

نقش عنصر روی در بهبود تولید گندم نان و دوروم در شرایط دیم سردسیری

بهزاد صادق زاده *

موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

چکیده

اثرات همزمان تنش خشکی و کمبود روی (Zinc) می‌تواند حساسیت گیاه به کمبود آب را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد گندم در دیم‌زارهای ایران گردند. گیاهان در معرض تنش روی، کارایی کمتری در استفاده از آب داشته و توانایی آنها در تنظیم فشار اسمزی جهت مقابله با تنش رطوبتی کمتر است. در این مطالعه، اثرات کاربرد کود روی بر عملکرد دانه ۱۰ ژنوتیپ گندم در طول ۲ سال زراعی تحت شرایط دیم در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور بررسی گردید. این تحقیق در دو ست تیمار کودی مجزا (بدون مصرف کود روی، با مصرف کود روی به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات روی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. بر اساس نتایج حاصله، کاربرد کود روی توانست با افزایش بیوماس، شاخص برداشت و وزن دانه موجب افزایش تقریباً ۹ درصدی عملکرد در سال اول و ۷ درصدی عملکرد در سال دوم شود. میزان افزایش عملکرد در بین ژنوتیپ‌ها در سال اول از ۱ درصد (رقم گندم نان زاگرس) تا ۱۹ درصد (لاین دوروم G-1252) متغیر بود؛ که این افزایش در گندم‌های دوروم بیشتر بود. برای صفت کارایی روی (نسبت عملکرد بدون کاربرد روی نسبت به کاربرد روی) تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت. همبستگی بین کارایی روی و افزایش عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌ها ۰/۷۲ بود؛ گرچه گندم‌های دوروم عموماً کارایی و نیز عملکرد کمتری در شرایط کمبود روی مخصوصاً تحت شرایط خشک سال اول داشتند. بطور کلی نتایج این تحقیق، ضمن آشکار کردن وجود تنوع ژنتیکی برای کارایی روی در بین ژنوتیپ‌های گندم، نشان داد که امکان اصلاح ارقام برای افزایش کارایی روی و عملکرد در خاک‌های نسبتاً فقیر تحت شرایط دیم وجود دارد. ضمناً با توجه به حساسیت بیشتر گندم دوروم به کمبود روی، می‌توان با کاربرد کود روی باعث افزایش عملکرد گندم دوروم در دیمزارهای سرد شد.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، تنش خشکی، کارایی روی، گندم نان و دوروم

مقدمه

در ایران از مجموع ۱۲ میلیون هکتار اراضی زیر کشت کشور بالغ بر ۴/۴ میلیون هکتار آن به کشت گندم دیم اختصاص دارد. تنش خشکی یکی از عوامل عمده محدود کننده در تولید محصول در دیمزارهای ایران می باشد. علاوه بر خشکی، کمبود عناصر غذایی قابل دسترس برای گیاهان در خاکهای زراعی نیز محدودیت عمده ای در تولید گندم در دیمزارها بوده که باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می گردد. در طول دهه گذشته توجه به نقش عناصر کم مصرف نظیر روی (Zinc) در غلات به دلیل کمبود این عناصر در خاکهای زراعی افزایش قابل توجهی یافته است (Alloway 2008). اکثر خاک های مناطق دیم آهکی بوده و دارای pH بالا هستند که موجب محدودیت در جذب بسیاری از عناصر غذایی در گیاهان می شود. از بین کمبود عناصر کم مصرف، کمبود روی مهمترین عامل محدود کننده بوده و تقریباً نصف خاکهای زیر کشت غلات در دنیا به ویژه خاک های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک دچار کمبود روی هستند (Cakmak et al, 2002; Graham and Welch 1996). طبق بررسی های انجام شده ۴۰ درصد از اراضی زیر کشت گندم آبی در ایران دچار کمبود شدید روی هستند (بلالی ۱۳۷۸). مطالعات متعدد نشان داده که تولید محصول غلات از جمله گندم و به ویژه گندم دوروم تحت تاثیر کمبود روی کاهش قابل توجهی داشته است (Graham et al, 1992; Kalayci et al, 1999). حساسیت گیاهان به کمبود روی در شرایط تنش خشکی شدیدتر از معمول بوده و به نظر می رسد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط میزان

تحمل ژنوتیپ ها را شاید تحت تاثیر قرار دهد (Bagci et al, 2007; Ekiz et al, 1998). تنش خشکی می تواند جذب روی توسط گیاه را به طرق مختلف از جمله با کاهش رشد و توسعه ریشه و نیز کاهش میزان جابجایی روی در خاک تحت تاثیر قرار دهد (Fageria et al, 2002; Samarah et al, 2004). همچنین در شرایط تنش خشکی، تداخل مکانیسم های جذب و تخلیه همراه با کاهش میزان تعرق، باعث کاهش جذب عناصر غذایی از جمله روی می گردند (Baligar et al, 1995; Marschner 2001). از اینرو، کاهش آب قابل دسترس در شرایط دیم باعث کاهش میزان روی و سایر عناصر غذایی قابل دسترس گیاه و در نهایت کاهش عملکرد و غلظت روی در گیاه می شود. در دیمزارها، دسترسی گیاه به میزان مناسب عناصر غذایی از جمله روی می تواند نقش مهمی در تحمل به خشکی بازی کند (Bagci et al, 2007; Samarah et al, 2004). کمبود آب یک تنش اکسیداسیونی به شمار می رود چرا که باعث تولید اکسیژن فعال (ROS) (reactive oxygen species) در گیاه مخصوصاً در طی فتوسنتز می گردد (Goodman and Newton 2005; Li et al, 2004; Sairam and Saxena 2001; Selote et al, 2004). در شرایط ایتیم، سلول قادر به از بین بردن و غیر سمی کردن رادیکال های آزاد اکسیژن توسط آنزیم های حاوی روی نظیر آسکوربیک پراکسیداز، گلوکاتایون ردوکتاز و سوپراکسید دسموتاز می باشد. البته فعالیت این آنزیم ها به وجود میزان کافی روی در گیاه وابسته می باشد. از اینرو کمبود روی می تواند فعالیت آنزیم های ضد اکسیداسیونی را کاهش دهد (Cakmak and Marschner 1988; Wenzel and)

فیتوسیدروفورهای متحرک کننده روی (Cakmak et al, 1996b; et al, 1994)، توانایی بهتر ریشه‌ها در جذب روی (Rengel and Graham 1996)، سیستم ریشه زنی گیاه (Dong et al, 1995)، فعالیت بیشتر آنهیدراز کربونیک (Rengel 1995a) و فراوانی گروه‌های سولفویدریل در غشای پلاسمایی سلولهای ریشه (Rengel 1995b) به عنوان مکانیسم‌های موثر در کارآیی استفاده از روی گزارش شده‌اند. در آزمایشات مزرعه‌ای در خاکهای آهکی با میزان روی کم، کارآیی ژنوتیپ‌های گندم با میزان روی در ساقه‌ها همبستگی مثبتی نشان داده است (Cakmak et al, 1997; Graham et al, 1992).

