نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد سیزدهم، شماره ۴(۵۲)، زمستان ۱۳۹۸، صفحه ۵۸۸-۵۷۱

اثر کاربرد برگی عنصر روی بر عملکرد کمّی و کیفی گندم دیم در شهرستان هشترود

اسماعیل کریمی اصل[۱]، بهرام میرشکاری[۲*]، عزت‌اله اسفندیاری[۳]، فرهاد فرح‌وش[۲] و ابراهیم خلیلوند بهروزیار[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۳

چکیده

پایین بودن میزان ریزمغذی‌ها در غلات و کاهش تنوع غذایی منجر به بروز سوء تغذیه در جامعه می‌گردد و این امر یکی از مشکلات کنونی کشورهای در حال توسعه از جمله ایران می‌باشد. با عنایت به نقش ویژه‌ی گندم در تغذیه قاطبه‌ی مردم در این قبیل کشورها، محققین تلاش می‌کنند با افزایش غلظت ریزمغذی‌ها از جمله روی، میزان اسید آسکوربیک و پروتئین دانه افزایش و میزان اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه گندم را کاهش و نسبت به کاهش سوء تغذیه کمک نمایند. با توجه به نقش فیزیولوژیک روی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها، در این پژوهش تاثیر کاربرد برگی روی بر عملکرد دانه و برخی از شاخص‌های کیفی گندم مورد بررسی قرار گرفتند. در این پژوهش شش رقم گندم نان در آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در روستای طاستغار از توابع شهرستان هشترود اجرا گردید. آماده سازی زمین طبق روال سنتی حاکم بر زراعت منطقه انجام گردید. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای اصلی و فرعی به‌ترتیب شامل ارقام گندم در شش سطح (باران، تک‌آب، سرداری، اوحدی، هما و آذر۲) و مصرف برگی سولفات روی با غلظت دو در هزار در چهار سطح (شاهد، در مرحله ساقه‌رفتن و مراحل ساقه‌رفتن به‌همراه ظهور سنبله) بودند. عملیات محلول‌پاشی سولفات روی در ساعات پایانی روز با استفاده از سم‌پاش پشتی تلمبه‌ای به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول یاد شده به ازای هر متر مربع انجام گردید. نتایج حاصل نشان داد که محلول‌پاشی روی منجر به افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد در تمامی ارقام مورد مطالعه شد. همچنین، محلول‌پاشی این عنصر میزان روی، پروتئین و اسید آسکوربیک دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. در مقابل، در اثر محلول‌پاشی روی، میزان اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در مقایسه با شاهد کاهش یافتند. محلول‌پاشی برگی روی سبب بهبود عملکرد کمّی و کیفی دانه گندم شد و کاربرد این عنصر در مراحل ساقه‌رفتن به‌همراه ظهور سنبله تاثیرگذاری بیشتری داشت. لذا، با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر کشاورزی ایران و مشکلات ناشی از سوء تغذیه جامعه، کاربرد برگی سولفات روی راهکار مناسبی برای افزایش عملکرد کمّی و کیفی گندم به همراه بهبود بهداشت عمومی جامعه می‌باشد.

واژگان کلیدی: اسید فیتیک، پروتئین، روی، سوء تغذیه، نسبت مولی اسید فیتیک به روی.

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

نگارنده‌ی مسئول Mirshekari@iaut.ac.ir

مقدمه

عنصر روی یکی از مهم‌ترین ریزمغذی‌ها در سیستم‌های بیولوژیک بوده و نقش‌های فیزیولوژیک متعددی را برعهده دارد. در این راستا گزارش شده است که حدود ۱۰ درصد پروتئین‌های بدن انسان، نزدیک به ۳۰۰۰ پروتئین، به حضور روی وابسته هستند (Krezel and Maret, 2016). از نظر بالینی و غیربالینی کمبود این عنصر سبب تاخیر و کاهش در رشد، اختلال در رشد مغز، افزایش زمینه ابتلا به بیماری‌های عفونی، کاهش قد، افت توان فیزیکی و افزایش ناباروری می‌گردد (Krebs *et al.*, 2014; Terrin *et al.*, 2015). کمبود روی در یک سوم جمعیت جهان شیوع داشته و در کودکان زیر پنج سال کمبود آن شایع‌تر است که ناشی از نیاز بیشتر آنها برای تکامل نمو و رشد می‌باشد (Wessells and Brown, 2012). در حال حاضر ۶۰ درصد انرژی روزانه مردم از گندم، برنج و ذرت تامین می‌شود (Timmer, 2014) و گندم نان به تنهایی غذای اصلی ۳۵ درصد مردم دنیا است (Poursarebani *et al.*, 2014). در کشورهای در حال توسعه نقش این گیاهان در تامین انرژی روزانه مردم بیشتر می‌باشد. برای مثال در برخی از کشورهای آسیایی مانند تاجیکستان، قزاقستان و ایران، گندم و برنج در تامین ۷۰ درصد انرژی روزانه جامعه روستایی نقش دارند (Timmer, 2014). اما با وجود اهمیت گندم در تغذیه مردم، میزان روی در دانه به طور ذاتی (۲۰ تا ۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) پایین است و در طی فرآیند آردسازی به ۵ تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش می‌یابد. همچنین، میزان روی قابل جذب در بیش از ۵۰ درصد اراضی زیر کشت گندم کمتر از حد مطلوب بوده (Cakmak and Kutman, 2018) که میزان روی دانه را بیشتر کاهش داده و در مقابل اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی را افزایش می‌دهد (Esfandiari *et al.*, 2016). با در نظر گرفتن نقش گندم در تغذیه مردم کشورهای در حال توسعه مانند ایران، بهبود کیفیت تغذیه‌ای گندم همراه با عملکرد دانه آن الزامی است. بر این اساس محققین بسیاری کاربرد روی با استفاده از روش به‌زراعی را راهکار مناسبی برای بهبود همزمان عملکرد کمّی و کیفی گندم و کاهش مشکلات ناشی از سوء تغذیه در جوامع در حال توسعه دانسته‌اند (Cakmak *et al.*, 2010; Abdoli and Esfandiari, 2014; Abdoli *et al.*, 2014; Esfandiari *et al.*, 2016). در روش به‌زراعی، این عنصر با روش‌های مختلف مانند بذرمال کردن، کاربرد خاکی، محلول‌پاشی و یا استفاده همزمان خاکی و محلول‌پاشی، روی مورد نیاز گیاه را تأمین می‌نمایند. روی در فرآیندهای متابولیسمی مانند بیوسنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها نقش مثبت داشته و ضمن افزایش عملکرد (Bharti *et al.*, 2013; Nawaz *et al.*, 2015; Niyigaba *et al.*, 2019)، میزان روی دانه را افزایش می‌دهد که کاهش میزان اسید فیتیک دانه از دیگر اثرات آن است (Khan *et al.*, 2008; Thimmiah, 2009). برآیند این تغییرات سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه شده و امکان جذب روی در بدن را افزایش می‌دهد. در این راستا، اوزتورک و همکاران (Ozturk *et al.*, 2006) و یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2011) بیان کردند که محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه بیشترین تأثیر را بر افزایش غلظت روی در دانه و کاهش شاخص نسبت مولی اسید فیتیک به روی داشت. همچنین، افزایش غلظت روی در دانه، کاهش میزان اسید فیتیک، کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی و فراهمی زیستی روی در بدن در

