فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیستم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۳۰-۱۷/ بهار و تابستان ۹۹
DOI: 10.22084/ppt.2017.12037.1667

اثر محلول‌پاشی روی و مس بر خصوصیات زراعی، عملکرد کمی و کیفی ارقام گندم دیم در استان کردستان

Effect of Zn and Cu Foliar Application on Agronomic Traits, Quantitative and Qualitative Yield of Dryland Wheat Cultivars in Kurdistan Province

ساناز صفری[۱]، شیوا خالص‌رو[۲*]، عادل سی و سه مرده[۳] و فرزاد حسین‌پناهی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۰۱
(مقاله پژوهشی)

چکیده

گندم از مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیا می‌باشد که پایین بودن غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف آن، در کشور ایران، مسأله‌ساز شده است. از دلایل این امر کمبود فرم قابل جذب این عناصر غذایی در خاک می‌باشد. بر این اساس در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ آزمایشی در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه کردستان اجرا شد. در این پژوهش، اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و مس بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و کیفیت و کمیت عملکرد دانه ارقام گندم دیم در منطقهٔ کردستان بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط دیم اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل ارقام گندم دیم در چهار سطح (سرداری، ریژاو، کریم و آذر۲) و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در چهار سطح (شاهد، محلول‌پاشی روی، محلول‌پاشی مس، محلول‌پاشی توأم روی و مس) در دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و سنبله‌دهی بودند. نتایج آزمایش نشان داد بین ارقام مختلف گندم از لحاظ صفات تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، گلوتن دانه، پروتئین و فسفر دانه اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت. از بین ارقام موردبررسی، رقم سرداری، بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد. محلول‌پاشی عناصر روی، مس و محلول‌پاشی توأم آن‌ها نیز موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، غلظت روی در دانه و غلظت مس در دانه گردید. به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف روی و مس می‌تواند در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گندم مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: آذر۲، پروتئین، سرداری، عناصر کم‌مصرف

۱، ۲، ۴ و ۳. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، استادیاران و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
*: نویسنده مسئول Email: s.khalesro@yahoo.com

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول تحت راهنمایی شیوا خالص‌رو می‌باشد.

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین منابع تامین نیازهای انسان است که به شکل‌های مختلف در رژیم غذایی روزانه مورد استفاده قرار می گیرد (*گوما*[1] و همکاران، 2015). بنابراین بهبود کیفیت و افزایش عملکرد این محصول استراتژیک در واحد سطح از مهم ترین اولویت‌های تحقیقاتی و اجرایی اکثر کشورها می‌باشد (*کورتیس* و *هالفورد*[2]، 2014)؛ عناصر غذایی کم‌مصرف از اجزاء ضروری برای انجام بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک گیاهی محسوب می‌شوند (*ستپیان* و *وجت‌کویاک*[3]، 2016) و در بهبود عملکرد کمی و کیفی گندم نقش حیاتی بازی می‌کنند (*زاین*[4] و همکاران، 2015؛ *چاودری*[5] و همکاران، 2007). یکی از عناصر کم‌مصرف مهم، روی می‌باشد که وجود آن برای رشد گیاه و انسان ضروری است اما امروزه کمبود آن در جیره غذایی اکثر مردم جهان به ویژه کشورهای در حال توسعه دیده می‌شود (*وانگ*[6] و همکاران، 2012؛ *ژانگ*[7] و همکاران، 2012b). روی، جزء عناصر ریزمغذی ضروری برای تولید پروتئین در گیاهان است و جزء اصلی ترکیبات ریبوزوم می‌باشد. روی، وظایف بسیار مهمی ازجمله فعال‌سازی بیش از ۱۰۰ آنزیم در متابولیسم گیاه، افزایش میزان کربوهیدرات‌های تولیدی از طریق افزایش فتوسنتز، افزایش اسیمیلاسیون نیتروژن، بهبود فعالیت RNA و DNA، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش گل دهی و توان باروری گل‌ها را بر عهده دارد؛ هرکدام از این نقش-ها عامل مهمی در تولید زیست توده به‌شمار می‌روند (*کایا و هیگز*[8]، 2002؛ *ککمک*[9]، 2008؛ *کریم*[10] و همکاران، 2012). علاوه‌بر کاهش عملکرد گیاهان، کمبود روی منجر به عقیمی دانه‌های گرده می‌شود. لذا محلول‌پاشی سولفات روی تعداد گل‌های بارور را در گیاهان افزایش می‌دهد (*کانوال*[11] و همکاران، 2010). کمبود روی مخصوصاً در خاک‌های مناطق خشک دنیا به‌طور وسیعی مشاهده می‌گردد. حدود ۵۰ درصد از خاک‌های جهان که در زراعت غلات مورداستفاده قرار می‌گیرند فاقد مقدار کافی روی برای رشد مطلوب گیاهان هستند (*سانجای* و *سینگ*[12]، 2004). پژوهشگران براساس نتایج آزمایشی گزارش کردند ارقام مختلف گندم نسبت به کاربرد سولفات روی از نظر زیست‌توده و عملکرد دانه، واکنش متفاوتی دارند (*خوش‌گفتارمنش*[13] و همکاران، 2005). نتایج آزمایش دیگری نشان داد محلول‌پاشی عنصر روی در گیاه گندم موجب افزایش تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گردید (*فرجی*[14] و همکاران، 2014). *زیدان*[15] و همکاران (2010) نیز گزارش نمودند با به کاربردن عنصر ریز مغذی روی، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و محتوای پروتئینی دانهٔ گندم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. یافته‌های سایر تحقیقات نیز حاکی از اثر معنی‌دار کاربرد عنصر کم‌مصرف روی بر عملکرد دانه و غلظت روی در دانهٔ گندم می‌باشد (*پرزیوند* و همکاران، ۱۳۹۰؛ *لیو*[16] و همکاران، 2014؛ *وانگ* و همکاران، 2012؛ *خوش گفتارمنش* و همکاران، 2013؛ *ما*[17] و همکاران، 2017). عنصر مس نیز یکی دیگر از عناصر موردنیاز گیاه است که وجود آن جهت تولید لیگنین و تولید دانهٔ گرده ضروری می‌باشد. وجود این عنصر برای عملکرد صحیح بسیاری از آنزیم‌ها لازم است و بر سرعت فعالیت‌های آنزیم‌های اسید آسکوربیک، سیتوکروم اکسیداز و فنولاز تأثیر می‌گذارد. مس از طریق سیستم‌های آنزیمی در انجام فرآیندهای متابولیسمی، تولید پروتئین و کربوهیدرات‌ها و سنتز کلروفیل نقش دارد. این عنصر کم‌مصرف به تنظیم انتقال آب در گیاه کمک می‌کند و دارای نقش حیاتی در تولید دانه است (*مکولی*[18] و همکاران، 2003؛ *بوربوری*[19] و همکاران، 2012). علاوه‌بر این، مس به‌عنوان یک عنصر ضروری برای رشد طبیعی و سوخت و ساز گیاهان ضروری است (*لوساک*[20] و همکاران، 2001؛ *شارما و آگاروال*[21]، 2005؛ *سینگ*[22] و همکاران، 2007). این عنصر در غلظت‌های پایین، نقش کلیدی در زنجیرهٔ انتقال الکترون، فتوسنتز، تنفس، پاسخ به هورمون اتیلن، متابولیسم دیوارهٔ سلولی و مقاومت در برابر تنش اکسیداتیو ایفا می‌کند (*کایا و هیگز*، 2002) و کمبود آن باعث کاهش سرعت فتوسنتز خالص می‌شود و در نهایت