باغچی و همکاران (Bagci et al, 2007) مشاهده کردند کمبود روی و خشکی باعث کاهش عملکرد گندم نان و دوروم شده و بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تحمل به تنش خشکی و کمبود روی تنوع وجود داشت. همچنین در صورت عدم دسترسی گیاه به میزان کافی از روی، کارآیی استفاده از آب به صورت معنی‌داری کاهش یافته و باعث افت عملکرد می‌شود. در مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم تحت رژیم‌های رطوبتی متفاوت و میزان روی کاربردی، پلگ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم در کارآیی استفاده از روی وجود دارد. همچنین نتایج تحقیقات ثوابی‌فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) نشان دادند مصرف سولفات روی و میزان غلظت روی در بذر کشت شده بطور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد، درصد پروتئین دانه، جذب کل روی و غلظت روی در دانه می‌گردد.

(Mehlhorn 1995)، بنابراین تنش اکسیداسیونی می‌تواند جزئی از تنش کمبود روی نیز محسوب گردد.

کاهش میزان روی قابل جذب توسط گیاه نه تنها باعث کاهش عملکرد به ویژه تحت تنش خشکی شده (Cakmak et al, 1996c; Graham et al, 2001; McDonald et al, 1992)، بلکه باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای دانه گندم و در نهایت سوء تغذیه در انسان می‌گردد (Cakmak 2008). روی نقش حیاتی در فرآیندهای مختلف متابولیکی و فیزیولوژیکی در انسان بازی می‌کند و کمبود آن همراه با کمبود آهن زندگی تقریباً ۳ میلیارد انسان مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه را تحت تاثیر قرار داده (Bouis 2007; Welch and Graham 2004) و باعث عدم سلامتی، کم خونی و افزایش میزان مرگ می‌شود (INVALID CITATION !!!).

وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها به وجود مکانیسم‌های درگیر در داخل گیاه و نیز خاک مرتبط می‌باشد. برخی از ژنوتیپ‌ها دارای مکانیسم‌هایی برای جذب روی می‌باشند که جذب روی توسط گیاه در شرایطی که امکان دسترسی به روی موجود در خاک پایین باشد را فراهم می‌کند. این مکانیسم‌ها شامل: (i) افزایش روی قابل جذب در ناحیه ریزوسفر در نتیجه افزایش سطح ریشه، ترشح موادی از قبیل فیتوسیدروفورها و کاهش pH در ریزوسفر؛ (ii) افزایش میزان جذب روی توسط ریشه‌ها؛ (iii) جابجایی و کارآیی بهتر در استفاده از روی در داخل گیاه (Hajiboland et al, 2001; Hart et al, 1999; Rengel 1998) می‌باشد. در گندم، ترشح

سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه اجرا گردید.

قبل از اعمال تیمارها به منظور ارزیابی حاصلخیزی خاک، نمونه‌های خاک به روش مرکب از هر تکرار از عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری تهیه و پس از خشک نمودن در دمای اتاق و عبور از الک ۲ میلیمتری، خصوصیات و بافت خاک در آزمایشگاه موسسه تحقیقات کشاورزی دیم براساس روش‌های رایج اندازه‌گیری شد (علی‌احیائی ۱۳۷۲). نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل ایستگاه اجرای آزمایش نشان داد میزان رس خاک ۴۰٪، درصد آهک ۴/۲، کربن آلی ۰/۶ درصد، عنصر روی ۰/۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با روش عصاره‌گیری با DTPA و pH خاک ۷/۸ بود. لازم به ذکر است حد بحرانی برای عنصر روی در خاک‌های مناطق گندم دیم ۰/۸۸ برآورد گردیده است (فیضی‌اصل و همکاران، ۱۳۸۲).

برای آماده‌سازی قطعه زمین آزمایش در پاییز سال قبل از اجرای آزمایش، از گاوآهن به عمق ۲۰-۲۵ سانتیمتر شخم و در بهار قبل از گلدهی علف‌های هرز از پنجه‌غازی و در پاییز از دیسک استفاده گردید (بی‌نام، ۱۳۸۲). نیتروژن مورد نیاز گندم در قطعه زمین آزمایش براساس نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام گرفته در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم به میزان ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و تماماً در پاییز مصرف شد (فیضی‌اصل و ولیزاده، ۱۳۸۲؛ فیضی‌اصل، ۱۳۸۶). کود روی مصرفی توسط دستگاه بذرکار آزمایشی (وینتراشتایگر)، از منبع سولفات روی به کرت‌ها داده شد. با توجه به بالا بودن مقدار

حال با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان ضرورت استفاده از کود روی در کاهش تاثیرات منفی تنش خشکی بر روی غلظت و میزان روی در دانه و عملکرد دانه؛ همچنین اهمیت مطالعه تنوع ژنتیکی برای تحمل خشکی تحت شرایط کاربرد کود روی را بیشتر استنباط نمود. به دلیل عدم وجود مطالعات لازم در زمینه تاثیر کاربرد روی در تعدیل تنش خشکی جهت بهبود عملکرد گندم نان و دوروم در دیمزارها، انجام این قبیل مطالعات می‌تواند تاثیر مهمی در افزایش بهره‌وری دیمزارهای ایران داشته باشد، که متأسفانه تاکنون در اولویت پژوهشی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور نبوده است. از اینرو در این تحقیق نحوه تاثیر کاربرد کود روی بر روی تغییرات عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم در شرایط دیم مورد بررسی قرار گرفت. بعلاوه، تفاوت بین گندم نان و دوروم در واکنش به کاربرد روی در شرایط دیم بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر مصرف کود روی بر روی عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم و مطالعه تنوع ژنتیکی در کارآیی استفاده از روی و انتخاب ژنوتیپ‌های کارا برای مناطق سردسیر دیم کشور، آزمایشاتی در دو تا ست کودی (مصرف ۱۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و بدون مصرف کود روی) و ۶ ژنوتیپ گندم نان (آذر-۲، رصد، سرداری-۱۰۱، سرداری-۳۹، سرداری-۵۴ و زاگرس) به اضافه ۴ ژنوتیپ گندم دوروم (لاین‌های 61-130، G-1252 و Haurani و Pgs) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و به مدت ۲