اثر کاربرد روی در گندم و برنج گزارش شده است (Hussain *et al.*, 2013; Imran *et al.*, 2015). همچنین، اسید آسکوربیک از جمله آنتی اکسیدان‌های مهمی است که نقش مهمی در تغذیه انسان و فرآیندهای داخل سلولی گیاه در مقابله با تنش‌های محیطی ایفا می‌کند. در اثر کاربرد خارجی روی، میزان این ویتامین در دانه گندم افزایش یافته است (Esfandiari *et al.*, 2016). میزان پروتئین گندم از دیگر عوامل تعیین کننده کیفیت آن می‌باشد که از شرایط تغذیه‌ای نظیر میزان روی قابل جذب در خاک متاثر می‌گردد. امروزه نقش روی در بیوسنتز پروتئین اثبات شده است (Singh and Singh-Shivay, 2015). در این راستا افزایش میزان اسیدهای آمینه آزاد در کمبود روی و کاهش میزان بیوسنتز پروتئین توسط چاکماک و همکاران (Cakmak *et al.*, 1989) گزارش شده است. افزایش پروتئین دانه در اثر کاربرد روی توسط محققین متعددی گزارش شده است (Pourgholam *et al.*, 2013; Abdoli and Esfandiari, 2016; Esfandiari *et al.*, 2016). روی به‌عنوان کوفاکتور در ساختار آنزیم RNA-پلی‌مراز عمل می‌کند. به‌علاوه روی از اجزای ساختاری ریبوزوم به‌شمار می‌آید و در نبود آن، عملکرد آنها و بیوسنتز پروتئین کاهش می‌یابد (Cakmak *et al.*, 1989).

سوء تغذیه ناشی از کمبود روی و پروتئین یکی از مشکلات بهداشت عمومی کشور می‌باشد که با توجه به نقش گندم در تغذیه مردم، بررسی روش‌های بهبود عملکرد کمّی و کیفی این محصول امری ضروری می‌باشد. بر این اساس در این پژوهش اثرات کاربرد برگی سولفات روی در خاک‌های آهکی شهرستان هشترود، که از مناطق اصلی تولید گندم در استان آذربایجان شرقی محسوب می‌گردد، بر عملکرد دانه و برخی از پارامترهای تأثیرگذار بر کیفیت دانه آن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی کاربرد برگی روی بر عملکرد و برخی از شاخص‌های مؤثر در کیفیت گندم نان در شرایط دیم، آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در روستای طاستغار از توابع شهرستان هشترود اجرا گردید. بدین منظور، طبق روال سنتی حاکم بر زراعت منطقه، جهت آماده‌سازی زمین، ابتدا محل مورد نظر با گاوآهن برگردان‌دار در بهار شخم زده شد و سپس عملیات تسطیح زمین و خرد کردن کلوخه‌ها با استفاده از دیسک انجام گرفت. در ادامه بذور ارقام مورد مطالعه پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربندازیم (۰/۷ به ۱۰۰۰، وزنی – وزنی)، با استفاده از عمیق‌کار، که برای کشت همزمان دو رقم تغییراتی در آن ایجاد شده بود، در تاریخ ۲۳ مهر ماه ۱۳۹۴ کشت شدند. عملیات کاشت با میزان ریزش بذر ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار صورت گرفت. لازم به ذکر است فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود و عمق کاشت در حدود ۵ سانتی‌متر تنظیم شد. به‌علاوه، با توجه به نتایج آزمون خاک نیازی به مصرف کود پتاسه نبود و عناصر فسفات و نیتروژن براساس توصیه فیضی اصل (Feiziasl, 2017) به خاک محل اجرای آزمایش اضافه شد. در جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش ارایه شده است. عملیات داشت شامل کنترل علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها متناسب با نیاز و به‌طور یکسان در کلیه کرت‌ها انجام شد. میزان ریزش‌های جوی و سایر شرایط محیطی در سال زراعی مورد اشاره در جدول ۲ ارایه شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد مطالعه شامل ارقام گندم نان (باران، سرداری، تک‌آب، اوحدی، آذر۲ و هما) به‌عنوان فاکتور اصلی و کاربرد برگی سولفات روی با غلظت دو در هزار (عدم کاربرد (شاهد)، مرحله ساقه‌رفتن (کد ۳۹-۳۰ زادوکس) و ساقه‌رفتن (کد ۳۹-۳۰ زادوکس) به‌همراه سنبله‌دهی (کد ۵۹-۵۱ زادوکس)) به‌عنوان فاکتور فرعی بود. بذور ارقام گندم نان از موسسه تحقیقات دیم کشور تهیه گردید. لازم به‌ذکر است که دوز سولفات روی مورد استفاده براساس گزارش عبدلی (Abdoli, 2017) در خاک آهکی ۲۰ درصد در منطقه مراغه انتخاب شد. عملیات محلول‌پاشی در ساعات پایانی روز به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر بر مترمربع با استفاده از سم‌پاش پشتی تلمبه‌ای با نازل مخروط پاش (مدل B.P15) انجام گردید.

پس از رسیدگی کامل بوته‌های گندم، برای تعیین عملکرد بیولوژیک و دانه از بخش رقابت کننده کرت‌های آزمایشی یک مترمربع با استفاده از پلات ۱×۱ برداشت شد و ضمن تعیین پارامترهای یاد شده، از دانه‌های حاصل موارد زیر اندازه‌گیری گشت. برای تعیین وزن هکتولیتر دانه‌ها در ظرف‌هایی با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد و وزن و وزن هکتولیتر طبق رابطه زیر به‌دست آمد (Anonymous. 1984).

وزن هکتولیتر = وزن دانه (kg)×۱۰۰/ حجم ظرف (L)

برای اندازه‌گیری عنصر روی، ۰/۵ گرم از دانه‌های کاملاً آسیاب شده توزین و به لوله هضم منتقل و ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به‌آنها اضافه شد و به‌مدت ۱ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس نگهداری گردید. پس از سرد شدن نمونه‌ها، ۲/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک غلیظ اضافه شد و به‌مدت ۳ ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس نگهداری گردید. پس از پایان زمان فوق و سرد شدن نمونه‌ها، با استفاده از کاغذ صافی نمونه‌ها صاف شده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت با استفاده از دستگاه جذب اتمی (SHIMADZU مدل-AA 63000، ساخت کشور ژاپن) میزان عناصر یاد شده اندازه‌گیری گردید (Emami, 1996).

میزان پروتئین دانه به‌روش کجلدال اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا نیتروژن کل اندازه‌گیری و سپس درصد پروتئین نمونه‌ها با اعمال ضریب ۶/۲۵ (فاکتور پروتئین) محاسبه شد (Emami, 1996).