1. Gomaa
2. Curtis and Halford
3. Stepian and Wojtkowiak
4. Zain
5. Chaudry
6. Wang
7. Zhang
8. Kaya and Higgs
9. Cakmak
10. Karim
11. Kanwal
12. Sanjay and Singh
13. Khoshgoftarmanesh
14. Faraji
15. Zeidan
16. Liu
17. Ma
18. McCuley
19. Boorboori
20. Losak
21. Sharma and Agarw
22. Singh

باعث کاهش پروتئین دانهٔ گندم می‌گردد (*ضیائیان و ملکوتی*[1]، 2001). کمبود مس، ممکن است باعث کاهش تعداد پنجه‌های بارور در گندم شود زیرا در مرحلهٔ پنجه‌زنی، این گیاه به کمبود مس بسیار حساس است (*منجل و کیرکبی*[2]، 2001). پژوهشگران دیگری با انجام آزمایشی گزارش کردند کمبود مس در گندم باعث کوچک شدن سنبله‌ها شد و حتی دانه نیز در انتهای سنبله‌ها تشکیل نگردید (*گراهام* و *مک دونالد*[3]، 2000). بر اساس نتایج تحقیقات، کاربرد مس در گیاه گندم موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه و شاخص برداشت شد و میزان عملکرد نیز ۶۲/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (*کومار*[4] و همکاران، 2009). محققان با بررسی واکنش دو رقم گاسکوژن و پیشتاز گندم به محلول‌پاشی سه عنصر ریز مغذی مس، روی و بور نشان دادند محلول‌پاشی آن‌ها بر شاخص‌هایی مانند تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در مترمربع، شاخص برداشت و عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار داشت (*جعفری مقدم*[5] و همکاران، 2012). محققان دیگر در بررسی اثر محلول‌پاشی مس، آهن، منگنز و روی در تولید و برخی ویژگی‌های کیفی چهار رقم گندم (Sid 13, Sakha 94, Misr 1 and Gemeiza 7) در دو فصل زراعی متوالی مشاهده نمودند که محلول‌پاشی با همهٔ ریزمغذی‌های مورداستفاده دارای اثر قابل توجهی بر عملکرد محصول و محتوای پروتئینی در هر دو فصل زراعی در مقایسه با نمونهٔ شاهد بود (*مکی و ال‌هاگان‌امان*[6]، 2014). پژوهشگران دیگر نیز با بررسی اثر عناصر کم‌مصرف روی و مس بر عملکرد و کیفیت دانهٔ گندم در اراضی آهکی گزارش کردند که با مصرف عناصر ریزمغذی، زیست توده، عملکرد دانه و اجزاء آن افزایش یافت (*ضیائیان و ملکوتی*، 2001).

در این راستا با توجه به اهمیت گیاه گندم در تأمین انرژی روزانهٔ انسان، نقش حیاتی عناصر کم‌مصرف روی و مس در تغذیهٔ انسان و هم‌چنین مقایسهٔ ارقام مختلف، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر محلول‌پاشی عناصر روی و مس بر خصوصیات کمی و کیفی عملکرد دانهٔ چهار رقم گندم دیم در استان کردستان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه کردستان اجرا شد. مختصات جغرافیایی مزرعه، ۳۵/۱۸ درجهٔ شمالی و ۴۷/۱۸ درجهٔ شرقی با ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا بود. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت که نتایج تجزیه خاک در جدول یک ارائه شده است. در جدول ۲ نیز داده‌های مربوط به مقادیر دما و بارندگی در طول ماه‌های اجرای آزمایش ارائه گردیده است. بعد از انجام عملیات مقدماتی تهیهٔ زمین، بذور گندم در نهم آبان ماه ۱۳۹۲ توسط بذرکار ۱۹ ردیفه و با فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر در شرایط دیم و بدون آبیاری کشت شدند، زمان وقوع اولین بارندگی، دهم آبان‌ماه بود. در تیر ماه ۱۳۹۳ نیز عملیات برداشت انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۱۹ خط کاشت به طول چهار متر بود. فاصله بین تکرارها دو متر و بین کرت‌ها یک متر تعیین گردید. فاکتورهای آزمایش شامل چهار رقم گندم دیم (سرداری، ریژاو، کریم و آذر۲) و چهار سطح محلول‌پاشی (شاهد،روی، مس، توأم روی و مس) بود. ارقام گندم از سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه تهیه شدند. رقم سرداری دارای تیپ رشد زمستانه، زودرس، با سنبله‌های ریشک‌دار، مقاوم به ورس، سرما و ریزش، متحمل به زنگ زرد؛ رقم آذر۲ دارای تیپ رشد زمستانه، زودرس، حساس به ورس، مقاوم به سرما، خشکی و ریزش، متحمل به زنگ زرد (ساجدی و قلی‌نژاد، ۱۳۹۱)؛ رقم ریژاو دارای تیپ رشد بینابین، نیمه‌مقاوم به سرمای زمستانه و سرمای دیررس بهاره، با سنبله‌های ریشک‌دار، مقاوم به ورس، ریزش و بیماری زنگ زرد (خلیل‌زاده و روستایی، ۱۳۹۱) و رقم کریم دارای تیپ رشد بهاره، زودرس، مقاوم به ورس، متحمل به خشکی، سرما و هم‌چنین نیمه مقاوم به ریزش دانه است (بی‌نام، ۱۳۹۲). محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی روی (سولفات روی) و مس (سولفات مس) در دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و سنبله دهی و با غلظت سه در هزار صورت گرفت. برای جذب بهتر عناصر از سطح برگ چند قطره تیپول به‌عنوان مویان به محلول مورداستفاده اضافه گردید. حد بحرانی روی و مس قابل عصاره-گیری با DTPA در خاک‌های آهکی حدود یک میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. براساس نتایج آزمون خاک و نیاز کودی گیاه به عناصر نیتروژن و فسفر، کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل به‌ترتیب با مقادیر ۱۰۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت یکنواخت در تمام مزرعه استفاده شدند. وجین علف‌های هرز متناسب با نیاز و به‌صورت یکسان در کلیه کرت‌ها انجام شد.

