌متر خرد شدند. هم‌چنین خاک جمع‌آوری شده پس از هوا خشک شدن از الک ۸ میلی‌متری عبور داده شده و با بقایای گیاهی به مقدار ۸ تن در هکتار براساس شاخص برداشت منطقه (اطلاعات منتشر نشده مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان) و در شرایط دمایی مشابه با کل آزمایش مخلوط شد. سپس گلدان‌های با ابعاد ۲۵ سانتی‌متر ارتفاع و ۱۲/۵ سانتی‌متر قطر دهانه با ۸ کیلوگرم از مخلوط یکنواخت خاک و بقایا پر شدند. برای انجام این پژوهش از دو رقم گندم

جدول۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	پ- هاش	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	ماده آلی (٪)	آهک (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	روی قابل عصاره‌گیری با DTPA ($mg\ kg^{-1}$)
رسی سیلتی	۷/۶	۵/۸	۰/۶۶	۳۰	۰/۰۹۴	۱۱	۲۸۹	۰/۵

جدول۲. برخی ویژگی‌های بقایای گیاهی مورد استفاده

بقایای گیاهی	C:N	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	روی اضافه شده به خاک توسط بقایا ($g\ Zn\ ha^{-1}\ soil$)	سولفات روی معادل بقایا ($g\ ha^{-1}$)
سورگوم	۲۱/۹	۱۸/۵	۱۴۸	۳۶۵
آفتابگردان	۱۵/۲	۱۸/۵	۱۴۸	۳۶۵
گلرنگ	۱۶/۵	۲۱/۰	۱۶۸	۴۱۵
لوبیا	۵/۶	۱۹/۰	۱۵۲	۳۷۵
شبدر	۴/۹	۲۰/۰	۱۶۰	۳۹۵

کویر (روی‌ناکارا) و بک‌کراس‌روشن (روی‌کارا) براساس پژوهش انجام شده توسط خوشگفتارمنش و همکاران (۲۰۰۹) استفاده شد (۱۲). پس از اختلاط بقایا با خاک به منظور شروع تجزیه بقایا به مدت دو هفته گلدان‌ها در ۴ نوبت آبیاری شد و در شرایط رطوبتی و دمایی مشابه با کل آزمایش قرار گرفت. سپس در هر گلدان ۶ بذر از ارقام مورد نظر کشت شد. در طول انجام آزمایش، کوددهی بر اساس آزمون خاک به صورت ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم انجام گرفت و رطوبت در حد ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه نگه داشته شد. هم‌چنین در طول انجام آزمایش متوسط دمای روز و شب ۲۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۳۲ درصد بود. پس از طی ۷ ماه دوره رشد کامل گندم (۲۱۰ روز پس از کاشت)، گیاهان برداشت شده و دانه توزین شد و برای انجام سایر آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین پس از برداشت از خاک گلدان‌ها نمونه‌برداری شده و غلظت روی قابل عصاره‌گیری با DTPA، فسفر قابل جذب، نیتروژن کل و ماده آلی خاک اندازه‌گیری شد.

تجزیه دانه

برای اندازه‌گیری غلظت روی، دانه‌ها به وسیله ماکروویو و با مخلوط اسیدنیتریک و آب اکسیژنه عصاره‌گیری شدند و غلظت روی در عصاره به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۳۵). هم‌چنین به منظور اندازه‌گیری قابلیت جذب روی در دانه غلظت اسید فیتیک به روش ماکور (۱۸) و غلظت پروتئین به روش اندازه‌گیری نیتروژن کل به وسیله دستگاه کلدال و اعمال ضریب ۵/۷ اندازه‌گیری شد (۲۶). هم‌چنین نسبت مولی اسید فیتیک به روی از فرمول زیر محاسبه شد.

= نسبت مولی اسید فیتیک به روی)

(۶۵/۴ / روی(میلی‌گرم)) / (۶۶۰/ غلظت اسید فیتیک (میلی‌گرم)

تجزیه آماری داده‌ها به وسیله نرم افزار آماری SAS انجام و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح یک درصد صورت

گرفت. هم‌چنین هم‌بستگی بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به وسیله نرم افزار آماری SAS تعیین شد (۳۱).

نتایج و بحث

اثر بقایای گیاهی بر ویژگی‌های خاک

ماده آلی و نیتروژن کل

اختلاط بقایای گیاهی با خاک باعث افزایش معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) ماده آلی و نیتروژن کل خاک در مقایسه با تیمار شاهد (بدون بقایا) شد (جدول ۳). افزودن بقایای گلرنگ و آفتابگردان به خاک بیشترین تأثیر را بر افزایش درصد ماده آلی خاک داشت، در حالی که کمترین افزایش غلظت نیتروژن کل خاک در این تیمارها دیده شد (جدول ۳). افزایش مقدار ماده آلی و کاهش نیتروژن کل خاک در تیمارهای بقایای گلرنگ و آفتابگردان احتمالاً به دلیل بیشتر بودن نسبت C:N در این بقایا بوده است (جدول ۲). نسبت بالای کربن به نیتروژن در این بقایا باعث کاهش سرعت تجزیه میکروبی بقایا در طول زمان و افزایش آلی شدن نیتروژن می‌شود (۶ و ۱۷). در مقابل، کمتر بودن این نسبت در تیمار کاربرد بقایای شبدر باعث افزایش سرعت تجزیه و کاهش مقدار ماده آلی خاک نسبت به سایر بقایا شد (جدول ۲ و ۳). به علاوه بیشترین غلظت نیتروژن کل خاک در تیمار بقایای شبدر و لوبیا مشاهده شد (جدول ۳). کمتر بودن نسبت C:N و زیاد بودن غلظت نیتروژن این بقایا احتمالاً سبب افزایش مقدار این عنصر در خاک شده‌است (۵).