۱۵ درصد کاهش داشته؛ و در خرداد و تیر ماه به دلیل بارندگی نسبتاً کم و افزایش دما، گیاهان با تنش خشکی نسبتاً شدید در مرحله پر شدن دانه مواجه بودند (شکل ۱). البته میزان افزایش عملکرد (پاسخ به کاربرد کود روی) مابین ژنوتیپ‌های گندم از ۲ تا ۱۹ درصد متغیر بود (جدول ۲) که در مطالعات قبلی نیز در غلات چنین تغییراتی گزارش شده است (Cakmak et al, 1998; Ekiz et al, 1998; Graham et al, 1992; Sadeghzadeh et al, 2009). در شرایط دیم، تولید اکسیژن فعال (ROS) (reactive oxygen species) القا شده بوسیله تنش خشکی و افزایش حساسیت گیاه به خسارت در فرآیندهای طبیعی کلروپلاست زمانی بیشتر تشدید پیدا می‌کند که گیاه تحت تنش کمبود روی نیز باشد. از اینرو در آزمایش با کاربرد کود روی، وجود میزان کافی از عنصر روی احتمالاً توانسته در کاهش تولید و نیز غیر سمی کردن ROS به کمک آنزیم‌های ضد اکسیداسیونی نظیر سوپر اکسید دسموتاز (SOD) موثر گردیده (Cakmak 2000; Cakmak and Marschner 1988) و در نتیجه باعث افزایش عملکرد گیاه شده است. با کاربرد کود روی، بیشترین میزان افزایش عملکرد دانه در گندم دوروم G-1252 (یعنی ۱۹ درصد) و کمترین افزایش در گندم نان زاگرس (یعنی ۲ درصد) اتفاق افتاد. بعلاوه، افزایش عملکرد در گندم‌های دوروم (۱۴/۵ درصد) عموماً بیش از گندم‌های نان (۴/۷ درصد) بود (جدول ۲). با توجه به تاثیر مثبت و معنی‌دار کود روی در افزایش وزن هزار دانه، احتمالاً افزایش عملکرد به دلیل افزایش وزن دانه بوده است، چرا که در مطالعات متعددی بر تاثیر مثبت وزن دانه بر عملکرد تحت خشکی اشاره گردیده است (صادق‌زاده و

فسفر از حد بحرانی، کود فسفره در سال‌های اجرای آزمایش استفاده نگردید. هر ژنوتیپ در کرت‌هایی به ابعاد ۶ ردیف ۸ متری کشت با فاصله ردیف‌های ۱۷/۵ سانتی‌متر کشت گردید. بذور گندم با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت ۲ در هزار، توسط دستگاه بذرکار آزمایشی کشت گردید.

در طی فصل زراعی ضمن انجام روشهای مرسوم داشت از صفاتی نظیر درصد سبزه، تعداد روز تا خوشه‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته و شاخص زراعی یادداشت برداری گردید. در انتهای فصل رشد، پس از حذف حاشیه‌ها از دو انتهای کرت، بقیه کرت به صورت دستی برداشت و بیوماس، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها تعیین گردید. در نهایت تجزیه‌های آماری لازم با استفاده از نرم‌افزار GenStat برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (آزمون دانکن) عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط کودی مختلف صورت گرفت. ضمناً از نرم‌افزار Excel جهت رسم نمودارهای لازم استفاده گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه مرکب سال اول اجرای آزمایش، بین عملکرد دانه لاین‌ها و ارقام مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). بعلاوه، کاربرد کود روی باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها گردید. در مجموع کاربرد کود روی تحت شرایط دیم موجب افزایش عملکرد دانه از ۱۳۵۲ به ۱۴۷۹ کیلوگرم در هکتار گردید، این در حالی است که میزان بارندگی ۲۹۷ میلیمتر بوده که در مقایسه با میانگین بلندمدت

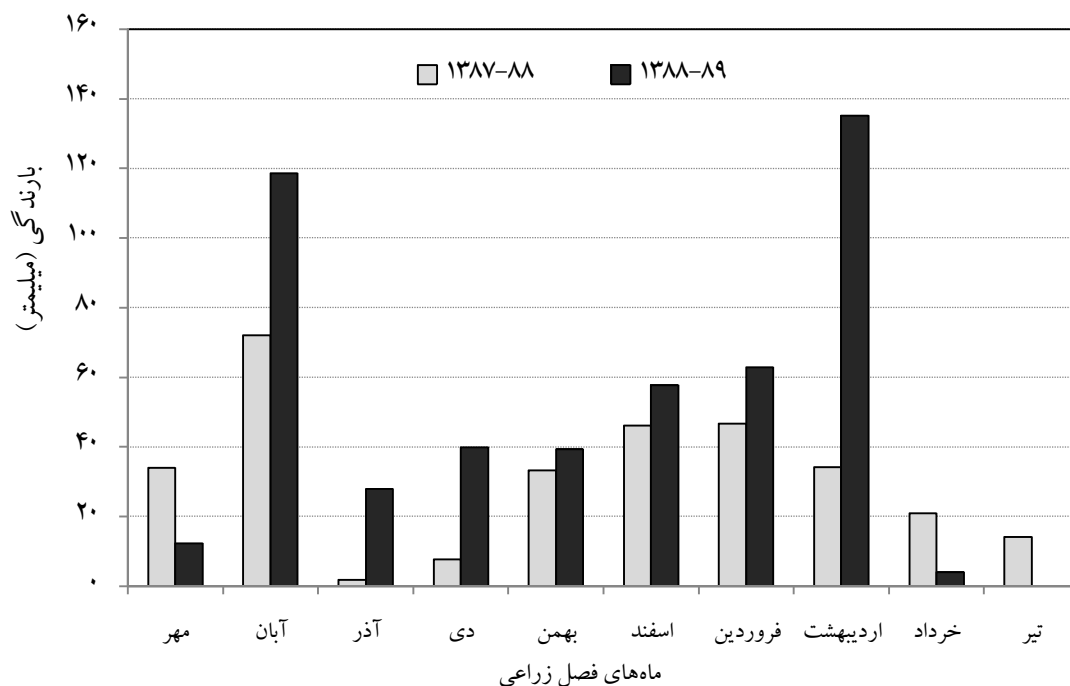
همکاران، ۱۳۹۱؛ جعفرنژاد و همکاران ۱۳۹۲). مشابه با نتایج این تحقیق همچنین گزارش شده است عموماً دوروم نسبت به گندم نان بیشتر تحت تاثیر کمبود روی قرار گرفته و با کاهش عملکرد بیشتری مواجه می شود (Cakmak et al, 1997; Cakmak et al, 1996a).