1. Ziaeian and Malakouti
2. Mengel and Kirkby
3. Graham and Macdonald
4. Kumar
5. Jafarimoghadam
6. Mekki and El Haggan Eman

جهت ارزیابی صفات مورفولوژیک گیاه از قبیل تعدا سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و وزن هزاردانه از ردیف‌های میانی هر کرت با حذف نیم‌متر ابتدا و انتهای هر خط کاشت، ده بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و صفات ذکر شده موردبررسی قرار گرفتند. هم چنین برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، یک مترمربع از بوته‌های گیاهی هر کرت آزمایشی برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک شدن نمونه‌ها، صفات مربوط به کیفیت دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای اندازه گیری درصد پروتئین و گلوتن دانه از دستگاه NIR مدل IM 8600 Ash استفاده شد (*ویلیامز و سوبرینگ*[1]، 1993). دستگاه NIR قبل از استفاده با روش متداول کجلدال کالیبره گردید. غلظت فسفر به روش رنگ‌سنجی و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Specord 210، پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر مدل PFP7، روی و مس با دستگاه جذب اتمی مدل Varian 220 مورد سنجش قرار گرفتند (*والینگا*[2] و همکاران، 1989). تجزیه‌وتحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده گردید و میانگین‌های صفات موردمطالعه با استفاده از روش آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن

تعداد سنبله در واحد سطح

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، تفاوت بین ارقام به لحاظ تعداد سنبله در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود اما اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف روی و مس و هم-چنین اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی، تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). براساس مقایسهٔ میانگین تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری بین ارقام مختلف گندم مشاهده شد به‌طوری‌که رقم سرداری، بیش‌ترین تعداد سنبله در واحد سطح (۳۹۳/۲۵) و رقم کریم، کم‌ترین تعداد سنبله در واحد سطح (۱۷۶/۲۵) را به خود اختصاص دادند. این امر احتمالاً به دلیل تفاوت پتانسیل تولیدی ارقام مذکور می‌باشد. ارقام آذر۲ و ریژاو نیز به‌ترتیب با تعداد ۲۹۸/۹۲ و ۲۸۱/۳۳ سنبله در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). براساس یافته‌های تحقیقات، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم ازجمله تعداد مطلوب سنبلهٔ گندم در واحد سطح به عوامل متعددی ازجمله ژنتیک، محیط و برهم‌کنش این دو بستگی دارد (*کنزویس*[3] و همکاران، 2012؛ گودینگ[4] و همکاران، 2003). بنابراین به‌کارگیری ارقام با پتانسیل تولیدی بالا و فراهم نمودن شرایط محیطی مناسب می‌تواند تأثیر مهمی بر اجزاء عملکرد و عملکرد گندم داشته باشد. نتایج پژوهش‌های دیگری نیز حاکی از وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین واریته‌های گندم از نظر صفت تعداد سنبله در مترمربع بود (*جعفری مقدم* و همکاران، 2012؛ مکی و *الهاگان‌امان*، 2014).

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله یکی از اجزاء عملکرد دانه در گندم می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و اثر محلول‌پاشی بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر صفت مذکور نداشت (جدول ۳). بر اساس مقایسهٔ میانگین تیمارها، تعداد دانه در سنبله در رقم کریم بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد که با رقم ریژاو در یک گروه آماری قرار گرفتند و ارقام آذر ۲ و سرداری به‌ترتیب در گروه‌های آماری بعدی قرار گرفتند به‌طوری‌که رقم سرداری کم ترین تعداد دانه در سنبله را تولید کرد (جدول ۵). تعداد دانه در سنبله به عوامل زیادی ازجمله طول سنبله، عوامل تغذیه‌ای، ژنتیکی و محیطی بستگی دارد (*کنزویس* و همکاران، 2012). در همین ارتباط *گارسیا دل‌مورال*[5] و همکاران (2003) نیز با مطالعه ارقام مختلف گندم گزارش نمودند که اختلاف آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر تعداد دانه در سنبله وجود داشت. براساس مقایسهٔ میانگین تیمارها سطوح مختلف محلول‌پاشی مس، محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی توأم روی و مس نیز به‌ترتیب موجب افزایش ۱۵/۲۶، ۱۴/۹۸ و ۱۰/۹۷ درصدی تعداد دانه در سنبله در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۶). اختلاف آماری معنی‌داری بین گیاهان محلول‌پاشی شده با عناصر ریزمغذی دیده نشد اما آن‌ها با گیاهان شاهد اختلاف کاملاً معنی‌داری به لحاظ صفت تعداد دانه در سنبله داشتند. با افزایش مصرف عناصر ریزمغذی در ارقام گندم دیم، تعداد دانه در سنبله افزایش یافت. عناصر روی و مس به‌عنوان اجزای فلزی آنزیم‌های مختلف در ساختار و عملکرد کوفاکتورهای تنظیمی نقش دارند. بنابراین، کمبود آن‌ها، متابولیسم کربوهیدرات و ساخت پروتئین را متأثر می‌سازد. علاوه‌بر این با توجه به این که عنصر روی در سنتز پروتئین لوله گرده شرکت دارد، کاربرد آن می‌تواند منجر به افزایش گرده-

1. Williams and Sobering
2. Walinga
3. Knezevic
4. Gooding
5. Garcia del Moral

افشانی و تشکیل میوه و دانه گردد (*گروتز و گورینوت*[1]، 2006؛ مرشدی و نقیبی، ۱۳۸۴). پژوهشگران دیگر نیز با انجام تحقیقی افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد گندم را تحت تأثیر کاربرد عناصر کم‌مصرف روی، آهن و مس گزارش کردند (*ضیائیان* و *ملکوتی*، 2001). نتایج آزمایشی دیگر نشان داد کاربرد مقدار ۱/۵تا ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مس، تعداد دانه در سنبلهٔ گندم را افزایش داد (*زیدان* و همکاران، 2010). تحقیقات بوربوری و تهرانی (۱۳۸۹) و *ما* و همکاران (2017) نیز نشان داد که محلول‌پاشی مس و روی سبب افزایش تعداد دانه در سنبله در گیاه گندم گردید.