غلظت روی قابل جذب خاک

غلظت روی قابل عصاره‌گیری با DTPA در همهٔ تیمارهای مورد مطالعه در خاک کشت شده با رقم بک‌کراس‌روشن (روی‌کارا) بیشتر از خاک کشت شده با رقم کویر (روی ناکارا) بود (جدول ۳). مطالعات نشان داده است که ارقام روی‌کارا توانایی آزادسازی ترکیب‌های آلی مانند فیتوسیدروفورها را داشته و از این طریق می‌توانند تحرک و قابلیت جذب عناصری چون روی را در ریزوسفر گندم افزایش دهند (۴۱). آزادسازی بیشتر فیتوسیدرفورها در شرایط کمبود روی توسط رقم بک‌کراس‌روشن نسبت به رقم روی‌ناکارای کویر توسط دانش‌بخش نیز گزارش شده است (۱).

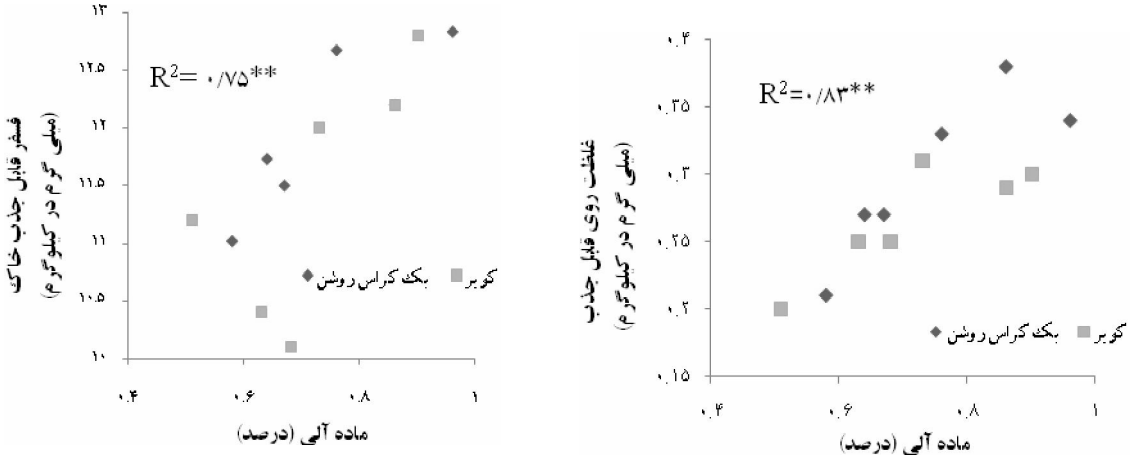
اختلاط بقایای گیاهی با خاک سبب افزایش معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) غلظت روی قابل عصاره گیری با DTPA خاک در هر دو رقم مورد مطالعه شد (جدول ۳). احتمالاً آزادسازی اسیدهای آلی در طول تجزیه بقایا باعث افزایش غلظت کمپلکس‌های محلول روی در این خاک آهکی شده و آزادسازی روی از فاز جامد به داخل محلول خاک را افزایش داده است (۳۲). به علاوه خود بقایای گیاهی نیز می‌توانند مقداری روی به خاک اضافه نمایند (جدول ۲). ورما و باگات و میلو نیز افزایش غلظت روی و منگنز خاک را در اثر افزودن بقایای گیاهی به خاک گزارش نموده‌اند (۲۰ و ۳۶). هم‌چنین هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) بین درصد ماده آلی خاک و غلظت روی قابل عصاره گیری با DTPA خاک در هر دو رقم گندم مورد مطالعه (R^2 =۰/۸۳) مشاهده شد (شکل ۱) که نشان دهنده اهمیت بقایای گیاهی و مواد آلی در قابلیت جذب روی خاک می‌باشد. ککمک نیز هم‌بستگی بالای بین ماده آلی خاک و غلظت روی قابل جذب را گزارش نموده است (۳).

بیشترین غلظت روی قابل عصاره گیری با DTPA خاک در تیمار کاربرد بقایای سورگوم، آفتابگردان و گلرنگ مشاهده شد (جدول ۳). از آن‌جاکه تفاوت معنی‌داری بین غلظت روی بقایای گیاهی مورد مطالعه وجود نداشت، به نظر می‌رسد کمپلکس‌های آلی تشکیل شده با روی در طی تجزیه این بقایا، سبب افزایش غلظت روی محلول خاک شده است (۳۲). اثر بقایای گیاهی مختلف بر غلظت سایر عناصر و قابلیت جذب آنها در خاک به دلیل تفاوت در ترکیب شیمیایی این بقایا توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (۱۶ و ۳۴).