همکاران، ۱۳۹۱؛ جعفرنژاد و همکاران ۱۳۹۲). مشابه با نتایج این تحقیق همچنین گزارش شده است عموماً دوروم نسبت به گندم نان بیشتر تحت تاثیر کمبود روی قرار گرفته و با کاهش عملکرد بیشتری مواجه می شود (Cakmak et al, 1997; Cakmak et al, 1996a).

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در آزمایشات سال اول در دو ست کودی

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|-------------|------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | | بیوماس | شاخص برداشت | وزن هزار دانه | عملکرد دانه |
| Zinc | ۱ | ۱۱۴۴ ^{ns} | ۵۰ ^{ns} | ۱۷/۱ [*] | ۲۴۲۸۲۵ [*] |
| e1 | ۴ | ۳۰۶۳ | ۱۰/۹ | ۱/۹۲ | ۲۸۴۵۷ |
| Genotype | ۹ | ۳۷۲۷۴ ^{**} | ۲۷/۷ ^{**} | ۷۸/۵ ^{**} | ۳۷۸۲۷۱ ^{**} |
| Zn x Gen. | ۹ | ۹۹۱ ^{ns} | ۲/۴۸ ^{ns} | ۰/۴۵ ^{ns} | ۷۵۲۷ ^{ns} |
| e2 | ۳۶ | ۱۷۶۶ | ۵/۱۷ | ۲/۰۱ | ۲۱۲۷۰ |
| Total | ۵۹ | | | | |
| CV % | | ۸ | ۷ | ۴ | ۱۰ |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی دار



شکل ۱- میزان بارندگی (برف و باران) در سال‌های زراعی ۸۷-۸۸ و ۸۸-۸۹ در ایستگاه تحقیقاتی مراغه (محمودی، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹)

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌ها (گندم نان و دوروم) در دو ست از کود روی در سال اول

| نوع گندم | ژنوتیپ | بیوماس (گرم در مترمربع) | شاخص برداشت (درصد) | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | درصد کارایی روی | | | | | |
|----------|-------------|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------|----|------|----|----|---|
| Bread | Azar-2 | ۵۹۸ | ab | ۳۵/۶ | a | ۳۷/۶ | ab | ۱۷۰۷ | a | ۹۶ | a |
| | Sardari-101 | ۵۸۵ | ab | ۲۹/۱ | e | ۳۵/۲ | c | ۱۵۰۵ | b | ۹۳ | a |
| | Sardari-54 | ۶۲۲ | a | ۳۳/۴ | abc | ۳۸/۱ | a | ۱۶۳۰ | ab | ۹۵ | a |
| | Sardari-39 | ۵۹۶ | ab | ۳۰/۵ | cde | ۳۸/۳ | a | ۱۶۶۱ | ab | ۹۶ | a |
| | Zagros | ۵۴۶ | b | ۲۹/۸ | de | ۲۸/۴ | f | ۱۳۰۹ | c | ۹۸ | a |
| | Rasad | ۶۲۱ | a | ۳۲/۴ | bcd | ۳۸/۲ | a | ۱۷۰۴ | a | ۹۴ | a |
| Durum | G-1252 | ۴۱۰ | d | ۳۴/۳ | ab | ۳۶/۳ | bc | ۱۱۷۸ | cd | ۸۱ | a |
| | 61-130 | ۴۹۳ | c | ۳۲/۹ | abc | ۳۳/۱ | d | ۱۲۴۱ | cd | ۹۳ | a |
| | Haurani | ۴۵۴ | cd | ۳۲/۳ | bcd | ۳۰/۳ | e | ۱۰۹۵ | d | ۸۶ | a |
| | Pgs | ۴۵۲ | cd | ۲۹/۹ | de | ۳۱/۸ | de | ۱۱۲۵ | cd | ۸۲ | a |

Rengel 1999; Rasouli-Sadaghiani *et al*, (2011) مرتبط باشد.

در سال دوم برخلاف سال اول، علی‌رغم تاثیر ۷ درصدی کاربرد کود روی در افزایش عملکرد دانه، ولی این میزان افزایش از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. اختلاف در تاثیر کود روی در طی دو سال اجرای آزمایش عمدتاً می‌تواند به افزایش ۲۰۰ میلی‌متری بارش در سال دوم مرتبط باشد (شکل ۱). افزایش رطوبت خاک در سال دوم موجب افزایش انتقال روی در خاک از طریق انتشار شده و بر فراهمی عنصر روی در اطراف ریشه گیاه اثر مثبت گذاشته است (Marschner 1993; Mengel and Kirkby 1987). بعبارت دیگر، در سال دوم حتی در ست بدون مصرف کود روی، گیاهان به میزان کافی از عنصر روی قابل جذب (به دلیل انتشار آن در اطراف ریشه) دسترسی داشتند. از اینرو در سال دوم بین دو تیمار کودی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید. در مطالعه عملکرد گندم در خاک آهکی