برای تعیین میزان اسید فیتیک، ۶۰ میلی‌گرم از نمونه آردی خشک و آسیاب شده، با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (۰/۲ نرمال) در دمای اتاق به‌مدت ۲ ساعت به‌طور مداوم شیک گردید تا عصاره گیری شد. سپس، ۰/۵ میلی‌لیتر از این عصاره به لوله‌های سانتریفیوژ منتقل و یک میلی‌لیتر از محلول سولفات آهن آمونیوم (۰/۴ میلی‌مولار، حل شده در محلول ۰/۲ نرمال اسید کلریدریک) به آن اضافه گردید. لوله‌های آزمایش محتوی ترکیب مورد اشاره، به‌مدت ۳۰ دقیقه در ۱۰۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. پس از پایان این زمان، لوله‌ها در آب سرد به‌مدت ۱۵ دقیقه نگهداری و خنک شدند. پس از رسیدن به دمای اتاق، محتوای لوله‌ها مخلوط و در ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در نهایت با افزودن ۲ میلی‌لیتر محلول بی‌پیریدین، جذب در طول موج ۵۱۹ نانومتر با دستگاه الایزا (مدل BioTek, Powre Wave XS2) قرائت گردید. برای محاسبه میزان اسید فیتیک موجود

در نمونه‌ها از منحنی استاندارد استفاده شد (Haug and Lantzsch, 1983). شاخص نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Erdal *et al.*, 2002).

PA/Zn = [(غلظت اسید فیتیک (mg/100g) / ۶۶۰] / [غلظت روی (mg/Kg) / ۶۵]

برای این منظور، ۰/۵ گرم از نمونه بذر آسیاب شده در ۱/۵ میلی‌لیتر از اسید متا فسفریک (۵ درصد) هموژن و به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با ۱۸۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. از سوپرناتانت حاصل ۲۰۰ میکرولیتر برداشته و در میکروتیوب ریخته شد. سپس به آن ۲۰۰ میکرولیتر بافر فسفات (۱۵۰ میلی‌مولار با pH ۷/۴) و ۲۰۰ میکرولیتر آب مقطر اضافه شد. کمپلکس حاصل به‌مدت چند دقیقه ورتکس گردید و سپس به آن ۴۰۰ میکرولیتر اسید تری کلرواستیک (۱۰ درصد، وزنی-حجمی)، ۴۰۰ میکرولیتر اسید فسفریک (۴۴ درصد، حجمی- حجمی) و ۴۰۰ میکرولیتر بی پیریدین (۴ درصد، وزنی-حجمی)، ۲۰۰ میکرولیتر تری کلرید آهن (۳ درصد، وزنی-حجمی) و ۱۰۰ میکرولیتر دی تیوتریتول (۱۰ میلی‌مولار) اضافه شد. پس از ورتکس، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس نگهداری و سپس در طول موج ۵۲۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (مدل Shimadzu, UV-2100) قرائت شدند. برای محاسبه میزان اسید آسکوربیک کل موجود در نمونه‌ها از منحنی استاندارد استفاده شد (Wessells and Brown, 2012).

تجزیه داده‌های حاصل با نرم‌افزار Genstate 12 و برای رسم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای پارامترهای ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک نشان داد که با کاربرد روی، اثر متقابل بین کاربرد برگی روی با ارقام گندم مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد برگی روی در مراحل مختلف رشدی، به غیر از ارقام باران و سرداری بر ارتفاع بوته اثر معنی‌داری نداشته است (جدول ۴). در مورد عملکرد بیولوژیک نیز، ارقام مورد مطالعه، به جز رقم باران، از کاربرد برگی روی در مراحل مختلف رشدی متاثر نشد (جدول ۴).

ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک حاصل تقسیم سلولی و افزایش حجم آنها می‌باشد. با توجه به اینکه روی قابل جذب در خاک محل اجرای آزمایش کمتر از آستانه نیاز ارقام گندم بود انتظار می‌رفت به دلیل اثرگذاری روی بر بیوسنتز هورمون اکسین و نقش آن در تقسیم سلولی به همراه نقش این عنصر در بیوسنتز کربوهیدرات‌ها، در تیمارهایی که روی در مراحل مختلف رشد به کار رفته‌اند ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان دهند. در حالی‌که افزایش ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک در پی استفاده از روی در مطالعات پیشین گزارش شده است (Borzabadi and Farahani, 2012; Abdoli *et al.*, 2014; Esfandiari *et al.*, 2016). این عدم تناقض می‌تواند ناشی از ماهیت ژنتیکی ارقام مورد مطالعه باشد که به دلیل محدودیت میزان آب دریافتی، به نوعی گزینش شده‌اند کوتاه قد بوده و بخش عمده مواد فتوسنتزی تولید شده

را به سمت دانه هدایت نموده و نهایتاً عملکرد اقتصادی مطلوب‌تری تولید نمایند.

تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم و کاربرد برگی روی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. ولی اثر متقابل کاربرد برگی روی با ارقام گندم برای پارامتر ذکر شده معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها مشخص نمود که کاربرد برگی سولفات روی سبب افزایش میزان عملکرد دانه گندم در مقایسه با شاهد شد. به‌طوری‌که عملکرد دانه از ۲۱۸/۱ گرم بر مترمربع در شاهد به ۲۸۳/۹ گرم بر مترمربع در تیمار T_2 (کاربرد روی در ابتدای مرحله ساقه‌روی) و ۲۹۵ گرم بر مترمربع در تیمار T_3 (کاربرد سولفات روی در مراحل ابتدای ساقه‌روی و ابتدای پرکردن دانه) افزایش یافت (شکل ۱-الف). همچنین، بین ارقام گندم مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب به رقم باران و سرداری تعلق داشت (شکل ۱-ب). انتظار می‌رود که کاربرد برگی روی و تأمین این عنصر، منجر به ایجاد بوته‌های قوی‌تری گردد که قادر هستند سنبله‌هایی با تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد گلچه در سنبلچه بیشتر را به‌وجود آورند. حضور روی در مراحل گرده‌افشانی تا رسیدن دانه با تاثیرگذاری بر فرآیندهای متابولیسمی نظیر بیوسنتز کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها سبب می‌گردد تا نیازهای سنبله و اجزای آن بهتر تأمین گردد. برآیند این عوامل منجر به کاهش دانه‌های پوک، کاهش سقط جنین شده و در نهایت با افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه عملکرد افزایش می‌یابد (Abdoli *et al.*, 2014). در این مطالعه اثرات کاربرد روی بر اجزای عملکرد آورده نشده است. اما، باگسی و همکاران (Bagci *et al.*, 2007) به نقش روی در کاهش مشکل عقیمی سنبله در گندم اشاره کرده و عنوان نموده‌اند که این عنصر با رفع محدودیت‌ها به افزایش تعداد دانه در سنبله کمک می‌کند. افزایش عملکرد دانه در اثر اسپری برگی روی در گندم توسط درگاهی و همکاران (Dargahi *et al.*, 2014)، عبدلی و همکاران (Abdoli *et al.*, 2014)، عبدلی و اسفندیاری (Abdoli and Esfandiari, 2014) اسفندیاری و همکاران (Esfandiari *et al.*, 2016) و نیاگابا و همکاران (Niyigaba *et al.*, 2019) نیز گزارش شده است. عبدلی و اسفندیاری (Abdoli and Esfandiari, 2014) بیان نمودند که محلول‌پاشی روی با مقادیر ۰/۵ گرم بر لیتر در مرحله ساقه‌روی به همراه ۲ گرم بر لیتر در مرحله پر کردن دانه، با اثرگذاری بر تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه بارور در سنبله و وزن هزار دانه عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل بین ارقام مورد مطالعه با کاربرد برگی روی در مراحل مختلف رشدی در خصوص وزن هکتولیتر دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد برگی روی به استثنای رقم باران بر سایر ارقام در مقایسه با شاهد تاثیری بر هکتولیتر دانه نداشت (جدول ۴). هکتولیتر بیانگر چگالی دانه گندم بوده و هرقدر بالاتر باشد به منزله استحصال بیشتر آرد از آن می‌باشد و به عبارتی یک پارامتر کیفی محسوب می‌شود (Abdoli, 2017). عدم اثرپذیری هکتولیتر از کاربرد برگی روی توسط اسفندیاری و همکاران (Esfandiari *et al.*, 2016) و عبدلی (Abdoli, 2017) گزارش شده است.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس پروتئین دانه، اثرات ساده کاربرد برگی روی، ارقام گندم مورد مطالعه و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). کاربرد برگی سولفات تنها در تیمار T_2 (محلول‌پاشی ترکیب یاد شده در مراحل ساقه‌رفتن و سنبله‌دهی) سبب افزایش میزان پروتئین دانه هر شش رقم گندم در مقایسه با شاهد شد. بدین ترتیب که با کاربرد برگی سولفات روی میانگین پروتئین دانه در شش رقم گندم نان مورد مطالعه از ۱۱/۷۶ درصد در شاهد به ۱۵/۰۲ درصد در تیمار T_2 رسید. افزایش میانگین میزان پروتئین دانه در اثر تیمار T_2، ۲۷/۷۲ درصد در مقایسه با شاهد بود (جدول ۴). امروزه نقش روی در متابولیسم پروتئین اثبات شده است. به‌طوری‌که در بسیاری از گیاهان، کمبود روی سبب اختلال در برخی از فرآیندهای متابولیکی مانند متابولیسم RNA و سنتز پروتئین می‌گردد (Kitagishi *et al*., 1987; Cakmak *et al*., 1989). همچنین، کیتاگیشی و همکاران (Kitagishi *et al*., 1987) معتقدند که کمبود روی در سنتز و ساختمان RNA و ریبوزوم در گیاهان اختلال ایجاد می‌کند. از طرفی دیگر، افزایش میزان فعالیت RNA- آز در اثر کمبود روی گزارش شده است. به‌علاوه تجمع اسیدهای آمینه آزاد و آمیدها در اثر کمبود روی در مقایسه با شاهد گزارش شده است (Kitagishi *et al*., 1987; Cakmak *et al*., 1989). در این ارتباط چاکماک و همکاران (Cakmak *et al*., 1989) بیان کردند که اسیدهای آمینه تجمع یافته در بافت‌های گیاهی در اثر کمبود روی، با افزودن این عنصر به محیط از میزان اسیدهای آمینه آزاد در بافت‌ها کاسته می‌شود. در مقابل با افزودن روی به محیط نیز میزان پروتئین بافت‌های گیاهی افزایش یافت که حاکی از نقش روی در بیوسنتز پروتئین می‌باشد. تاثیر مثبت کاربرد برگی روی بر میزان پروتئین دانه توسط تنی چند از محققان نظیر پورغلام و همکاران (Pourgholam *et al*., 2013)، عبدلی و اسفندیاری (Abdoli and Esfandiari, 2016) و اسفندیاری و همکاران (Esfandiari *et al*., 2016) گزارش شده است.

طبق تجزیه واریانس در پارامترهای میزان روی انباشته شده در دانه، میزان اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی، ضمن معنی‌دار شدن اثرات ساده کاربرد برگی روی و ارقام گندم مورد مطالعه، اثر متقابل متغیرهای یاد شده برای پارامترهای مورد اشاره در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۳). کاربرد برگی سولفات روی سبب افزایش میزان روی در دانه هر شش رقم گندم در مقایسه با شاهد شد. بدین ترتیب که با کاربرد برگی سولفات روی میانگین میزان روی دانه در شش رقم گندم نان مورد مطالعه از ۱۳/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شاهد به ۲۲/۷۸ و ۳۲/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب در تیمارهای T_1 (کاربرد برگی سولفات روی در مرحله ساقه‌دهی) و T_2 (محلول‌پاشی ترکیب یاد شده در مراحل ساقه‌روی و سنبله‌دهی) رسید. افزایش میانگین میزان روی دانه در اثر تیمارهای T_1 و T_2 به‌ترتیب ۷۲/۲۵ و ۱۴۳/۴ درصد در مقایسه با شاهد بود (جدول ۴). مصرف روی منجر به افزایش جذب این عنصر توسط گیاه و افزایش مقادیر روی در بخش‌های مختلف گیاه می‌گردد. افزایش میزان روی در اندام‌های هوایی و دانه در اثر کاربرد روی توسط کیسیل و همکاران (Kisiel *et al*., 1998)، نان و همکاران (Nan *et al*., 2002)، بلالی و ملکوتی (Balali and Malakouti, 2002)، محمودی و یارنیا

(Mahmoodi and Yarnia, 2013) و عبدلی (Abdoli, 2017) گزارش شده است. در این مطالعه نیز در اثر کاربرد برگی سولفات روی در تیمارهای T_1 و T_2، میزان روی بیشتری در اختیار بوته‌های گندم قرار گرفت که با جذب و انتقال به دانه، افزایش میزان روی در آن را سبب می‌گردد (جدول ۴). از طرفی افزایش میزان روی دانه را می‌توان ناشی از زمان کاربرد سولفات روی دانست. بدین معنی که کاربرد برگی سولفات روی در مراحل ساقه‌روی و گلدهی تأثیر بیشتری بر میزان روی انباشته شده در دانه در مقایسه با مرحله ساقه‌روی دارد. در این ارتباط اوزتورک و همکاران (Ozturk *et al.*, 2006)، عبدلی و همکاران (Abdoli *et al.*, 2014) و اسفندیاری و همکاران (Esfandiari *et al.*, 2016) افزایش میزان روی دانه در اثر کاربرد روی را گزارش و عنوان نمودند که محلول‌پاشی در مراحل انتهایی رشد گندم تأثیر بیشتری در افزایش غلظت روی در دانه دارد.

اسید فیتیک یک آنتی‌نوترینت می‌باشد که میزان آن در اثر کاربرد برگی سولفات روی در تمامی ارقام گندم کاهش یافت. بدین ترتیب که میانگین میزان اسید فیتیک از ۶۱/۵۲ میلی‌گرم بر گرم در شاهد به ۴۵/۹۶ و ۲۶/۰۱ میلی‌گرم بر گرم در تیمارهای T_1 و T_2 رسید. به‌عبارتی دیگر، در اثر تیمارهای T_1 و T_2 میزان اسید فیتیک دانه گندم به‌ترتیب ۷۴/۷ و ۴۲/۲۷ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داشت (شکل ۲). همچنین، اسید فیتیک با کاتیون‌هایی مانند روی ترکیب شده و فیتات غیرمحلول مانند فیتات روی را به‌وجود می‌آورد و بدین شکل زیست فراهمی روی دانه گندم را در روده انسان کاهش می‌دهد. این ماده مهم‌ترین فرم ذخیره فسفات در دانه گیاهان مانند گندم می‌باشد و در حدود یک درصد وزن خشک آن را تشکیل می‌دهد. با توجه به اثرات منفی اسید فیتیک بر جذب عناصر ریزمغذی از جمله روی در بدن و نقش ویژه گندم در تغذیه مردم به‌خصوص کشورهای در حال توسعه، محققین تلاش می‌کنند میزان اسید فیتیک موجود در دانه را کاهش دهند. کاهش اسید فیتیک با کاربرد روی توسط یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2011) و اسفندیاری و همکاران (Esfandiari *et al.*, 2016) گزارش شده است که به نوعی ارتباط منفی بین روی با اسید فیتیک را نشان می‌دهد. این رابطه معکوس بین پارامترهای یاد شده قبلاً نیز توسط حسین و همکاران (Hussain *et al.*, 2013) و عمران و همکاران (Imran *et al.*, 2015) گزارش شده است. همچنین، اردال و همکاران (Erdal *et al.*, 2002) با مطالعه بر روی ۲۰ نوع گندم گزارش کردند که با کاربرد ۲۳ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی میزان اسید فیتیک در دانه کاهش یافت.