جدول ۳. تأثیر کاربرد بقایای گیاهی و رقم گندم بر ماده آلی، نیتروژن کل و غلظت قابل جذب روی و فسفر خاک

بقایای گیاهی	ماده آلی		نیتروژن کل		روی قابل جذب		فسفر قابل جذب	
	(درصد)				(میلی‌گرم در کیلوگرم)			
	بک‌کراس روشن	کویر	بک‌کراس روشن	کویر	بک‌کراس روشن	کویر	بک‌کراس روشن	کویر
سورگوم	۰/۹۶ a	۰/۹۰ b	۰/۰۶۸ ef	۰/۰۶۷ f	۰/۳۴ b	۰/۳۴ b	۱۲/۸ a	۱۲/۸ a
آفتابگردان	۰/۷۶ d	۰/۷۳ e	۰/۰۷۵ c	۰/۰۷۴ c	۰/۳۳ bc	۰/۳۳ bc	۱۲/۶ a	۱۲/۰ c
گلرنگ	۰/۸۶ c	۰/۸۶ c	۰/۰۷۱ d	۰/۰۷۱ d	۰/۳۸ a	۰/۳۸ a	۱۲/۲ b	۱۲/۱ b
لوبیا	۰/۶۷ f	۰/۶۸ f	۰/۰۸۲ b	۰/۰۷۵ c	۰/۲۷ ef	۰/۲۷ ef	۱۱/۵ d	۱۰/۱ h
شبدر	۰/۶۴ g	۰/۶۳ g	۰/۰۹۱ a	۰/۰۸۰ b	۰/۲۷ ef	۰/۲۷ ef	۱۱/۷ c	۱۰/۴ g
شاهد	۰/۵۸ h	۰/۵۱ i	۰/۰۶۳ g	۰/۰۵۶ h	۰/۲۱ g	۰/۲۱ g	۱۱/۰ e	۱۱/۲ d

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشند.



شکل ۱. هم‌بستگی بین درصد ماده آلی و غلظت روی قابل جذب و فسفر قابل جذب خاک

غلظت فسفر قابل جذب خاک

فسفر قابل جذب خاک در همه تیمارهای مورد مطالعه در خاک زیر کشت رقم بک کراس روشن بهاره به صورت معنی‌داری بیشتر از رقم کویر بود (جدول ۳). تفاوت در فسفر قابل جذب خاک در ریزوسفر ارقام مختلف گندم توسط ونگ و همکاران نیز گزارش شده است. تنوع در طول ریشه‌های موئین و فعالیت آنزیمی در ریزوسفر ارقام مختلف دلیل اصلی این اختلاف می‌باشد (۳۷).

اختلاط بقایای گیاهی با خاک سبب افزایش معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) فسفر قابل جذب خاک زیر کشت رقم بک‌کراس‌روشن شد (جدول ۳). بیشترین و کمترین غلظت فسفر در این تیمار به ترتیب در تیمار سورگوم و شاهد مشاهده شد. هم‌چنین کاربرد بقایای شبدر و لوبیا در رقم کویر باعث کاهش فسفر قابل جذب در خاک زیر کشت رقم کویر شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش فعالیت میکروبی و آلی شدن

فسفر خاک سبب کاهش فسفر قابل جذب در این تیمارها شده است. نتایج درستکار و همکاران نشان داده است که تنفس میکروبی در ریزوسفر رقم کویر بیشتر از رقم بک‌کراس‌روشن بوده است. هم‌چنین شدت تنفس میکروبی در تیمار بقایای شبدر و لوبیا نیز نسبت به سایر تیمارها بیشتر بوده است (۷).

هم‌بستگی مثبت معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) بین مقدار ماده آلی خاک و غلظت فسفر قابل جذب خاک مشاهده شد (R^2=۰/۷۵) که نشان‌دهنده اهمیت مدیریت بقایای گیاهی در چرخه فسفر خاک می‌باشد (شکل ۱). کیفیت بقایا، فعالیت میکروبی و شرایط محیطی عوامل اصلی در تعیین تغییرات فسفر خاک در پاسخ به اختلاط بقایای گیاهی هستند. سون و آرشاد نیز مقدار معدنی شدن فسفر در تیمار بقایای گندم، کلزا و نخود را بسته به کیفیت بقایا در دامنه ۰/۵ تا ۰/۸ کیلوگرم فسفر در هکتار گزارش نموده‌اند (۳۴).

اثر بقایای گیاهی بر عملکرد دانه

عملکرد دانه در همه‌ی تیمارهای مورد مطالعه در رقم کویر به صورت معنی‌دار بیشتر از رقم بک‌کراس‌روشن بود (جدول ۴). اختلاط بقایای گیاهی با خاک سبب افزایش عملکرد دانه به مقدار ۲۰ تا ۱۰۰ درصد در رقم بک‌کراس روشن و ۱۰ تا ۸۸ درصد در رقم کویر در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). بقایای گیاهی با افزایش ماده آلی خاک، بهبود رشد ریشه و افزایش قابلیت جذب عناصر کم‌نیاز و پرنیاز خاک سبب افزایش عملکرد در گیاهان می‌شوند. نتایج مطالعات گوناگون نشان می‌دهد که اثر بقایای گیاهی بر عملکرد گیاه بسته به شرایط محیطی و کیفیت بقایا متفاوت می‌باشد (۱۳).