طول سنبله

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر صفت طول سنبله معنی‌دار گردید اما اثر رقم و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر صفت نامبرده معنی‌دار نبود (جدول ۳). براساس مقایسه میانگین تیمارها تفاوت معنی‌داری بین کاربرد عناصر کم‌مصرف و عدم کاربرد آن‌ها وجود داشت، به‌طوری‌که بیش‌ترین طول سنبله مربوط به تیمار محلول‌پاشی توأم روی و مس بود که اختلاف معنی‌داری با گیاهان تحت تیمارهای محلول‌پاشی مس و روی به‌تنهایی نداشت و کم‌ترین طول سنبله نیز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد عنصر کم‌مصرف روی به واسطهٔ تأثیر بر سنتز تریپتوفان که پیش‌مادهٔ ساخت اسید ایندول استیک است، بر طول سنبله اثر مثبت دارد (*مارشنر*[2]، 2011). یافته‌های سایر پژوهش‌ها نیز تأییدکننده نتیجه تحقیق حاضر است به‌طوری‌که پژوهشگران با انجام آزمایشی گزارش کردند محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف روی و مس در مرحلهٔ ساقه‌دهی سبب افزایش معنی‌دار طول سنبلهٔ گندم گردید (*فارغی‌نائینی*[3] و همکاران، 2014). پژوهشگران دیگر نیز با بررسی اثر محلول‌پاشی روی، آهن، منگنز و مس بر ارقام مختلف گندم به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی این ریزمغذی‌ها، موجب افزایش معنی‌دار طول سنبلهٔ این گیاه زراعی شد (*زیدان* و همکاران، 2010؛ *مکی* و *الهاگان‌امان*، 2014).

تعداد سنبلچه در سنبله

بین ارقام موردبررسی، اختلاف معنی‌داری از نظر صفت تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. هم‌چنین اثر محلول‌پاشی بر صفت مذکور در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها بیانگر این بود که بالاترین تعداد سنبلچه در سنبله مربوط به رقم کریم با تعداد ۱۸/۶۷ و کم‌ترین تعداد سنبلچه در سنبله مربوط به رقم سرداری با تعداد ۱۵/۱۲ بود و دیگر ارقام ریژاو و آذر۲ به‌ترتیب دارای ۱۷/۹۲ و ۱۶/۲۹ تعداد سنبلچه در سنبله بودند، که براساس نتایج ارقام کریم و ریژاو در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). هم‌چنین محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف موجب ایجاد تفاوت معنی‌داری گردید به‌طوری که بیش‌ترین تعداد این صفت متعلق به تیمار محلول‌پاشی مس بود و کم ترین تعداد این صفت متعلق به تیمار شاهد بود (جدول ۶). در واقع استفاده از تیمارهای مختلف محلول‌پاشی مس، محلول‌پاشی توأم روی و مس و محلول‌پاشی روی موجب افزایش ۹/۸۶، ۶/۵۱ و ۵/۴۵ درصدی تعداد سنبلچه در سنبله نسبت به تیمار شاهد شدند. ریزمغذی‌ها نقش‌های فیزیولوژیک متعددی را در گیاه ایفا می‌کنند، روی در تولید اکسین، تقسیم سلولی و باروری گیاه نقش دارد و مس نیز در آنزیم‌های مربوط به واکنش‌های مختلف از جمله فرایند فتوسنتز و سنتز کلروفیل نقش دارد (*گروتز و گورینوت*، 2006)، و به نظر می‌رسد بدین ترتیب می‌توانند نقش مثبتی بر تعداد سنبلچه در سنبله و اجزاء عملکرد داشته باشند. گزارش *یلماز*[4] و همکاران (2008) حاکی از آن است که کاربرد ریزمغذی روی سبب افزایش عملکرد دانه و اجزاء آن در ارقام مختلف گندم گردید. محققان دیگری نیز با انجام یک آزمایش دو ساله، افزایش تعداد سنبلچه در سنبله گندم را تحت تأثیر روی و آهن در هر دو سال آزمایش گزارش نمودند (*گوما* و همکاران، 2015). پژوهشگران دیگر با انجام تحقیقی گزارش کردند کاربرد عناصر کم‌مصرف روی و مس و آهن موجب افزایش معنی‌دار تعداد سنبلچه در سنبله گردید (*مکی* و *الهاگان‌امان*، 2014). *زاین* و همکاران (2015) نیز نشان دادند کاربرد ریزمغذی‌های روی، آهن و منگنز سبب افزایش معنی‌دار تعداد سنبلچه در سنبله گندم گردید.

وزن هزاردانه

وزن هزاردانه، یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه است که در این آزمایش براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، تحت تأثیر رقم در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی، بر صفت نامبرده معنی‌دار نبود (جدول ۳). براساس مقایسهٔ میانگین تیمارها، تفاوت معنی‌داری بین ارقام مختلف از نظر وزن هزار دانه وجود داشت به‌طوری‌که

1. Grotz and Guerinot
2. Marschner
3. Fareghi Naeini
4. Yilmaz

بیش‌ترین وزن هزاردانه مربوط به رقم سرداری و کم‌ترین آن مربوط به رقم ریژاو بود (جدول ۵). در این راستا نتایج پژوهش *میرطالبی* و همکاران (۱۳۹۱) یافته‌های تحقیق حاضر را تأیید می‌کند. محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف با تأثیر بر جذب عناصر غذایی اصلی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش مواد فتوسنتزی می‌گردد که به نوبهٔ خود سبب ذخیره بیش‌تر مواد غذایی و در نتیجه افزایش وزن هزاردانهٔ گندم می‌شود (*جعفری مقدم* و همکاران، 2012). در این تحقیق اثر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی بر وزن هزاردانه مثبت بود اما اثر افزایشی این تیمارها بر وزن هزاردانه معنی‌دار نگردید؛ اما *ضیائیان و ملکوتی* (2001) و *اسفندیاری*[1] و همکاران (2016) مشاهده کردند کاربرد سولفات روی، سبب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانهٔ گندم گردید.