متشرع‌زاده و ثواقبی (Motesharezadeh and Savaghebi, 2012) معتقدند که افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد روی، سبب رقیق شدن میزان فسفات و اسید فیتیک موجود در دانه می‌گردد که حاصل آن کاهش اسید فیتیک می‌باشد. در این مطالعه نیز اسید فیتیک در تیمارهای T_1 و T_2 در مقایسه با شاهد کاهش یافت که می‌تواند ناشی از افزایش عملکرد دانه در تیمارهای یاد شده باشد. در دانه‌های گندم ارقام مورد مطالعه، کاربرد برگی سولفات روی به‌طور قابل توجهی نسبت مولی اسید فیتیک به روی را در مقایسه با شاهد کاهش داد. بدین ترتیب که با کاربرد برگی روی میانگین این نسبت در ارقام گندم از ۴۶/۳۴ در شاهد به ۱۹/۶۷ و ۸/۰۳ به‌ترتیب در تیمارهای T_1 و T_2 رسید. به عبارتی

دیگر، در اثر تیمارهای T_1 و T_2 نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه‌های گندم به‌ترتیب به ۵۷/۵۵ و ۸۲/۶۷ درصد شاهد کاهش یافت (جدول ۴). نسبت مولی اسید فیتیک به روی برای ارزیابی زیست فراهمی روی در بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور معمول در نسبت‌های بالاتر از ۱۵، جذب روی به شکل قابل توجهی کاهش می‌یابد. همچنین، زیست فراهمی روی معمولاً متأثر از کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی به کمتر از ۱۵ نمی‌گردد. در این مطالعه تنها در تیمار T_2 نسبت مولی اسید فیتیک به روی به کمتر از ۱۵ کاهش یافت. همچنین، کاهش این نسبت ناشی از کاهش هم‌زمان میزان اسید فیتیک و افزیش روی در دانه بود. در این ارتباط بهارتی و همکاران (Bharti *et al.*, 2013) بیان کردند که کاربرد خاکی به‌همراه محلول‌پاشی روی سبب افزایش غلظت روی در دانه (۸۰ درصد) و کاهش ۲۳/۲ درصدی میزان اسید فیتیک شد. یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2011) بیان کردند که محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه بیشترین تأثیر را بر افزایش غلظت روی در دانه و کاهش شاخص نسبت مولی اسید فیتیک به روی داشت. سایر محققان بر این نکته تأکید دارند که کاربرد روی موجب افزایش و انباشت آن در دانه و اندام‌های هوایی و دانه می‌گردد (Balali and Malekouti, 2002; Nan *et al.*, 2002).

به استناد نتایج تجزیه واریانس، تنها اثر ساده کاربرد برگی روی در مراحل مختلف رشدی گندم در مورد اسید آسکوربیک معنی‌دار شد. اما اثر ساده ارقام گندم مورد مطالعه و اثر متقابل کاربرد برگی روی با ارقام گندم معنی‌دار برای این پارامتر معنی‌دار نشد (جدول ۳). در دانه‌های گندم ارقام مورد مطالعه کاربرد برگی سولفات روی میزان اسید آسکوربیک را در مقایسه با شاهد به طور قابل توجهی افزایش داد. بدین ترتیب که کاربرد برگی روی میانگین این ویتامین را در ارقام گندم از ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در شاهد به ۶۲/۳۵ و ۱۶۶/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب در تیمارهای T_1 و T_2 رساند. به‌عبارتی دیگر، در اثر تیمارهای T_1 و T_2 میزان اسید آسکوربیک در دانه‌های گندم به‌ترتیب حدود ۵ و ۱۴ برابر شاهد افزایش نشان داد (شکل ۳). اسید آسکوربیک از جمله ویتامین‌های مهم می‌باشد که نقش‌های فیزیولوژیک مهمی در بدن انسان ایفا می‌نماید. این ویتامین ضمن واکنش مستقیم با انواع اکسیژن فعال تولید شده در بدن و خنثی‌سازی آنها، در چرخه گلوتاتیون-آسکوربات ایفای نقش نموده و با جمع‌آوری پراکسید هیدروژن، مانع بروز تنش اکسیداتیو در بدن می‌شود (Padayatty *et al.*, 2003). همچنین، این ویتامین در بذور در حال جوانه‌زنی با خنثی‌سازی انواع اکسیژن فعال مانع آسیب به بیومولکول‌های حیاتی سلول و بروز تنش اکسیداتیو می‌گردد. برآیند این عمل با افزایش تنفس رشد و تبدیل ذخایر بذر به ساختار گیاهچه، ویگور اولیه گیاهچه‌های حاصل را افزایش می‌دهد (Abdoli, 2017). افزایش میزان آسکوربات با کاربرد روی توسط اسفندیاری و همکاران (Esfandiari *et al.*, 2016) گزارش شده است.

نتیجه گیری کلی

در ارقام گندم مورد مطالعه کاربرد برگی سولفات روی ضمن افزایش عملکرد دانه (جنبه کمی تولید)، با افزایش میزان روی دانه، کاهش اسید فیتیک، کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی، افزایش میزان اسید آسکوربیک و پروتئین دانه کیفیت محصول تولید شده را نیز در تمامی

ارقام گندم بهبود داد. البته کاربرد برگی این عنصر در مراحل ساقه روی و سنبله‌دهی (تیمار T_2) بر جنبه‌های کمّی و کیفی گندم در مقایسه با تیمارهای شاهد و T_1 تاثیرگذاری بیشتری داشت. لذا، با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر کشاورزی ایران و مشکلات ناشی از سوء تغذیه کاربرد برگی سولفات روی راهکار مناسبی برای افزایش عملکرد کمّی و کیفی گندم به‌همراه بهبود بهداشت عمومی جامعه می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری موسسه تحقیقات دیم کشور به‌ویژه بخش غلات بابت تامین بذر ارقام گندم نان و همکاری‌های لازم در خصوص اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Physical and chemical characteristics of the test locations soil at 0 - 30 cm

هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH	ماده آلی Organic matter	میزان آهک T.N.V	منگنز قابل جذب Available Manganese	آهن قابل جذب Available Iron	مس قابل جذب Available Copper	روی قابل جذب Available Zinc	پتاسیم قابل جذب Available K	فسفر قابل جذب Available P	نیتروژن کل Total Nitrogen	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت خاک (Soil Texture)
		(%)				($mg.kg^{-1}$)				(%)	(%)			
0.4	7.4	0.6	6.8	3.13	4.23	2.1	1.2	350	1.94	0.06	36	28	36	Clay-Lome