در هر دو رقم مورد مطالعه کمترین عملکرد مربوط به تیمار کاربرد بقایای سورگوم و گلرنگ بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد نسبت C:N زیاد این بقایا به دلیل افزایش آلی شدن نیتروژن سبب کاهش عملکرد در این تیمارها شده است (۶).

هم‌چنین اثرهای ضدیتی این بقایا بر کشت بعدی توسط نسیم و همکاران گزارش شده است (۲۲). در مقابل آزادسازی بیشتر نیتروژن و رشد بهتر ریشه در تیمار کاربرد بقایای شبدر سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در این تیمار نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۴).

اثر بقایای گیاهی بر کیفیت دانه

غلظت روی دانه

تفاوت معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) بین دو رقم مورد مطالعه از نظر غلظت روی دانه مشاهده شد، به گونه‌ای که غلظت روی دانه در رقم بک‌کراس‌روشن بیشتر از رقم کویر بود (جدول ۴). با این وجود جذب روی دانه تنها در تیمار کاربرد بقایای شبدر در رقم بک‌کراس روشن بیشتر از رقم کویر بوده است و در سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری به لحاظ جذب روی دانه بین دو رقم مورد مطالعه دیده نشد که می‌تواند به دلیل کمتر بودن عملکرد در رقم بک‌کراس روشن باشد. بیشتر بودن غلظت روی در ریزوسفر رقم بک‌کراس‌روشن نسبت به رقم کویر نشان‌دهنده توانایی این رقم در افزایش قابلیت جذب روی خاک و در نتیجه افزایش جذب آن توسط گیاه می‌باشد (جدول ۳). غلظت بیشتر روی در ریشه و اندام هوایی رقم بک‌کراس‌روشن در مقایسه با رقم کویر توسط دانش‌بخش گزارش شده است (۱). نتایج سایر پژوهشگران نیز تنوع زیاد غلظت روی دانه در بین ارقام مختلف گندم را نشان داده است (۱۲ و ۱۳).

اختلاط بقایای گیاهی با خاک سبب افزایش غلظت روی دانه به مقدار ۹/۶ تا ۲۸/۲ درصد در رقم بک‌کراس‌روشن و ۸/۹ تا ۳۰ درصد در رقم کویر در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). با این وجود درهمه تیمارهای مورد مطالعه غلظت روی دانه کمتر از۳۰ تا ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده که حد بحرانی برای کیفیت دانه می‌باشد (۳). احتمالاً عدم رسیدن به این حد مطلوب به دلیل کم بودن اولیه غلظت روی خاک بوده است. ویسوا و همکاران نشان دادند که مهم‌ترین عامل در تعیین

جدول ۴. تأثیر کاربرد بقایای گیاهی و رقم گندم بر عملکرد و غلظت روی دانه گندم

بقایای گیاهی	عملکرد دانه (گرم در گلدان)		غلظت روی دانه (میلی‌گرم در کیلوگرم)		جذب روی دانه (گرم در گلدان)	
	بک‌کراس‌روشن	کویر	بک‌کراس‌روشن	کویر	بک‌کراس‌روشن	کویر
سورگوم	۳/۸۵ h	۴/۷۵ f	۱۸/۶ a	۱۶/۴ b	۰/۰۷۱ d	۰/۰۷۷ d
آفتابگردان	۴/۶۵ f	۵/۳۶ e	۱۸/۵ a	۱۶/۱ b	۰/۰۸۶ d	۰/۰۸۶ d
گلرنگ	۳/۸۴h	۴/۷۳f	۱۸/۵a	۱۴/۲de	۰/۰۷۱d	۰/۰۶۷d
لوبیا	۶/۵۹ d	۷/۰۹ c	۱۵/۹ bc	۱۴/۸ cd	۰/۱۰۴ c	۰/۱۰۴ c
شبدر	۷/۷۶ b	۸/۱۰ a	۱۶/۱ b	۱۳/۶ ef	۰/۱۲۴ a	۰/۱۱۰ b
شاهد	۳/۲۰ i	۴/۳۰ g	۱۴/۵ de	۱۲/۶ f	۰/۰۴۶ f	۰/۰۵۴ f

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشند.

غلظت روی دانه، غلظت اولیه این عنصر در خاک می‌باشد (۳۹). به علاوه بیشترین غلظت روی دانه در هر دو رقم گندم مورد مطالعه مربوط به تیمار بقایای سورگوم و آفتابگردان بود. در حالی که تیمار بقایای لوبیا کمترین تأثیر را در افزایش غلظت روی دانه داشت (جدول ۴). اما از سوی دیگر جذب روی دانه در تیمار کاربرد بقایای لوبیا و شبدر بیشتر از سایر تیمارها بوده است که به دلیل افزایش وزن خشک و ایجاد اثر رقت می‌باشد. افزایش بیشتر ماده آلی و روی قابل عصاره‌گیری خاک در تیمار سورگوم و آفتابگردان می‌تواند سبب افزایش کمپلکس‌های محلول روی در خاک شده باشد. این کمپلکس‌های محلول، قابلیت جذب روی را برای گیاه افزایش می‌دهند (۳۲). هم‌چنین هم‌بستگی مثبت معنی‌دار (درسطح ۱ درصد) بین غلظت روی قابل عصاره‌گیری با DTPA در خاک و غلظت روی دانه (R^2=۰/۸۸) مشاهده شد (شکل۲). اهمیت وضعیت روی خاک در تعیین غلظت روی دانه توسط ویسوا و همکاران نیز نشان داده شده است (۳۲).