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رقم و اثر محلول‌پاشی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، اما اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه در ارقام گندم نشان داد که رقم سرداری و آذر۲ به‌ترتیب با ۲۴۰۴/۲ و ۲۳۱۰/۴ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشتند و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم کریم با ۱۷۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار بوده است. ارقام سرداری، آذر۲ و ریژاو به‌ترتیب ۳۸/۶، ۳۳/۲۰ و ۱۶/۹۶ درصد نسبت به رقم کریم افزایش عملکرد دانه داشتند (جدول ۵). بالاترین میزان عملکرد دانه در رقم سرداری می‌تواند ناشی از بالاتر بودن اجزاء عملکرد از قبیل تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزاردانه در این رقم باشد. در این راستا نتایج پژوهش *نارووال*[2] و همکاران (2012) مبنی بر وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین عملکرد دانهٔ چهارده رقم گندم مؤید یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد. هم‌چنین محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف موجب ایجاد تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها گردید. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به تیمار محلول‌پاشی مس و شاهد بود و تیمارهای محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی توأم روی و مس نیز با گروه آماری برتر اختلافی نداشتند (جدول ۶). می‌توان گفت تیمارهای محلول‌پاشی از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد و افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله که یکی از اجزاء مهم عملکرد دانه می‌باشد به بهبود عملکرد دانه در این تحقیق منجر شده است. بنابراین کاربرد عناصر کم‌مصرف، نتیجه بهتری در عملکرد دانه در گیاه گندم داشته‌اند که این نتایج، یافته‌های تحقیقات قبلی را تأیید نموده است به‌طوری‌که میرطالبی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند کاربرد عناصر کم مصرف از قبیل سولفات روی، عملکرد دانهٔ گندم را ۵۱/۷۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. در پژوهش دیگری نیز کاربرد عناصر کم‌مصرف روی و آهن موجب شد عملکرد دانه ۱۶/۸۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یابد (*مارالیان*[3]، 2009). در سایر آزمایشات نیز محققان طی یک بررسی دوساله مشاهده کردند محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف روی و آهن، عملکرد دانه گندم را در سال‌های اول و دوم آزمایش به‌ترتیب ۲۷/۵۳ و۲۹/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (*گوما* و همکاران، 2015).

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1: Physical and chemical properties of soil

اسیدیته	هدایت الکتریکی	ماده آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
pH	EC	O.C	N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	دسی‌زیمنس بر متر	درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم					
	ds/m	%		mg/Kg					
7.4	0.9	1	0.1	15	350	11.5	15.2	0.78	0.7

1. Esfandiari

2. Narwal

3. Maralian

جدول ۲: میانگین بارندگی و دما در طول دوره رشد گندم

Table 2: Means of rainfall and temperature during wheat growth period

عوامل اقلیمی Climatic factors	آبان ۱۳۹۲ Oct-Nov 2013	آذر ۱۳۹۲ Nov-Dec 2013	دی ۱۳۹۲ Dec-Jan 2013	بهمن ۱۳۹۲ Jan-Feb 2014	اسفند ۱۳۹۲ Feb- Mar 2014	فروردین ۱۳۹۳ Mar- Apr 2014	اردیبهشت ۱۳۹۳ Apr-May 2014	خرداد ۱۳۹۳ May-Jun 2014	تیر ۱۳۹۳ Jun-Jul 2014
میانگین بارندگی (میلی‌متر) Means of rainfall (mm)	68.3	79.1	25.3	15.5	43.4	26.8	15.0	10.2	0
میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) Means of temprature (°C)	8.91	1.02	1.04	2.11	7.90	14.93	19.13	26.47	27.24

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی روی و مس بر صفات مورفولوژیک و عملکرد ارقام گندم دیم

Table 3: ANOVA for effects of zinc and copper foliar application on morphological traits and yield of dryland wheat cultivars

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		طول سنبله Spike length	تعدادسنبلچه در سنبله Spikelet number per spike	تعداد سنبله در واحد سطح Spike number per m^2	تعداد دانه در سنبله Seed number per spike	وزن هزاردانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	2	0.77^{ns}	1.73^{ns}	41332.94^{*}	16.20^{ns}	9.58^{ns}	94774.37^{ns}	3300989.58^{ns}
رقم Cultivar	3	0.50^{ns}	30.54^{**}	94911.91^{**}	236.96^{**}	34.67^{**}	1095891.99^{**}	11627690.97^{**}
محلول‌پاشی Foliar application	3	2.6^{*}	5.18^{*}	4344.13^{ns}	50.42^{**}	2.03^{ns}	763159.15^{*}	3673802.08^{**}
رقم × محلول‌پاشی Cultivar × Foliar application	9	0.50^{ns}	2.05^{ns}	3747.59^{ns}	13.93^{ns}	1.76^{ns}	289369.69^{ns}	2426950.23^{ns}
خطا Error	30	0.67	1.71	7681.51	11.24	5.49	158715.84	1259656.2
ضریب تغییرات CV		9.08	7.70	30.50	10.60	6.42	18.80	20.33

ns، *و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non significant and significant at probability level of 5 and 1 % respectively

جدول۴: تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی روی و مس بر صفات کیفی ارقام گندم دیم

Table 4: ANOVA for effects of zinc and copper foliar application on qualitative traits of dryland wheat cultivars

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		پروتئین Protein	گلوتن Gluten	روی Zinc	مس Copper	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium
تکرار Replication	2	4.28*	36.10*	0.11ns	0.012ns	15515.33ns	189.80ns
رقم Cultivar	3	3.09*	88.95**	0.03ns	0.007ns	130292.01**	596.02ns
محلول‌پاشی Foliar application	3	0.09ns	2.04ns	0.68*	0.036*	25658.89ns	212.34ns
رقم × محلول‌پاشی Cultivar × Foliar application	9	0.79ns	4.06ns	0.02ns	0.008ns	13681.86ns	560.87ns
خطای آزمایش Error	30	1.02	8.20	0.19	0.011	16754.44	470.11
ضریب تغییرات CV		7.94	19.70	0.78	1.34	15.68	24.17

ns، *و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non significant and significant at probability level of 5 and 1 % respectively

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر رقم بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام گندم دیم

Table 5: Means comparison of cultivar effect on qualitative and qualitative traits of dryland wheat cultivars

ارقام Cultivars	تعداد سنبله در واحد سطح Spike number per m^2	تعداد دانه در سنبله Seed number per spike	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet number per spike	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight(g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain Yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological Yield (kg/ha)	گلوتن دانه (درصد) Grain Gluten (Percentage)	پروتئین دانه (درصد) Grain Protein (Percentage)	فسفر دانه (میلی‌گرم در کیلوگرم) Grain Phosphorus (mg/kg)
سرداری Sardari	393.25a	25.62c	15.12c	37.98a	2404.2a	6541.7a	12.74a	13.5a	762.5b
ریژاو Rizhaw	281.33b	33.84ab	17.92a	34.14b	2028.7bc	4975.0b	15.88a	12.55b	828.5b
کریم Karim	176.25c	35.88a	18.67a	36.46a	1734.5c	4429.2b	17.70a	12.44b	971.12a
آذر۲ Azar2	289.92b	31.25b	16.29b	16.29b	2310.4ab	61.33a	11.86b	12.45b	739.53b