در سال دوم اجرای آزمایش، بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده (بیوماس، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه) و نیز عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). بعلاوه، مشابه نتایج سال اول، کاربرد کود روی باعث افزایش ۷/۵ درصدی عملکرد دانه در گندم‌های دوروم بود در حالیکه این میزان در گندم‌های نان کمتر از ۴ درصد بود. این موضوع نشانگر حساسیت بیشتر دوروم به کمبود روی در مقایسه با گندم نان می‌باشد. وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها به وجود مکانیسم‌های درگیر در داخل گیاه و نیز خاک مرتبط می‌باشد. این تفاوت در ژنوتیپ‌ها می‌تواند به تفاوت در مکانیسم‌های آنها برای جذب روی نظیر ترشح موادی از قبیل فیتوسیدروفورها (phytosiderophores) و اسیدهای آلی، افزایش میزان جذب روی توسط ریشه‌ها، و جابجایی و کارآیی بهتر در استفاده از روی در داخل گیاه (Hajiboland *et al*, 2001; Hart *et al*, 1998;)

۴ آمده است. مابین سال‌های اجرای آزمایش همبستگی مثبت و نسبتا بالا ($r=0/55$) برای کارایی روی مشاهده گردید. در سال اول اجرای آزمایش، گندم نان زاگرس بیشترین کارایی (۹۸ درصد) و گندم دوروم G-1252 کمترین کارایی (۸۱/۴ درصد) را داشتند. ضمنا همبستگی مثبت و معنی‌داری مابین کارایی روی و عملکرد دانه ($r=0/72^*$)، در سال اول مشاهده گردید (شکل ۲).

فقیر از روی در ترکیه در شرایط دیم و آبی، افزایش رطوبت خاک در شرایط آبی توانست اثرات منفی کمبود روی را تعدیل نموده و در نتیجه عملکرد گندم در شرایط آبی بیش از شرایط دیم بود (Ekiz *et al*, 1998).

کارایی روی (Zn efficiecy) برای عملکرد دانه (نسبت عملکرد در شرایط بدون روی نسبت به کاربرد روی $100 \times$) برای ژنوتیپ‌ها در جداول ۲ و

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در آزمایشات سال دوم در دو ست کودی

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|-------------|------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | | بیوماس | شاخص برداشت | ارتفاع گیاه | وزن هزار دانه | عملکرد دانه |
| Zinc | ۱ | ۱۱۹۶۲۴۶ ^{ns} | ۲۰/۲ ^{ns} | ۸۲/۵ ^{ns} | ۵۸ ^{ns} | ۷۷۷۴۸۲ ^{ns} |
| e_1 | ۴ | ۲۷۱۸۸۵ | ۱۶ | ۱۷۶ | ۱۸/۸ | ۳۷۰۹۲۷ |
| Genotype | ۹ | ۲۵۴۵۲۵ [*] | ۲۹/۹ ^{**} | ۹۷۵ ^{**} | ۴۸/۵ ^{**} | ۸۱۲۰۸۹ ^{**} |
| Zn x Gen. | ۹ | ۴۹۱۰۳ ^{ns} | ۱۰/۷ ^{ns} | ۵/۹۲ ^{ns} | ۱/۲۸ ^{ns} | ۱۸۶۵۲ ^{ns} |
| e_2 | ۳۶ | ۱۰۵۴۸۸ | ۶/۶ | ۳۲/۲۳ | ۰/۷۴ | ۱۲۵۳۱۶ |
| Total | ۵۹ | | | | | |
| CV % | | ۱۷ | ۸ | ۲ | ۶ | ۱۰ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

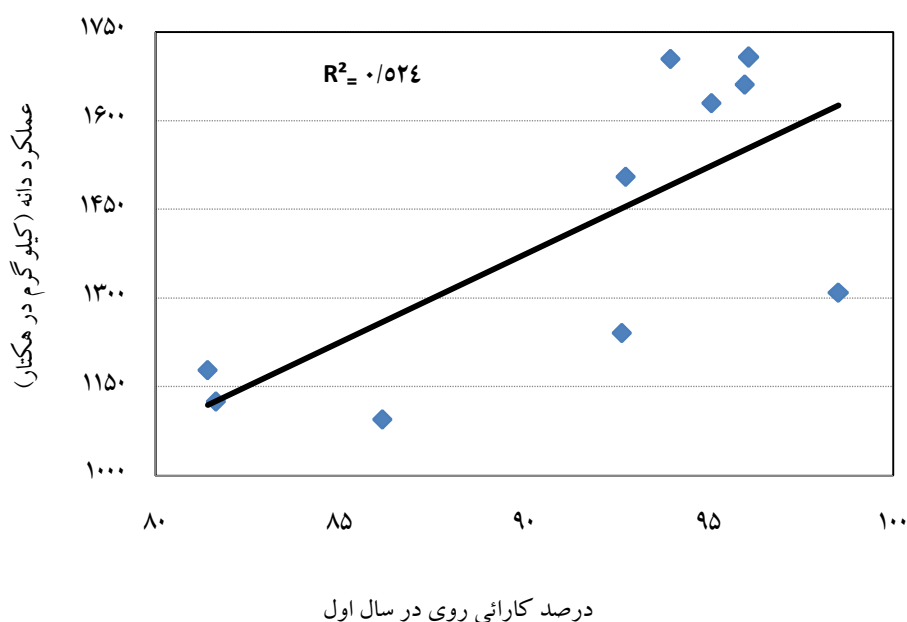
جدول ۴- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌ها (گندم نان و دوروم) در دو ست از کود روی در سال دوم