غلظت اسید فیتیک دانه

غلظت اسید فیتیک در دانه رقم کویر به صورت معنی‌داری بیشتر از رقم بک‌کراس‌روشن بود (جدول ۵). غلظت اسید فیتیک دانه گندم به مقدار قابل توجهی تابع ژنوتیپ گیاه می‌باشد (۱۳). به عنوان مثال، تنوع زیاد در غلظت اسید فیتیک در ۲۰ ژنوتیپ مختلف گندم توسط اردال و همکاران گزارش شده است (۸).

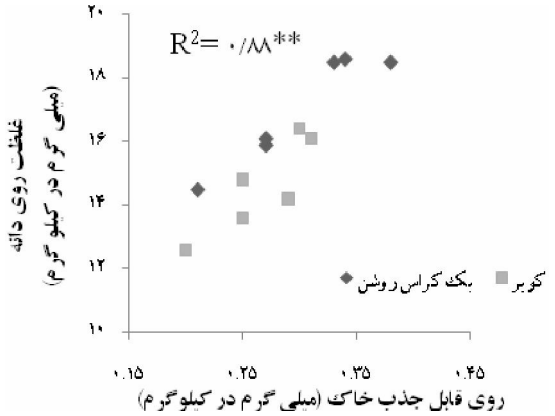
غلظت اسید فیتیک دانه در رقم بک‌کراس‌روشن در دامنه ۰/۳ تا ۰/۳۷ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک دانه و در رقم کویر در دامنه ۰/۲۷ تا ۰/۴۳ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک دانه قرار داشت (جدول ۵). غلظت زیاد اسید فیتیک دانه در آرد گندم‌های ایرانی توسط مامیش و تومار نیز گزارش شده است (۱۹). در بین بقایای گیاهی مورد مطالعه، بقایای لوبیا بیشترین تأثیر را در کاهش غلظت اسید فیتیک دانه در هر دو رقم گندم مورد مطالعه داشت. با این وجود کاهش غلظت اسید فیتیک دانه در رقم بک‌کراس‌روشن معنی‌دار نبود. به علاوه اختلاط بقایای سورگوم، آفتابگردان و گلرنگ در هر دو رقم مورد مطالعه باعث افزایش غلظت اسید فیتیک دانه شد. با این وجود این افزایش تنها در تیمارهای کاربرد بقایای سورگوم و آفتابگردان و در رقم بک‌کراس‌روشن معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشتر بودن غلظت فسفر قابل جذب در این تیمارها باعث افزایش معنی‌دار غلظت اسید فیتیک نسبت به سایر تیمارها شده است (جدول۳).

به علاوه هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری (در سطح ۵ درصد)

جدول ۵. تأثیر کاربرد بقایای گیاهی و رقم گندم بر غلظت اسید فیتیک، نسبت مولی اسید فیتیک به روی و پروتئین دانه گندم

بقایای گیاهی	اسید فیتیک (گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)		نسبت مولی اسید فیتیک به روی		پروتئین (درصد)	
	بک‌کراس‌روشن	کویر	بک‌کراس‌روشن	کویر	بک‌کراس‌روشن	کویر
سورگوم	۰/۳۷ b-e	۰/۴۱ ab	۱۹/۷ cde	۲۵/۰ b	۱۱/۰ a	۷/۵ a
آفتابگردان	۰/۳۶ c-f	۰/۴۱ ab	۱۹/۵ cde	۲۳/۵ b	۱۰/۷ a	۷/۸ a
گلرنگ	۰/۳۳d-g	۰/۴۳a	۱۸/۰e	۳۰/۰a	۱۰/۴a	۶/۵a
لوبیا	۰/۲۸ hi	۰/۲۷ i	۱۵/۱ f	۱۸/۲ ed	۱۲/۶ a	۷/۸ a
شبدر	۰/۳۲ e-h	۰/۳۲ f-i	۲۰/۲ c	۲۳/۴ b	۱۳/۳ a	۸/۰ b
شاهد	۰/۳۰ ghi	۰/۴۰ abc	۲۰/۰ cd	۳۲/۰ a	۱۰/۷ a	۵/۸ a

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشند.



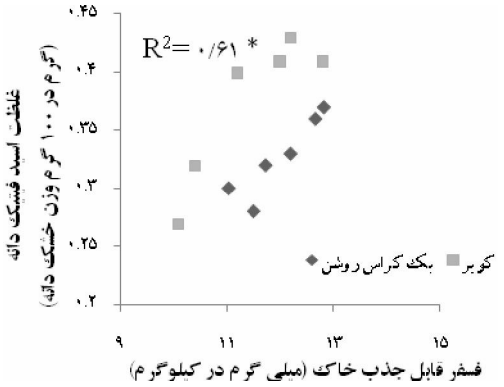
شکل ۲. هم‌بستگی بین غلظت روی قابل جذب خاک و غلظت روی دانه گندم

بین غلظت فسفر قابل جذب خاک و غلظت اسید فیتیک دانه (R^2=۰/۶۲) دیده شد (شکل۳). فسفر جذب شده در گیاهان به طور عمده به شکل اسید فیتیک در دانه ذخیره شده و احتمالاً افزایش غلظت فسفر در خاک باعث افزایش غلظت اسید فیتیک دانه می‌شود (۱۱). هم‌بستگی مثبت بین غلظت فسفر قابل جذب خاک و غلظت اسید فیتیک دانه توسط میلر و همکاران نیز گزارش شده است (۲۱).