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند

Means with similar letters are not significantly different at 5% level

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام گندم دیم

Table 6: Means comparison of Zinc and copper foliar application effect on qualitative and qualitative traits of dryland wheat cultivars

محلول‌پاشی Foliar application	طول سنبله (سانتی‌متر) Spike number per m^2 (cm)	تعداد دانه در سنبله Seed number per spike	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet number per spike	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	مس دانه (میلی‌گرم در کیلوگرم) Grain zinc (mg/kg)	روی دانه (میلی‌گرم در کیلوگرم) Grain copper (mg/kg)
شاهد Control	8.37[b]	28.69[b]	146.12[b]	1754.1[b]	4691.7[b]	7.79[b]	56.57[b]
روی Zn	9.149[a]	33.00[a]	17.71[a]	2207.00[a]	5745.8[a]	7.80[b]	57.04[a]
مس Cu	9.21[a]	33.01[a]	17.00[ab]	2332.8[a]	5808.3[a]	7.91[a]	56.58[b]
روی و مس Zn+Cu	9.44[a]	31.84[a]	17.17[ab]	2184.1[a]	5833.3[a]	7.80[b]	56.55[b]

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند

Means with similar letters are not significantly different at 5% level

عملکرد بیولوژیک

اثر رقم و اثر محلول‌پاشی به‌ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس مقایسهٔ میانگین داده‌ها رقم سرداری و رقم کریم به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). تیمار محلول‌پاشی توأم روی و مس نیز بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک را داشت که در مقایسه با شاهد ۲۴/۳۳ درصد صفت مذکور را افزایش داد (جدول ۶). با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و مس، افزایش معنی‌دار طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه مشاهده گردید که بر عملکرد بیولوژیک نیز تأثیر گذاشته و صفت مزبور افزایش معنی‌داری یافت. افزایش عملکرد بیولوژیک به‌واسطهٔ کاربرد عناصر کم‌مصرف می‌تواند علل مختلفی داشته باشد که از آن جمله می‌توان به غلظت آهن، نقش مثبت آن در فتوسیستم‌های I و II و تأثیر بر سایر فعالیت‌های متابولیسمی گیاه اشاره نمود (*مورتوث*[1]، 2003). از سوی دیگر به‌نظر می‌رسد با توجه به این که روی یکی از اجزاء ترکیباتی مانند کربنیک آنهیدراز، دهیدروژناز و اکسین است، در افزایش رشد گیاه و عملکرد بیولوژیک آن نقش مهم و مثبتی داشته باشد (*مارشنر*، 2011). بر اساس نتایج تحقیقات مختلف کاربرد عناصر ریزمغذی روی و مس موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گردید که محققین دلیل این امر را به نقش فیزیولوژیک این ریزمغذی‌ها و جذب بیش‌تر عناصر نسبت داده اند (محصلی، ۱۳۸۲؛ *تالوث*[2] و همکاران، 2006؛ *ال-قمری*[3] و همکاران، 2009؛ *مکی و الهاگان‌امان*، 2014).

خصوصیات مربوط به کیفیت دانه

گلوتن و پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رقم بر درصد گلوتن و پروتئین دانه به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر سطوح مختلف محلول‌پاشی و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر صفات نامبرده معنی‌دار نبود (جدول ۴). رقم کریم با ۱۷/۷۰ درصد، دارای بیش‌ترین درصد گلوتن و رقم آذر۲ با ۱۱/۸۶ درصد، دارای کم‌ترین درصد گلوتن بود. از نظر میزان پروتئین نیز بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر به‌ترتیب متعلق به ارقام سرداری و آذر۲ بود (جدول ۵). می‌توان گفت تفاوت ژنتیکی ارقام مختلف به لحاظ محتوای عناصر غذایی کم‌مصرف آن‌ها سبب ایجاد این تفاوت آماری معنی‌دار بین ارقام گندم موردبررسی گشته است. گزارش سایر پژوهشگران نیز حاکی از وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین ارقام گندم از نظر محتوای پروتئین دانه بود (*مکی و الهاگان‌امان*، 2014). تیمارهای مختلف محلول‌پاشی بر درصد گلوتن و پروتئین دانه مثبت بود اما معنی‌دار نگردید؛ سایر پژوهشگران نیز گزارش کردند کاربرد عناصر کم‌مصرف بر محتوای پروتئینی و درصد گلوتن دانه گندم تأثیر معنی‌داری نداشتند (بلالی و همکاران، ۱۳۸۰) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. برخی از نتایج نیز مبنی بر اثر مثبت عناصر کم‌مصرف بر محتوای افزایش معنی‌دار گلوتن و پروتئین دانه گندم تحت تأثیر کاربرد می‌باشد (*زیدان* و همکاران، 2010؛ *گوما* و همکاران، 2015) که به‌دلیل تفاوت در شرایط غیرقابل کنترل در پژوهش‌های مختلف از قبیل شرایط خاک، وضعیت اقلیمی، غلظت کودهای مصرفی و سایر عوامل،

1. Mortwedth
2. Thalooth
3. El- Ghamri

حصول نتایج متفاوت دور از انتظار نمی‌باشد. در تأیید یافته‌های تحقیق حاضر، پژوهشگران دیگری نیز گزارش کردند کاربرد روی اثر اندکی بر محتوای گلوتن و پروتئین دانه گندم داشت (*ژانگ* و همکاران، 2012a). بوربوری و طهرانی (۱۳۸۹) و *ستپیان* و *وجت‌کویاک* (2016) نیز با انجام پژوهش‌هایی به این نتیجه رسیدند که اثر عناصر کم‌مصرف روی و مس بر پروتئین دانه گندم افزایشی بود اما معنی دار نبود.