| نوع گندم | ژنوتیپ | بیوماس (کیلوگرم بر مترمربع) | | شاخص برداشت (درصد) | | ارتفاع گیاه (سانتیمتر) | | وزن هزار دانه (گرم) | | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | | درصد کارایی روی | |
|----------|-------------|-----------------------------|------------|--------------------|------|------------------------|----------|---------------------|------------|--------------------------------|-------|-----------------|------|
| | | کیلوگرم | بر مترمربع | درصد | درصد | سانتیمتر | سانتیمتر | دانه (گرم) | دانه (گرم) | هکتار | هکتار | درصد | درصد |
| Bread | Azar-2 | ۱۹۳۴ | abc | ۳۱/۱ | c | ۱۱۱ | ab | ۴۰/۵ | b | ۴۰۱۵ | a | ۹۹ | a |
| | Sardari-101 | ۱۹۹۱ | ab | ۳۱/۸ | c | ۹۷ | c | ۴۲/۳ | a | ۳۸۵۶ | ab | ۹۵ | a |
| | Sardari-54 | ۱۸۹۶ | abc | ۳۰/۵ | c | ۹۹ | c | ۴۰ | b c | ۳۵۹۸ | ab | ۹۳ | a |
| | Sardari-39 | ۲۰۱۲ | ab | ۳۳/۳ | bc | ۱۰۰ | bc | ۴۲/۸ | a | ۳۶۷۷ | ab | ۹۷ | a |
| | Zagros | ۱۶۸۳ | bc | ۳۶/۸ | a | ۸۵ | d | ۳۵/۳ | e | ۳۴۶۵ | b | ۹۶ | a |
| | Rasad | ۲۱۳۴ | a | ۲۹/۹ | c | ۱۱۲ | a | ۴۲/۲ | a | ۳۴۴۸ | b | ۹۷ | a |
| Durum | G-1252 | ۱۹۹۲ | ab | ۳۵/۴ | ab | ۷۹ | d | ۴۲/۵ | a | ۳۷۹۵ | ab | ۹۱ | a |
| | 61-130 | ۲۰۴۸ | ab | ۱۰۳۲ | c | ۷۰ | d | ۳۹/۳ | c | ۳۷۴۸ | ab | ۹۱ | a |
| | Haurani | ۱۵۱۷ | c | ۳۲/۵ | bc | ۱۰۵ | abc | ۳۷ | d | ۲۸۴۵ | c | ۹۶ | a |
| | Pgs | ۱۶۱۰ | bc | ۳۰/۳ | c | ۱۰۳ | abc | ۳۵/۸ | e | ۳۰۲۴ | c | ۹۳ | a |

دوم برخوردار بود که به نوعی نشانگر کودپذیری بیشتر این لاین نسبت به کود روی است. چنین نتیجه‌ای توسط کالایچی و همکاران (۱۹۹۹) نیز گزارش شده است. در بین ژنوتیپ‌ها، رقم آذر-۲ ضمن داشتن بیشترین عملکرد از بیشترین کارایی روی نیز برخوردار بود.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب برای دو سال اجرای آزمایش در دو ست کودی (با کاربرد روی و بدون کاربرد روی)، تاثیر سال و کاربرد کود روی بر صفات بیوماس و عملکرد دانه در طی دو سال معنی‌داری بود (جدول ۸). عبارت دیگر در سال دوم به دلیل افزایش بارندگی به میزان ۲۰۰ میلی‌متر،

کارایی روی در سال دوم از ۹۹ درصد برای آذر-۲ تا ۹۰/۷ درصد برای گندم دوروم G-1252 متغیر بود. در مجموع در طول دو سال آزمایش، عموماً گندم‌های نظیر نان آذر-۲، زاگرس و رصد جزء ژنوتیپ‌های کارا بودند در صورتیکه گندم‌های دوروم نظیر G-1252 از کارایی کمتری برخوردار بودند. به عبارت دیگر گندم‌های دوروم به نسبت بیشتری از کود روی برای داشتن رشد اپتیمم نیاز دارند. چنین نتایجی توسط سایر محققین نیز گزارش گردیده است (Graham et al, 1992; Kalayci et al, 1999). در مورد گندم دوروم G-1252 باید خاطر نشان کرد این لاین علی‌رغم داشتن کمترین کارایی روی در هر دو سال، از عملکرد بالا در سال



شکل ۲- رابطه بین کارایی روی و عملکرد دانه در ۱۰ ژنوتیپ گندم در سال اول

۲ سال گردید؛ که این افزایش عملکرد به دلیل افزایش ۱۳ درصدی بیوماس تولیدی در نتیجه کاربرد روی می‌تواند باشد، چرا که مابین همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.88^{**}$) مابین بیوماس و عملکرد دانه

میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها از ۱۴۱۵ در سال اول به ۳۵۵۲ کیلوگرم در هکتار در سال دوم افزایش یافته است. همچنین کاربرد کود روی نیز باعث افزایش میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها از ۲۴۰۰ به ۲۵۷۰ در طی

(Ebrahim and Aly 2005; Chen *et al*, 2008).
بعلاوه وجود میزان کافی از عنصر روی در کاهش تولید و نیز غیر سمی کردن ROS به کمک آنزیم‌های ضد اکسیداسیونی نظیر سوپر اکسید دسموتاز (SOD) موثر بوده (Cakmak 2000; Cakmak and Marschner 1988) و در نتیجه باعث افزایش عملکرد گیاه می‌گردد.

در این تحقیق مشاهده گردید. در مطالعات مشابهی نیز بر تاثیر مثبت عنصر روی در افزایش عملکرد در نتیجه افزایش بیوماس تولیدی اشاره شده است (Sadeghzadeh and Rengel 2011; Yilmaz *et al*, 1997; Ranjbar and Bahmaniar 2007)، که این افزایش در بیوماس نیز به نوبه خود می‌تواند در نتیجه بهبود فتوسنتز و افزایش کلروفیل برگ در حضور عنصر روی مخصوصا در شرایط دیم باشد

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در دو ست کودی طی دو سال

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|------------------|------------|-----------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| | | بیوماس | شاخص برداشت | وزن هزار دانه | عملکرد دانه |
| Year | ۱ | ۵۴۱۹۰۰۸ ^{**} | ۳/۴۵ ^{ns} | ۷۶۸ ^{ns} | ۱۳۶۹۷۵۲۹۰ ^{**} |
| Zinc | ۱ | ۶۳۵۶۹۰ [*] | ۳/۳۲ ^{ns} | ۶/۱ ^{ns} | ۸۹۲۱۷۰ [*] |
| Year x Zinc | ۱ | ۵۶۱۷۰۱ ^{ns} | ۶۶/۸۵ ^{ns} | ۶۹ [*] | ۶۱۳۳۶ ^{ns} |
| <i>e1</i> | ۸ | ۱۳۷۴۷۴ | ۱۳/۴۵ | ۱۰/۳۷ | ۱۶۹۶۹۲ |
| Genotype | ۹ | ۱۹۱۷۰۳ ^{**} | ۲۴/۲۲ ^{ns} | ۱۱۷ ^{**} | ۸۷۵۳۶۷ [*] |
| Year x Gen. | ۹ | ۱۰۰۰۹۶ ^{ns} | ۳۳/۴ ^{**} | ۱۰/۱ ^{**} | ۲۶۹۶۸۷ ^{**} |
| Zn x Gen. | ۹ | ۲۶۰۷۲ ^{ns} | ۷/۶ ^{ns} | ۰/۷۹ ^{ns} | ۱۹۴۵۰ ^{ns} |
| Year x Zn x Gen. | ۹ | ۲۴۰۲۲ ^{ns} | ۵/۵۹ ^{ns} | ۰/۹۴ ^{ns} | ۸۸۱۹ ^{ns} |
| <i>e2</i> | ۷۲ | ۵۳۶۲۷ | ۵/۸۸۵ | ۱/۳۷۶ | ۷۳۲۹۳ |
| Total | ۱۱۹ | | | | |
| CV % | | ۱۹ | ۸ | ۳ | ۱۱ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