نسبت مولی اسید فیتیک به روی

نسبت مولی اسید فیتیک به روی به عنوان شاخص قابلیت جذب روی در غذاها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). مواد غذایی توسط سازمان بهداشت جهانی بر اساس این شاخص در سه گروه به لحاظ قابلیت جذب روی برای مصرف کننده قرار می‌گیرند: اگر این نسبت کمتر از ۵ باشد، قابلیت جذب روی زیاد بوده، اگر بین ۵ تا ۱۵ باشند قابلیت جذب متوسط و اگر بیشتر از ۱۵ باشد، قابلیت جذب کم می‌باشد (۴۰).

نتایج نشان داد که نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه گندم رقم کویر به طور معنی‌داری بیشتر از رقم بک‌کراس‌روشن بود (جدول ۵). تنوع بالای این نسبت در ارقام مختلف گندم توسط خوشگفتارمنش و همکاران نیز گزارش شده است (۱۳).



شکل ۳. هم‌بستگی بین غلظت فسفر قابل جذب خاک و غلظت اسید فیتیک در دانه گندم

اختلاط بقایای گیاهی با خاک سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه هر دو رقم گندم مورد مطالعه شد (جدول ۵). بقایای گیاهی با افزایش حلالیت روی خاک و افزایش قابلیت جذب آن باعث کاهش این نسبت می‌شوند (جدول ۳ و ۴). با این وجود در همه تیمارهای مورد مطالعه نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه بیشتر از ۱۵ بوده که نشان‌دهنده قابلیت کم جذب روی برای مصرف‌کننده می‌باشد (۴۰).

تأثیر بقایای گیاهی بر نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دو رقم گندم مورد مطالعه متفاوت بود (جدول ۵). کاهش این نسبت در رقم بک‌کراس‌روشن تنها در تیمار کاربرد بقایای گلرنگ و لوبیا معنی‌دار بود. در حالی که در رقم کویر این کاهش برای همه تیمارها به جز تیمار گلرنگ معنی‌دار نبود. کمتر بودن قابلیت جذب روی و بیشتر بودن نسبت مولی اسید فیتیک به روی در رقم کویر سبب شده تا پاسخ این رقم به کاربرد بقایای گیاهی بیشتر باشد (جدول ۳ و۵).

با وجود غلظت بیشتر روی کل در تیمار کاربرد بقایای آفتابگردان و سورگوم، به دلیل بیشتر بودن نسبت مولی اسید فیتیک به روی در این تیمارها، قابلیت جذب روی نسبت به سایر تیمارها کمتر بود (جداول ۴ و ۵). در مقابل در تیمار کاربرد بقایای لوبیا با وجود غلظت کمتر روی، به دلیل پایین بودن نسبت مولی اسید فیتیک به روی، قابلیت جذب بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۴ و ۵).

غلظت پروتئین دانه

غلظت پروتئین دانه در رقم بک‌کراس‌روشن بیشتر از رقم کویر بود (جدول ۵). این اختلاف احتمالاً به دلیل توانایی متفاوت ارقام مختلف در جذب نیتروژن می‌باشد (۴۲). هم‌چنین به نظر می‌رسد غلظت بیشتر روی در دانه رقم بک‌کراس‌روشن سبب افزایش پروتئین دانه شده است. غلظت بیشتر پروتئین دانه در اثر افزایش غلظت روی توسط پک و همکاران نیز گزارش شده است (۲۶). بنابراین علاوه بر غلظت بیشتر روی در دانه رقم بک‌کراس‌روشن، قابلیت جذب آن نیز به دلیل کمتر بودن نسبت مولی اسید فیتیک به روی و بیشتر بودن درصد پروتئین دانه، نسبت به رقم کویر بیشتر بوده است.

اختلاط بقایای گیاهی با خاک در هر دو رقم مورد مطالعه سبب افزایش پروتئین دانه شد (جدول ۵). این افزایش احتمالاً به دلیل افزایش غلظت نیتروژن خاک در تیمار بقایای گیاهی در مقایسه با تیمار شاهد بوده است (جدول ۳). کاربرد بقایای شبدر بیشترین تأثیر را در افزایش غلظت پروتئین دانه داشت که احتمالاً به دلیل بیشتر بودن توانایی تثبیت نیتروژن در شبدر و بیشتر بودن غلظت نیتروژن خاک در این تیمار بوده است. در این راستا لپزبلیدو نیز نشان داد که تناوب گندم با سایر گیاهان به ویژه بقولات باعث افزایش پروتئین دانه گندم می‌شود (۱۵).