غلظت روی در دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی بر غلظت روی دانه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثر رقم و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی از لحاظ این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). محلول پاشی عناصر کم مصرف موجب ایجاد تفاوت معنی‌داری گردید. بیش‌ترین میزان غلظت روی در دانه مربوط به تیمار محلول‌پاشی روی و کم‌ترین محتوای روی دانه متعلق به تیمار شاهد بود (جدول ۶). سولفات روی از طریق محلول‌پاشی به سرعت توسط برگ‌ها جذب می‌شود و موجب افزایش غلظت روی در دانه و در نتیجه بهبود عملکرد کیفی می‌گردد (*نصیری*[1] و همکاران، 2010) که این امر می‌تواند دلیل افزایش غلظت روی در تیمار محلول‌پاشی شده نسبت به تیمار شاهد باشد. نتایج پژوهش‌های دیگر نیز مبنی بر افزایش محتوای روی در دانه‌های گندم تحت تأثیر محلول‌پاشی عنصر روی، یافته‌های تحقیق حاضر را تأیید می نماید (بوربوری و تهرانی، ۱۳۸۹؛ طاهرخانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ *یلماز*، 2008؛ *پهلوان‌راد و پساراکلی*[2]، 2009؛ *ناروال* و همکاران، 2012). گزارشات *نواز*[3] و همکاران (2004) نیز بیانگر افزایش غلظت روی در برگ‌ها و خاک در اثر کاربرد سولفات روی می‌باشد. براساس نتایج آزمایش دیگری محلول‌پاشی روی سبب افزایش ۵۸ درصدی محتوای روی در دانه گندم نسبت به تیمار شاهد گردید و به زعم این پژوهشگران کاربرد محلول‌پاشی روی می‌تواند در بهبود کیفیت گندم و تامین سلامت انسان نقش مهمی داشته باشد (*ژانگ* و همکاران، 2012b). *وانگ* و همکاران (2012) نیز اعلام کردند محلول‌پاشی روی موجب بهبود غلظت روی در دانه گندم به میزان ۲۶/۴ و ۳۲/۳ درصد به‌ترتیب در سال‌های اول و دوم آزمایش گردید که به‌نظر این پژوهشگران اثر مثبت عناصر کم‌مصرف بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه منجر به بهبود کیفیت گندم می‌گردد.

غلظت مس در دانه

اثر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی بر غلظت مس در دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر رقم و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر صفت مزبور معنی‌دار نبود (جدول ۴). براساس مقایسهٔ میانگین تیمارها بیش‌ترین میزان غلظت مس در دانه متعلق به تیمار محلول‌پاشی مس وکم‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۶). عناصر کم‌مصرف به‌واسطه ایفای نقش در فرایندهای فیزیولوژیکی، متابولیکی و بیوشیمیایی گیاه موجب بهبود رشد، تأمین سلامت و ارتقاء کیفیت گیاهان می‌شوند (*تریپاثی*[4] و همکاران، 2015). بوربوری و تهرانی (۱۳۸۹) با انجام پژوهشی اظهار داشتند اثرات محلول‌پاشی عناصر روی و مس بر غلظت و محتوای جذب عنصر مس در دانه گیاه گندم در سطح یک درصد معنی‌دار بود. سایر محققان در بررسی تأثیر کاربرد عنصر مس در گیاه گندم، گزارش کردند که این ریزمغذی موجب افزایش معنی‌دار غلظت مس گردید و مقدار آن را ۱۰/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم ذکر کردند (ال*متوالی*[5] و همکاران، 2010). *ضیائیان و ملکوتی* (2001) نیز گزارش کردند که مس مانند سایر ریزمغذی‌ها موجب افزایش معنی‌دار مس در دانه و برگ گندم شد. براساس نتایج سایر مطالعات میزان غلظت مس در دانه‌های گندم با افزایش سطوح مس استفاده شده به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد و در بالاترین سطح کاربرد مس به ۱۱/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید که در مقایسه با شاهد محتوای مس دانه حدود ۳۵ درصد افزایش پیدا کرد (*کومار* و همکاران، 2009).

غلظت فسفر و پتاسیم در دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم بر غلظت فسفر دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر صفت مذکور معنی‌دار نبودند. میزان پتاسیم دانه تحت تأثیر اثرات اصلی و متقابل رقم و محلول‌پاشی قرار نگرفت (جدول ۴). براساس مقایسه میانگین تیمارها تفاوت معنی‌داری بین ارقام مختلف گندم از نظر غلظت فسفر دانه وجود داشت به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر آن به‌ترتیب متعلق به ارقام کریم و آذر۲ بود (جدول ۵). *محمودیان* و همکاران (۱۳۸۱) نیز اظهار داشتند کاربرد عناصر کم‌مصرف روی و بور تأثیر معنی‌داری بر میزان جذب فسفر و پتاسیم دانه نداشت. به زعم *غفرانی مقصود*[6] و همکاران (2014) محلول‌پاشی سولفات روی، محتوای روی در گیاه را افزایش و

1. Nasiri
2. Pahlavan Rad and Pessarakli
3. Nawaz
4. Tripathi
5. El Metwally
6. Ghofrani Maghsod

باعث کاهش انتقال فسفر از ریشه به سایر قسمت‌ها می‌شود و در نتیجه کاهش میزان فسفر دانه را به دنبال خواهد داشت. براساس نتایج پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد با توجه به این‌که ریزمغذی‌های روی و مس بیش‌ترین تأثیر را بر فعالیت بیوشمیایی گیاه دارند و هم‌چنین با توجه به این‌که جذب عناصر پرمصرفی نظیر فسفر تاحد زیادی تحت تأثیر میزان فراوانی این عناصر در خاک، شرایط محیطی و خصوصیات ریشه قرار می‌گیرد، لذا ممکن است کاربرد عناصر روی و مس به‌صورت محلول‌پاشی در کوتاه‌مدت تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر جذب این عناصر در گیاه گندم نداشته باشد. نتایج پژوهش دیگری نیز حاکی از این بود که کاربرد روی در سال اول آزمایش اثر معنی‌داری بر میزان فسفر و پتاسیم دانه گندم نداشت (پهلوان‌راد و همکاران، ۱۳۸۷).

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد عناصر ریزمغذی روی و مس به‌صورت محلول‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. علاوه‌بر این، بهبود صفات کیفی دانهٔ گندم در نتیجهٔ محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی، حاصل گردید. در این آزمایش، رقم سرداری از سایر ارقام موردبررسی برتر بود. رقم مذکور از لحاظ صفات وزن هزاردانه، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گروه آماری برتر قرار گرفت و هم‌چنین بیش‌ترین درصد پروتئین دانه نیز به رقم سرداری اختصاص داشت. در مجموع می‌توان گفت کاربرد عناصر کم‌مصرف در خاک‌هایی که با کمبود این عناصر مواجه هستند می‌تواند راهکاری برای افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات کیفی دانهٔ گندم باشد که نقش به‌سزایی در تغذیه و سلامت جوامع انسانی ایفا می‌کند.

منابع

بلالی، م. ر.، ملکوتی، م. ج.، ضیائیان، ع.، خوگر، ز.، فرجنیا، ا.، کلهر، م.، لطف اللهی، م.، گلچین، ا.، مجیدی، ع.، قادری، ج. و کاظمی طلاچی، م. ۱۳۸۰. مقایسهٔ روش‌های مختلف کاربرد عناصر کم مصرف بر افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم. مجلهٔ علوم خاک و آب، ۲: ۱۳۷-۱۲۳.