منابع

بلالی محمد رضا، ملکوتی محمد جعفر، مشایخی حمید حسین، خادمی زهرا. ۱۳۷۸. اثر عناصر ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آنها در خاک‌های تحت کشت گندم آبی ایران. مجله خاک و آب، ویژه نامه گندم، ۱۱۱-۱۱۹ (۶)۱۲

ثوابی فیروز آبادی غلامرضا، ملکوتی محمد جعفر، اردلان محمد معز. ۱۳۸۲. اثر سولفات روی و غلظت روی بذریه بر پاسخ‌های گیاه گندم در خاک آهکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۲) ۴۷۱-۴۸۲

جعفرنژاد احمد، آقائی حسین، نجفیان گودرز. ۱۳۹۲. صفات مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی دوره زایشی. به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی، دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۲۲-۱۱.

صادق‌زاده بهزاد، صادق‌زاده‌اهری داود، معالی‌امیری رضا، نژادصادقی لایلا. ۱۳۹۱. تنوع مورفوفیزیولوژیک توده‌های بومی گندم دوروم ایران در شرایط سردسیر دیم مراغه. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۳ (۴): ۶۴۸-۶۳۳

ضیائی‌ان عبدالحسن، ملکوتی محمدجعفر. ۱۳۷۸. تاثیر مصرف روی بر رشد و عملکرد گندم در تعدادی از خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس. خاک و آب. ویژه‌نامه گندم، ۱۲ (۶): ۹۹-۱۱۰

علی‌احیائی مریم. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک (جلد اول). موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳.

محمودی حمید. ۱۳۸۸. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷. انتشارات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور.

محمودی حمید. ۱۳۸۹. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸. انتشارات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور.

Alloway BJ. 2008. Micronutrient deficiencies in global crop production. Springer Science & Business Media

Bagci SA, Ekiz H, Yilmaz A, Cakmak I. 2007. Effects of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in Central Anatolia. Journal of Agronomy and Crop Science 193 (3):198-206

Baligar VC, Fageria NK, He ZL. 2001. Nutrient use efficiency in plants. Commun Soil Sci Plant Anal 32:921-950

Bouis HE. 2007. The potential of genetically modified food crops to improve human nutrition in developing countries. J Dev Stud 43:79-96

Cakmak I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. The New Phytologist 146 (2):185-205

Cakmak I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant Soil 302:1-17

Cakmak I, Ekiz H, Yilmaz A, Torun B, Koleli N, Gultekin I, Alkan A, Eker S. 1997. Differential response of rye, triticale, bread and durum wheats to zinc deficiency in calcareous soils. Plant Soil 188 (1):1-10

Cakmak I, Graham R, Welch RM. 2002. Agricultural and molecular genetic approaches to improving nutrition and preventing micronutrient malnutrition globally. In: Cakmak I, Welch RM (eds) Encyclopedia of Life Support Systems. Eolss Publishers, Oxford, pp ۱۰۷۵-۱۰۹۹ pp 1075-1099

Cakmak I, Gulut KY, Marschner H, Graham RD. 1994. Effect of zinc and iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. J Plant Nutr 17 (1):1-17

- Cakmak I, Marschner H. 1988. Enhanced superoxide radical production in roots of zinc-deficient plants. *J Exp Bot* 39 (10):1449-1460
- Cakmak I, Sari N, Marschner H, Ekiz H, Kalaycy M, Yilmaz A, Braun HJ. 1996a. Phytosiderophore release in bread and durum wheat genotypes differing in zinc efficiency. *Plant Soil* 180:183-189
- Cakmak I, Sary N, Marschner H, Ekiz H, Kalaycy M, Yilmaz A, Braun HJ. 1996b. Phytosiderophore release in bread and durum wheat genotypes differing in zinc efficiency. *Plant and Soil* 180:183-189
- Cakmak I, Torun B, Erenoglu B, Ozturk L, Marschner H, Kalayci M, Ekiz H, Yilmaz A. 1998. Morphological and physiological differences in the response of cereals to zinc deficiency. *Euphytica* 100:349-357
- Cakmak I, Yilmaz A, Kalayci M, Ekiz H, Torun B, Erenoglu B, Braun HJ. 1996c. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central Anatolia. *Plant Soil* 180:165-172
- Chen W, Yang X, He Z, Feng Y, Hu F. 2008. Differential changes in photosynthetic capacity, 77 K chlorophyll fluorescence and chloroplast ultrastructure between Zn-efficient and Zn-inefficient rice genotypes (*Oryza sativa*) under low zinc stress. *Physiol Plant* 132 (1):89-101
- Demment WM, Young MM, Sensenig RL. 2003. Providing micronutrients through food-based solutions: a key to human and national development. *J Nutr* 133:3885-3899
- Dong B, Rengel Z, Graham RD. 1995. Root morphology of wheat genotypes differing in zinc efficiency. *J Plant Nutr* 18 (12):2761-2773
- Ebrahim MK, Aly MM. 2005. Physiological response of wheat to foliar application of zinc and inoculation with some bacterial fertilizers. *J Plant Nutr* 27 (10):1859-1874
- Ekiz H, Bagcý SA, Kýral A, Eker S, Gültekin I, Alkan A, Cakmak I. 1998. Effects of zinc fertilization and irrigation on grain yield and zinc concentration of various cereals grown in zinc-deficient calcareous soils. *J Plant Nutr* 21 (10):2245-2256
- Fageria NK, Baligar VC, Clark RB. 2002. Micronutrients in crop production. *Adv Agron* 77:185-267
- Goodman BA, Newton AC. 2005. Effects of drought stress and its sudden relief on free radical processes in barley. *J Sci Food Agric* 85:47-53
- Graham RD, Ascher JS, Hynes SC. 1992. Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. *Plant Soil* 146:241-250
- Graham RD, Welch RM. 1996. Breeding for staple-food crops with high micronutrient density. Working Papers on Agricultural Strategies for Micronutrients, No. 3. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C
- Hajiboland R, Singh B, Romheld V. 2001. Retranslocation of Zn from leaves as important contributing factor for zinc efficiency of rice genotypes. In: Horst WJ, Schenk MK, Bürkert A *et al*, (eds) *Plant Nutrition - Food Security and Sustainability of Agro-ecosystems*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp 226-227
- Hart JJ, Norvell WA, Welch RM, Sullivan LA, Kochian LV. 1998. Characterization of zinc uptake, binding, and translocation of bread and durum wheat cultivars. *Plant Physiol* 118:219-226
- Hotz C, Brown KH. 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food and Nutrition Bulletin* 25:94-204