جدول ۲- میانگین بارندگی در ماه‌های مختلف سال زراعی ۹۵-۹۴ در منطقه هشترود

Table 2- Average of precipitation in year 2015-2016 at Hashtrood region

خرداد June	اردیبهشت May	فروردین April	اسفند March	بهمن February	دی January	آذر December	آبان N0vember	مهر October	میزان بارندگی Precipitation (mm)
38.1	19.8	86.1	53.8	32.4	30.51	26.11	103	34	

جدول ۳- تجزیه واریانس محلول‌پاشی روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم در شرایط دیم

Table 3- Analysis of variance of foliar spraying of Zn on yield and its quality on dryland

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Yield	هکتولیتر Hectoliter
بلوک Blocks	2	3.84	0.0009	3617.1	1.592
رقم Cultivar	5	254.59**	0.0834**	16677.1**	5.536**
خطای اصلی Main error	4	0.33	0.0012	1649.1	0.742
اسپری برگی Foliar spraying	2	3.76ns	0.0315ns	31133.8**	7.045**
اسپری برگی×رقم Foliar spraying×Cultivar	10	117.27**	0.0196**	1403.2ns	2.444**
خطای فرعی Sub error	30	23.71	0.0077	992.2	0.851
ضریب تغییرات C.V.%	--	8.78	10.16	11.9	2.34

** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و عدم معنی‌داری.

** and ns are significant at 1% and are not significant, respectively.

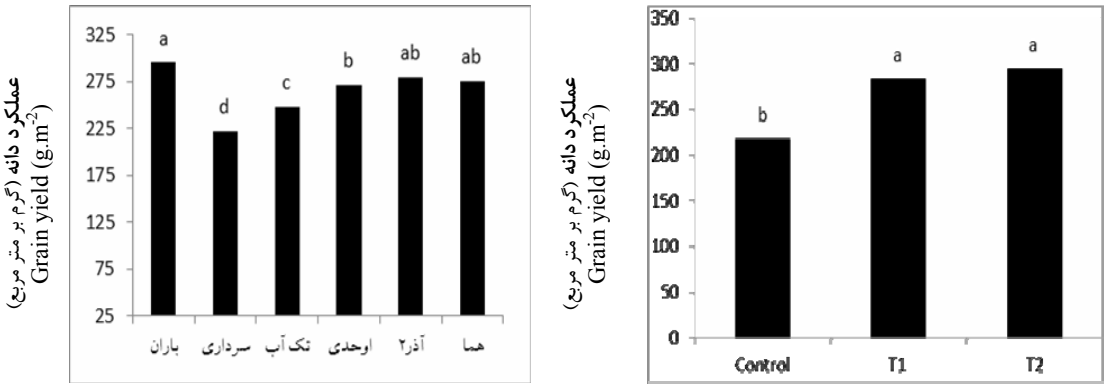
ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	غلظت روی دانه Zn	اسید فیتیک Phytic acid	نسبت مولی اسید فیتیک به روی PA/Zn molar ratio	پروتئین Protein	اسید آسکوربیک Ascorbic acid
بلوک Blocks	2	43.89	57.74	35.25	3.47	1004.69
رقم Cultivar	5	29.75**	36.85**	34.77**	1.64**	501.94ns
خطای اصلی Main error	4	2.21	11.25	8.18	0.33	353.89
اسپری برگی Foliar spraying	2	1618.56**	5703.5**	6919.7**	46.06**	111344.13**
اسپری برگی×رقم Foliar spraying×Cultivar	10	18.17**	16.27 ns	23.02**	0.34**	304.15ns
خطای فرعی Sub error	30	1.23	10.46	2.88	0.004	331.81
ضریب تغییرات C.V.%	--	4.9	7.3	6.8	1.8	22.71

** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و عدم معنی‌داری.

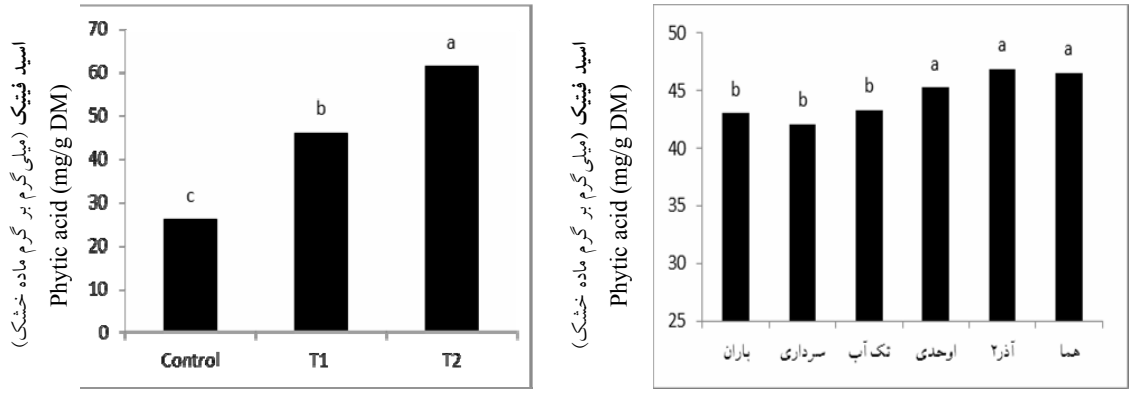
** and ns are significant at 1% and are not significant, respectively.



(b) (ب) (a) (الف)

شکل ۱- اثرات کاربرد غلظت‌های مختلف روی (الف) و ارقام گندم مورد بررسی (ب) بر میزان عملکرد دانه

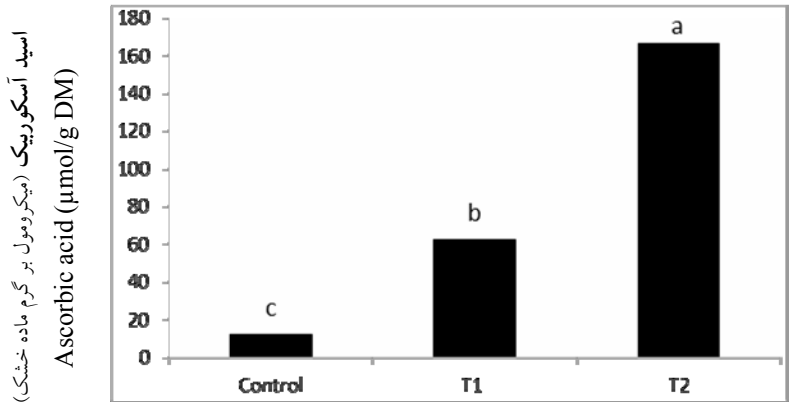
Figure 1- Effect of Zn application (a) and wheat cultivars (b) on grain yield



(b) (ب) (a) (الف)

شکل ۲- اثرات کاربرد روی (الف) و ارقام گندم مورد بررسی (ب) بر میزان اسید فیتیک دانه

Figure 2- Effect of Zn application (a) and wheat cultivars (b) on grain phytic acid content