نتیجه‌گیری

اختلاط بقایای گیاهی با خاک سبب افزایش معنی‌دار ماده آلی، نیتروژن کل و غلظت روی و فسفر قابل جذب خاک شد. در رقم بک‌کراس‌روشن غلظت روی دانه، بیشتر و نسبت اسید فیتیک به روی، کمتر از رقم کویر بود که نشان دهنده قابلیت جذب بیشتر روی در این رقم می‌باشد. کاربرد بقایای گیاهی باعث افزایش قابلیت جذب روی خاک و افزایش غلظت کل این عنصر در دانه گندم نسبت به تیمار شاهد شد. اما اثر بقایای گیاهی مختلف در این زمینه متفاوت بود، به گونه‌ای که بیشترین غلظت روی دانه در تیمار کاربرد بقایای سورگوم، آفتابگردان و گلرنگ دیده شد. هم‌چنین کاربرد بقایای گیاهی سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه گندم در مقایسه با تیمار شاهد شد. با این وجود این نسبت در همه تیمارهای مورد مطالعه بیشتر از ۱۵ بوده که نشان دهنده قابلیت کم جذب روی برای مصرف‌کننده در این تیمارها می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد با وجود افزایش غلظت کل روی دانه، کاربرد بقایای گیاهی تأثیر چندانی بر قابلیت جذب روی دانه نداشته است.

منابع مورد استفاده

۱. دانش‌بخش، ب. ۱۳۸۸. مقایسه پاسخ تعدادی از ارقام گندم متفاوت از لحاظ روی‌کارآیی به تنش‌های شوری و کمبود روی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

2. Black, C. A., D. D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger and F. E. Clark. 1965. Methods of soil analysis: Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI.
3. Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil 302: 1–17.
4. Chapman, H. D. and P. F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Rivercide. CA.
5. De Neve, S. and G. Hofman. 1998. N Mineralization and nitrate leaching from vegetable crop residues under Field Condition: A Model Evaluation. Soil Biol. and Biochem. 30: 2067-2075.
6. De Neve, S., S. Gaona Sa´ez, B. Chaves Daguilar, S. Sleutel and G. Hofman. 2004. Manipulating N mineralization from high N crop residues using on- and off-farm organic materials. Soil Biol. and Biochem. 36: 127–134.
7. Dorostkar, V., M. Afyuni, A. H. Khoshgoftarmanesh and R. Schulin. 2010. Improving soil zinc bioavailability in response to crop residues and wheat Zn efficient genotype. Tropentag, Zurich.
8. Erdal, I., A. Yilmaz, S. Taban, S. Eker, B. Torun and I. Cakmak. 2002. Phytic acid and phosphorous concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. J. Plant Nutr. 25: 113-127.
9. Frossard, E., M. Bucher, F. Machler, A. Mozafar and R. Hurrell. 2000. Potential for increasing content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. J. Sci. Food and Agric. 80: 861-879.
10. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. PP.383-409. *In*: A.Klute(Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. 2nd ed., Madison, WI, Agron. ASA, SSSA.
11. Hotz, C. and K. H. Brown. 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. Food Nutr. Bull. 25: 94–204.
12. Khoshgoftarmanesh, A. H., A. Sadrarhami, H. R. Sharifi, D. Afyuni and R. Schulin. 2009. Selecting zinc-efficient wheat genotypes with high grain yield using a stress tolerance index. Agron. J. 101: 1-9.
13. Khoshgoftarmanesh, A. H., R. Schulin, R. L. Chaney, B. Daneshbakhsh and M. Afyuni. 2010. Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. Agron. for Sustainable Develop. 30: 83–107.
14. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 421-428.
15. Lopez-Bellido, L., J. Rafael, J. E. Castillo and F. J. Lopez-Bellido. 2001. Effect of long term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization and bread making quality of hard red spring wheat. Field Crops Res. 72: 197-210.
16. Lupwayi, N. Z., G. W. Clayton, J. T. O'Donovan, K. N. Harker, T. K. Turkington and Y. K. Soon. 2007. Phosphorus release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. Soil and Till. Res. 95: 231–239.