- Kalayci M, Torun B, Eker S, Aydin M, Ozturk L, Cakmak I. 1999. Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat genotypes grown in a zinc-deficient calcareous soil in field and greenhouse. *Field Crops Res* 63:87-98
- Li CZ, Jiao J, Wang GX. 2004. The important roles of reactive oxygen species in the relationship between ethylene and polyamines in leaves of spring wheat seedlings under root osmotic stress. *Plant Sci* 166:303-315
- Marschner H. 1993. Zinc uptake from soils. In: Robson AD (ed) *Zinc in Soils and Plants*. Kluwer Academic Publishers, pp. 59-77, Dordrecht, The Netherlands, pp 59-77
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2 edn. Academic Press, London
- McDonald GK, Graham RD, Lloyd J, Lewis J, Lonergan P, Khabaz-Saberi H Breeding for improved zinc and manganese efficiency in wheat and barley. In: *Proceeding of the 10th Australian Agronomy Conference*, Hobart, Australia, 2001, 2001. Department of Plant Science, Waite Institute, Glen Osmond, SA ,
- Mengel K, Kirkby EA. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. 4 edn. International Potash Institute, Bern, Switzerland
- Peleg Z, Saranga Y, Yazici A, Fahima T, Ozturk L, Cakmak I. 2007. Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes. *Plant Soil*
- Ranjbar G, Bahmaniar M. 2007. Effects of soil and foliar application of Zn fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Asian Journal of Sciences* 6 (6):1000-1005
- Rasouli-Sadaghiani M, Sadeghzadeh B, Sepehr E, Rengel Z. 2011. Root exudation and Zn uptake by barley genotypes differing in Zn efficiency. *J Plant Nutr* 34:1120-1132
- Rengel Z. 1995a. Carbonic anhydrase activity in leaves of wheat genotypes differing in Zn efficiency. *J Plant Physiol* 147 (2):251-256
- Rengel Z. 1995b. Sulfhydryl groups in root-cell plasma membranes of wheat genotypes differing in Zn efficiency. *Physiol Plant* 95 (4):604-612
- Rengel Z. 1999. Physiological mechanisms underlying differential nutrient efficiency of crop genotypes. In: Rengel Z (ed) *Mineral Nutrition of Crops: Fundamental Mechanisms and Implications*. Food Products Press, New York, pp 227-265
- Rengel Z, Graham RD. 1996. Uptake of zinc from chelate-buffered nutrient solutions by wheat genotypes differing in zinc efficiency. *Journal of Experimental Botany* 47:217-226
- Sadeghzadeh B, Rengel Z. 2011. Zinc in soils and crop nutrition. In: Hawkesford MJ, Barraclough PB (eds) *The Molecular and Physiological Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops*. Wiley, pp 335-375
- Sadeghzadeh B, Rengel Z, Li C. 2009. Differential zinc efficiency of barley genotypes grown in soil and chelator-buffered nutrient solution. *J Plant Nutr* 32 (10):1744 - 1767
- Sairam RK, Saxena DC. 2001. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 184 (1):55-61
- Samarah N, Mullen R, Cianzio S. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. *J Plant Nutr* 27: 835-815
- Selote DS, Bharti S, Khanna-Chopra R. 2004. Drought acclimation reduces O₂*-accumulation and lipid peroxidation in wheat seedlings. *Biochem Biophys Res Commun* 314:724-729

- Welch RM, Graham RD. 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *J Exp Bot* 55 (396):353-364
- Wenzel AA, Mehlhorn H. 1995. Zinc deficiency enhances ozone toxicity in bush beans (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Saxa). *J Exp Bot* 46 (7):867-872
- Yilmaz A, Ekiz H, Torun B, Gultekin I, Karanlik S ,Bagci SA, Cakmak I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. *J Plant Nutr* 20 (4):461-471

Soil-zinc application required to improve bread and durum wheat production under cold rainfed conditions

B. Sadeghzadeh *

Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research Education and Extension, Maragheh, Iran

Abstract

Simultaneous drought stress and zinc (Zn) deficiency can affect plant responses to water scarcity and limit wheat production in rainfed areas of Iran. Zinc-deficient plants have low water use efficiency and they cannot control well osmotic pressure to cope with water stress. In this study, the effects of Zn application and drought stress were investigated on grain yield of 10 wheat varieties (6 bread wheats and 4 durum wheats) grown in a Zn-deficient calcareous soil over 2 cropping seasons under rainfed conditions. Plants were treated with (+Zn: 10 kg Zn/ha, as ZnSO₄.7H₂O) and without Zn (-Zn) in RCBD with 3 replications. Zinc fertilization could enhance biomass, harvest index and grain weight of genotypes that resulted in 9% and 7% grain yield increase on average in the first and second years, respectively. Increases in yield varied among genotypes from 1% to 19%; and durum genotypes showed higher rising. Accordingly, there was variability in Zn efficiency of genotypes (ratio of grain yield under Zn deficiency compared to that under Zn fertilization). The correlation between Zn-efficiency and yield increase of genotypes was positive ($r=0.72$); however, durum wheat genotypes generally showed low level of Zn efficiency that resulted in lower yield under Zn deficiency especially under drought conditions in the first year. The results presented here demonstrate the existence of variation in Zn efficiency among bread and durum genotypes, and suggest the possibility of breeding for higher yield and Zn efficiency in Zn-deficient soil under rainfed condition. Moreover, Zn application would increase bread and especially durum wheat's productivity in cold drylands.

Key words: Genotypic variation, zinc efficiency, bread and durum wheat