شکل ۳- اثرات کاربرد روی بر میزان اسید آسکوربیک انباشته شده در دانه گندم

Figure 3- Effect of Zn application on ascorbic acid content of wheat grain

جدول ۴- اثر محلول‌پاشی روی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته به‌همراه برخی از پارامترهای کیفی دانه گندم

Table 4- Effect of foliar application of Zn on some qualitative parameters of wheat

تیمارهای مورد بررسی Treatments	ارقام Cultivars	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g/m^2)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	غلظت روی در دانه Zn concentration in grain (mg/kg)	نسبت مولی اسید فیتیک به روی Zn/PA ratio	پروتئین Protein (%)	هکتولیتر Hectoliter ($kg.100L^{-1}$)
شاهد Control	باران Baran	0.863^{cd}	86.17^{abc}	11.28^{a}	53.86^{e}	11.23^{g}	68.43^{b}
	سرداری Sardari	0.743^{cd}	77.73^{de}	14.71^{a}	40.46^{c}	11.84^{fg}	68.2^{bc}
	تک‌آب Tak Ab	0.913^{ab}	60.1^{f}	12.15^{a}	48.37^{d}	12.08^{defg}	69.3^{a}
	اوحدی Ohadi	0.89^{bc}	81.7^{bcde}	12.77^{a}	48.63^{d}	11.9^{efg}	66.73^{bc}
	آذر۲ Azar2	0.837^{bcd}	89.13^{ab}	13.98^{a}	44.4^{c}	12.68^{cde}	67.7^{bc}
	هما Homa	0.92^{ab}	80.81^{cde}	14.46^{a}	42.31^{c}	11.85^{fg}	68.27^{b}
محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله ساقه روی Spraying of $ZnSo_4$ at stemming stage	باران Baran	1.013^{a}	79.8^{cde}	23.47^{bcd}	19.47^{b}	11.7^{fg}	68.77^{ab}
	سرداری Sardari	0.787^{bcd}	73.87^{e}	24.86^{cd}	17.31^{b}	12.87^{cdf}	67.63^{b}
	تک‌آب Tak Ab	1.013^{a}	74.4^{e}	21.36^{bc}	19.37^{b}	13.4^{c}	69.2^{a}
	اوحدی Ohadi	0.903^{ab}	79.8^{cde}	21.04^{b}	20.75^{b}	12.84^{cd}	68.63^{ab}
	آذر۲ Azar2	0.733^{de}	85.83^{bc}	22.61^{bcd}	21.38^{b}	13.27^{c}	69.67^{a}
	هما Homa	0.930^{ab}	79.53^{cde}	23.36^{bcd}	20.14^{b}	12.53^{cdef}	68.2^{ab}
محلول‌پاشی سولفات روی در مراحل ساقه روی و گلدهی Spraying of $ZnSO_4$ at Stemming+anthesis	باران Baran	1.013^{a}	79.03^{cde}	25.4^{d}	8.39^{a}	12.52^{b}	67.2^{bcd}
	سرداری Sardari	0.587^{e}	94^{a}	30.4^{e}	7.3^{a}	14.41^{b}	68.3^{abc}
	تک‌آب Tak Ab	0.92^{ab}	75.57^{e}	31.68^{e}	8.76^{a}	15.17^{ab}	68.62^{ab}
	اوحدی Ohadi	0.73^{de}	^{cde}۷۹,۰۷	32.42^{e}	8.66^{a}	15.46^{a}	65.8^{bcd}
	آذر۲ Azar2	0.84^{bcd}	83.87^{bcde}	35.72f	7.81^{a}	15.1^{ab}	69.1^{a}
	هما Homa	0.816^{bcd}	85.07^{bcd}	37.53^{f}	7.27^{a}	15.49^{a}	65.57^{d}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد نمی‌باشند.

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% level of probability.

References منابع مورد استفاده

- Abdoli, M. 2017 the evaluation of approaches to improvement the grain quantitative and qualitative of wheat by using zinc in calcareous soils. Ph.D. Thesis. University of Maragheh.
- Abdoli, M., and E. Esafandiari. 2016. Wheat biofortification through Zn foliar application and its effects on wheat quantitative and qualitative yields. *YYÜ TAR BİL DERG*. 26: 529-537
- Abdoli, M., and E. Esfandiari. 2014. Effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield and seedlings growth characteristics of bread wheat (cv. Kohdasht). *Iranian Journal of Dryland Agriculture*. 3: 77-90. (In Persian).
- Abdoli, M., E. Esfandiari, S.B. Mosavi, and B. Sadeghzadeh. 2014. Effects of foliar application of zinc sulfate at different phonological stages on yield formation and grain zinc content of bread wheat (cv. Kohdasht). *Azarian Journal of Agriculture*. 1: 12-17.
- Anonymous. 1984. Cereals-determination of bulk density, called "mass per hectoliter". International Organization for Standardization. ISO 7971-2.
- Bagci, S.A., H. Ekiz, A. Yilmaz, and I. Cakmak. 2007. Effect of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in central Anatolia. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 193: 198-206.
- Balali, M.R., and M.J. Malakouti. 2002. Effects of different methods of micronutrient application on the uptake of nutrients in wheat grains in 10 provinces. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences*. 15: 1-11. (In Persian)
- Bharti, K., N. Pandey, D. Shankhdhar, P.C. Srivastava, and S.C. Shankhdhar. 2013. Improving nutritional quality of wheat through soil and foliar zinc application. *Plant, Soil and Environment*. 59: 348-352.
- Borzabadi, V., and I. Farahan. 2012. Effect of supplementary irrigation and foliar application of zinc sulfate on seed yield and its components of chickpea in Arak, Iran. *Journal of Water and Soil*. 5(4): 43-52. (In Persian)
- Cakmak, I., and U.B. Kutman. 2018. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science*. 69: 172-180.
- Cakmak, I., H. Marschner, and F. Bangerth. 1989. Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of Indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Experimental Botany*. 40: 405-412.
- Cakmak, I., M. Kalayci, Y. Kaya, A.A. Torun, N. Aydin, Y. Wang, Z. Arisoy, H. Erdem, O. Gokmen, L. Ozturk, and W.J. Horst. 2010. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58: 9092-9102.
- Dargahi, M., R. Sadrabadi Haghighi, and K. Bakhsh Kelarestaghi. 2014. Effect of zinc chelate foliar application on yield components of four wheat cultivars. *Crop Ecophysiology*. 30: 137-148. (In Persian).
- Emami, A. 1996. Methods of plant analysis (Volume I). Ministry of Agriculture Press, 128p. (In Persian).