17. Magid, J., T. Mueller, L. S. Jensen and N. E. Nielsen. 1997. Modeling the measurable interpretation of field-scale CO2 and N-mineralisation, soil microbial biomass and light fractions as indicators of oilseed rape, maize and barley straw decomposition. PP. 349–362, *In*: G. Cadisch and K. E. Giller(Eds.), Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition , CAB Intl., Wallingford, UK.
18. Makower, R. U. 1970. Extraction and determination of phytic acid in beans. Cereal Chem. 47: 288.
19. Mameesh, M. S. and M. Tomar. 1993. Phytate content of some popular Kuwaiti foods. Cereal Chem. 70: 502–503.
20. Meelu, O. P., S. Yadvinder, S. Bijay, T. S. Khera and K. Kumar. 1994. Crop residues recycling and green manuring for soil and crop productivity improvement in rice-wheat cropping system. PP. 605–613. *In*: E. Humphreys, E. A. Murray, W. S. Clampett, and L. Q. Lewin (Eds.), Temperate Rice-Achievements and Potentials. Vol. 2, NSW Agriculture, GriYth, NSW, Australia.
21. Miller, G. A., V. L. Youngs and E. S. Oplinger. Effect of available soil phosphorus and environment on the phytic acid concentration in oats. 1980. Cereal Chem. 57: 192-194.
22. Naseem, M., M. Aslam, M. Ansar and M. Azhar. 2009. Allelopathic effects of sunflower water extract on weed control and wheat productivity. Weed Sci. Res. 15: 107-116.
23. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In:* Methods of soil analysis. Part 2. Madison, WI, Agron. ASA, SSSA.
24. Nitika, D. and N. Ketarpaul. 2008. Physico-chemical characteristics, Nutrient composition and consumer acceptability of wheat varieties grown under organic and inorganic farming condition. Intl. J. Food Sci. Nutr. 59: 224-245.
25. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. PP. 403-429. *In*: A. L. Page *et al*.(Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Madison, WI, Agron. ASA, SSSA.
26. Peck, A. W., G. K. McDonald and R. D. Graham. 2008. Zinc nutrition influences the protein composition of flour in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Cereal Sci. 47: 266–274.
27. Prasad, B. 1999. Conjoint use of fertilizers with organics, crop residues and green manuring for their efficient use in sustainable crop production. Fertil. Res. 44: 67-73.
28. Prasad, B. and S. K. Sinha. 1995. Nutrient recycling through crop residues management for sustainable rice and wheat production in calcareous soil. Fertil. Res. 40: 11-15.
29. Raj, H. and V. K. Gupta. 1986. Influence of organic manures and zinc on wheat yield and Zn concentration in wheat. Agric.Wastes 16: 255-263.
30. Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-435. *In*: A. L. Page *et al*.(Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Madison, WI, Agron. ASA, SSSA.
31. SAS Institute. 2000. SAS/STAT user's guide, release 8. SAS Institute, Cary, NC.
32. Schulin, R., A. Khoshgoftarmensh, M. Afyuni, B. Nowack and E. Frossard. 2008. Effect of soil management on Zn uptake and its bioavailability in plants. *In:* Banuelos, G. S. and Z. Lin. (Eds.), Development and Uses of Biofortified Agricultural Productes. CRC Press., Boca Raton, FL.
33. Singh. G., S. K. A. Natesan, B. K. Singh and K. Usha. 2005. Improving Zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. Current Sci. 88: 36-44.
34. Soon, Y. K. and M. A. Arshad. 2002. Comparison of the decomposition and N and P mineralization of canola, pea and wheat residues. Biol. and Fertil. of Soils 36: 10–17.
35. USEPA, 1995. Method 3051: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Available online at http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3051.pdf (verified 22 July 2004). USEPA, Washington, DC.
36. Verma, T. S. and R. M. Bhagat. 1992. Impact of rice straw management practices on yield, nitrogen uptake and soil properties in a wheat-rice rotation in northern India. Fertil. Res. 33: 97–106.
37. Wang, D., M. Petra, S. Zakaria and R. Zed. 2007. Growth, P uptake and rhizosphere properties of intercropped wheat and chickpea in soil amended with iron phosphate or phytate. Soil Biol.and Biochem. 39: 249-256.
38. White, P. J. and M. R. Broudly. 2005. Biofortifying crops with essencial mineral elements. Trends in Plant Sci. 10: 586-593.
39. Wissuma, M., A. M. Ismail and R. D. Graham. 2007. Rice grain zinc concentrations as affected by genotype, native soil-zinc availability, and zinc fertilization. Plant and Soil 306: 37-48.
40. World Health Organization. 2002. The world health report. Reducing risks, Promoting healthy lifes. Geneva: World Health Organization.
41. Zhao, F. J. and S. P. McGrath. 2009. Biofortification and phytoremediation. Current Opinion in Plant Biol. 12: 373-380.
42. Zhao, F. J., Y. H. Su, S. J. Dunham, M. Rakszegi, Z. Bedo, S. P. McGrath and P. R. Shewry. 2009. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. J. Cereal Sci. 49: 290-295.

Effects of Preceding Crop Residues on Total and Bio-available Zinc Concentration and Phytic Acid Concentration in Wheat Grain

V. Dorostkar*, M. Afyuni and A.H. Khoshgoftarmanesh[1]

(Received : Oct.1-2011 ; Accepted : June 16-2012)

Abstract

Limited information is available about the effect of preceding crop residues on bioavailability of zinc (Zn) in calcareous soil and its accumulation in wheat grain. In this experiment, residues of five crops including safflower (*Carthamus tinctorius* L.), sunflower (*Helianthus annuus* L.), bean (*Phaseolus vulgaris* L.), clover (*Trifolium pretense* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L.) were incorporated into a calcareous Zn-deficient (0.5 mg kg^{-1}) soil. A treatment without crop residue was also used in the experiment. This experiment was conducted in research greenhouse of Isfahan university of technology in 2010. Two wheat cultivars (*Triticum aestivum* cvs. Backcross and Kavir) differing in Zn-efficiency were studied in the experiment. Incorporating crop residues into the soil resulted in an increase of grain Zn concentration in both wheat cultivars although this increase was dependent on the preceding crop type. The greatest increase of grain Zn concentration occurred in the sorghum residues treatments. Although application of crop residues significantly decreased grain phytic acid to Zn molar ratio (as Zn bioavailability criteria for consumers), this ratio was still higher than 15, the critical Zn bioavailability level for consumers in foods. According to the results, despite the increase in the total Zn content, the bioavailability of Zn in wheat grain was not affected by crop residue treatments.

Keywords: Biofortification, Crop residues, Phytic acid, Phytic acid to Zn molar ratio, Protein, Wheat, Zn efficiency.

1. Dept. of Soil Sci., College of Agric., Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: v.dorostkar@ag.iut.ac.ir