- Erdal, I., A. Yilmaz, S. Tan, B. Torun, and I. Cakmak. 2002. Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 113-127.
- Esafandiari, E., M. Abdoli, B. Sadeghzadeh, and S.B. Mosavi. 2016. Impact of foliar zinc application on agronomic traits and grain mineral nutrients as well as ascorbic acid and phytic acid contents in wheat (*Triticum aestivum* L.) under zinc deficient soil. *Indian Journal of Plant Physiology*. 21: 263-270.
- Feiziasl, V. 2017. Evaluation of dryland barley (*Hordum vulgare*) genotypes response to the nitrogen rates and application times. *Journal of Water and Soil*. 31(2): 490-508. (In Persian).
- Haug, W., and H.J. Lantzsch. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 34(12): 1423-1426.
- Hussain, S., M.A. Maqsood, Z. Rengel, T. Aziz, and M. Abid. 2013. Estimated zinc bioavailability in milling fractions of biofortified wheat grains and in flours of different extraction rates. *International Journal of Agriculture and Biology*. 15: 921-926.
- Imran, M., S. Kanwal, S. Hussain, T. Aziz, and M. Aamer-Maqsood. 2015. Efficacy of zinc application methods for concentration and estimated bioavailability of zinc in grains of rice grown on a calcareous soil. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 52: 169-175.
- Khan, M.A., M.P. Fuller, and F.S. Baloch. 2008. Effect of soil applied zinc sulfate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil Pakistan. *Cereal Research Communications*. 36: 571-582.
- Kisiel, RD., D. Borzacka, and D. Kaliszewicz. 1998. Effect of nitrogen and copper fertilizer application on yield and direct production costs of wheat. *Acta Academica Agricultural Technical Olsten sis Oconmico*. 31: 33-45.
- Kitagishi, K., H. Obata, and T. Kondo. 1987. Effect of zinc deficiency on 80S ribisome content of meristematic tissues of rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition*. 33: 423-429.
- Krebs, N.F., L.V. Miller, and K.M. Hambridge. 2014. Zinc deficiency in infants and children: a review of its complex and synergistic interactions. *Paediatrics and International Child Health*. 34: 279–288.
- Krezel, A., and W. Maret. 2016. The biological inorganic chemistry of zinc ions. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 611: 3–19.
- Mahmoodi, J., and M. Yarnia. 2013. The effect of zinc sulfate different amount soil and foliar application on correlated grain characters in sweet corn. *Journal of Crop Ecophysiology*. 6(4): 429-441. (In Persian).
- Motesharezadeh, B., and G. Savaghebi. 2012. The effect of balanced fertilization on nutrients' concentration and phytic acid to zinc molar ratio in Iranian red bean (*Phaseolus calcaratus* L.) cultivars at different stages of seed development. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 3: 73-84. (In Persian).
- Nan, Z., J. Li, J. Zhang, and G. Cheng. 2002. Cadmium and zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field conditions. *Science of the Total Environment*. 285: 187-195.

- Nawaz, H., N. Hussain, A. Yasmeen, M. Arif, M. Hussain, M. Rehmani, M.B. Chattha, and A. Ahmad. 2015. Soil applied zinc ensures high production and net returns of divergent wheat cultivars. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*. 2: 1-7.
- Niyigaba, E., A. Twizerimana, I. Mugenzi, W.A. Ngnadong, Y.P. Ye, B.M. Wu, and J.B. Hai. 2019. Winter wheat grain quality, zinc and iron concentration effected by a combined foliar spray of zinc and iron fertilizers. *Agronomy.* 9(25): 2-18.
- Ozturk, L., M.A. Yazici, C. Yucel, A. Torun, C. Cekic, A. Bagci, H. Ozkan, H.J. Braun, Z. Sayers, and I. Cakmak. 2006. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. *Physiologia Plantarum*. 128: 144-152.
- Padayatty, M.D., M.D. Wang, E. Peter, O. Kwon, L. Je-Hyuk, C. Shenglin, C. Christopher, B.S. Anand, K.D. Sudhir, and L. Mark. 2003. Vitamin C as an antioxidant: Evaluation of its role in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition*. 22: 18–35.
- Pourgholam, M., N. Nemati, and M. Oveysi. 2013. Effect of zinc and iron under the influence of drought on prolin, protein and nitrogen leaf of rapeseed (*Brassica napus*). *Annals of Biological Research*. 4: 200-203.
- Poursarebani, N., T. Nussbaumer, H. Simkova, J. Safar, H. Witsenboervan, and J. Oeveren. 2014. Whole-genome profiling and shotgun sequencing delivers an anchored, gene-decorated, physical map assembly of bread wheat chromosome 6A. *The Plant Journal*. 79: 334–347.
- Singh, A., and Y. Singh-Shivay. 2015. Zinc application and green manuring enhances growth and yield in basmati rice (*Oryza sativa* L.). *Indian Journal of Plant Physiology*. 20: 289-296.
- Terrin, G., R.B. Canani, M. di Chiara, A. Pietravalle, V. Aleamdri, and F. Conte. 2015. Zinc in early life: a key element in the fetus and preterm neonate. *Nutrients*. 7: 10427–10446.
- Thimmiah, S.R. 2009. Standard methods of biochemical analysis. Kalyani Publishers, NewDelhi, pp. 545.
- Timmer, C.P. 2014. Food security in Asia and the Pacific: the rapidly changing role of rice. *Asia and Pacific Policy Studies*. 1: 73–90.
- Wessells, K.R., and K.H. Brown. 2012. Estimating the global prevalence of zinc deficiency: results based on zinc availability in national food supplies and the prevalence of stunting. *Plos One.* 7: e50568.
- Yang, XW., X.H. Tian, W.J. Gale, X.Y. Cao, X.C. Lu, and A.Q. Zhao. 2011. Effect of soil and foliar zinc application on zinc concentration and bioavailability in wheat grain on potentially zinc deficient soil. *Cereal Research Communication*. 39: 535-543.

Effect of Foliar Application of Zinc on Seed Yield and Quality of Dry-land Wheat, in Hashtrood

Esmaeil Karimi-Asl[1], Bahram Mirshekari[2*], Ezatollah Esfandiari[3], Farhad Farahvash[2], and Ebrahim Khalilvand Behrozyar[2]

Received: October 2019 , Revised: 4 December 2019, Accepted: 24 December 2019

Abstract

Malnutrition due to low micro-nutrients content in cereals and lack of diversity of food stuffs are serious health problem in developing countries, including Iran. Due to the important nutritive role of wheat in these countries, researchers are trying to produce wheat grains with higher nutrients contents like iron, zinc, ascorbic acid and protein, along with low phytic acid content and Zn/PA ratio to limit malnutrition. Because of significant role of Zn on the metabolism of carbohydrates and proteins; the effects of foliar application of Zn on the quality and yield of wheat grains was studied. In this study six wheat cultivars were planted at a farm in Tastaghar village located in Hashtrood county, during early fall of 2016 in split plot experiment based on randomized complete block design. Treatments used were six wheat cultivars (Baran, Tak-Ab, Sardari, Ohadi, Homa and Azar 2) and leaf foliar application of Zn with four levels (control, during beginning of stem elongation and stem elongation+anthesis stages). Zn foliar treatments were applied in the evenings by a portable pump sprayer. The results revealed that the foliar application of Zn increased seed yields of the cultivars under study. Moreover, protein, Zn and ascorbic acid content of the seed were also increased significantly (P≤%5). However, phytic acid content and Zn/PA ratio were decreased as compared to control. Overall it can be said that, foliar application of Zn had positive impact on the seed yield, proteins, Zn and ascorbic acid contents. It can be concluded that the foliar application of Zn on wheat would improve the seed yield and some qualities of wheat cultivars. It would be advisable to extend continuing this kind of studies to overcome malnutrition problems of area. Further studis is recommended to substantiate the results.

Key words: Malnutrition, Phytic acid, Protein, Zinc, Zn/PA ratio.

1- Ph.D. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3- Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
**Corresponding Author: Mirshekari@iaut.ac.ir*