بوربوری، م. ر. و تهرانی، م. م. ۱۳۸۹. اثر برهم‌کنش مقادیر و روش مصرف مس و روی بر خصوصیات گیاهی و پروتئین گندم. فصلنامهٔ علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۲ (۸): ۱۶-۱.

بی‌نام، ۱۳۹۲. معرفی دو رقم گندم نان مقاوم به زنگ زرد. وزارت جهاد کشاورزی. سازمان جهاد کشاورزی خوزستان. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی. نشریه شماره ۳۹۱.

پرزیوند، ع.، قوشچی، ف.، ممیزی، م. و توحیدی مقدم، ح. ۱۳۹۰. اثر محلول‌پاشی عنصر روی و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی شاخص‌های کیفی دانهٔ گندم در شرایط تنش خشکی. مجلهٔ پژوهش‌های به‌زراعی، ۳ (۱): ۱۵-۱.

پهلوان‌راد، م. ر.، کیخه، غ. و ناروئی‌راد، م. ر. ۱۳۸۷. تأثیر کاربرد روی، آهن و منگنز بر عملکرد، اجزای عملکرد و جذب عناصر غذایی در دانه گندم. مجله پژوهش و سازندگی، ۷۹: ۱۵۰-۱۴۲.

خلیل‌زاده، غ. و روستایی، م. ۱۳۹۱. معرفی رقم جدید گندم نان ریژاو گامی در جهت حفظ تنوع رقم در مناطق سرد معتدل دیم. دومین همایش ملی زیستی و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست. ارومیه. ۱۸۸ صفحه.

ساجدی، ن. ع. و قلی‌نژاد، ا. ۱۳۹۱. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم دیم به سلنیوم و اسید سالیسیلیک. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۰ (۳): ۶۲۱-۶۱۴.

طاهرخانی، س.، حبیبی، د.، خدارحمی، م. و رضایی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی کاربرد کودهای آهن، روی و سلنیوم بر عملکرد، و اجزای عملکرد و محتوای عناصر دانهٔ گندم دوروم. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۹ (۳): ۸۰-۶۷.

محصلی، و. ۱۳۸۲. اثرات سطوح مختلف مس بر رشد و محتوای شیمیای رقم فلات گندم. مجله پژوهش و سازندگی، ۶۱: ۳۱-۲۵.

مرشدی، آ. و نقیبی، ح. ۱۳۸۴. اثر محلول‌پاشی روی و مس بر عملکرد و کیفیت دانه کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علوم کشاورزی، ۱۱ (۳): ۲۲-۱۵.

محمودیان، م.، مختارپور، ح. و کاظمی، م. ۱۳۸۱. تأثیر روش‌های مختلف مصرف عناصر ریزمغذی بر شاخص‌های رشد، اجزای عملکرد و خواص کمی و کیفی ذرت. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ۲۷۴.

ملکوتی، م. ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۷۱۸ صفحه.

میرطالبی، س. ح.، حسینی، س. م.، خواجه‌پور، م. ر. و سلیمانی، ع. ۱۳۹۱. اثر سولفات روی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و میزان روی و پروتئین سه رقم دانه گندم پاییزه در منطقه اقلید فارس. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۹ (۳): ۲۰۰-۱۸۵.

Boorboori, M. R., Eradatmand Asli, D. and Tehrani, M. 2012. The Effect of dose and different methods of iron, zinc, manganese and copper application on yield components, morphological traits and grain protein percentage of barley plant (*Hordeum vulgare* L.) in Greenhouse Conditions. Advances in Environmental Biology, 6 (2): 740-746.

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

Chaudry, E. H., Timmer, V., Javed, A. S. and Siddique, M. T. 2007. Wheat response to micronutrients in rainfed areas of Punjab. Soil and Environment, 26: 97-101.

Curtis, T., and Halford, N. G. 2014. Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. Annals of Applied Biology, 164: 354-372.

El-Ghamry, A. M., El-Hamid, A. M. A. and Mosa, A. A. 2009. Effect of farmyard manure and foliar application of micronutrients on yield characteristics of wheat grown on salt affected soil. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 5: 460-465.

Esfandiari, E., Abdoli, M., Mousavi, S. B. and Sadeghzadeh, B. 2016. Impact of foliar zinc application on agronomic traits and grain quality parameters of wheat grown in zinc deficient soil. Indian Journal of Plant Phisiology, 21 (3): 263-270.

Faraji, H., Moradi, A., Jahanbin, S. and Rahimi, A. 2014. Studying the effect of nutrient fertilizers on agronomical and biological yield of wheat (CV Alvand). Annals of Biological Research, 5 (2): 96-98.

Fareghi naeini, F., Dehghanzadeh, H. and Moafpourian, G. H. 2014. Effects of foliar application of micro fertilizers on grain yield and yield components of the rice sazandegi, cultivar (*Oriza sativa* L.). Agriculture Science Developments, 3 (5): 191-193.

Garcia del Moral, L. F., Rharrabt, Y., Villegas, D. and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediteranean condition. Agronomy Journal, 95: 266-274.

Ghofrani-Maghsud, S., Mobasser, H. R. and Fanaei, H. R. 2014. Effect of foliar application and time folia rapplicati on microelements (Zn, Fe, Mn) on safflower. Journal of Novel Applied Sciences, 3 (4): 396-399.

Gomaa, M. A., Radwan, F. I., Kandil, E. E., Seham, M. A. 2015. Effect of some macro and micronutrients application methods on productivity and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Middle East Journal of Agriculture Research, 4 (1): 1-11.

Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R. and Schofield, J. D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. Journal of Cereal Science, 37: 295-309.

Grotz, N. and Guerinot, M. L. 2006. Review: Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants.Biochemica et Biophysica Acta, 1763 (7): 595-608.

Jafarimoghadam, M., Heidari Sharifabad, H., Noormohamadi, G., Sadeghianmotahar, S. Y. and Siadat, A. 2012. The effect of zinc, boron and copper foliar application, on yield and yield components in wheat (*Triticum aestivum* L). Scholars Research Library, 3 (8): 3875-3884.

Kanwal, R. S., Ranjha, A. M. and Ahmad, R. 2010. Zinc partitioning in maize grain after soil fertilization with zinc sulfate. International Journal of Agriculture and Biology, 12: 299-320.

Karim, Md. R., Zhang, Y. Q., Zhao, R. R., Chen, X. P., Zhang, F. S. and Zou, C. Q. 2012. Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 175: 142-151.

Kaya, C. and Higgs, D. 2002. Response of tomato (*Lycopersi conesculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. Science Horticulture, 93: 53-64.

Khoshgoftarmanesh, A. H., Shariatmadari, H., Karimian, N., Kalbasi, M. and Khajehpour, M. R. 2005. Zinc efficiency of wheat cultivars grown on a saline calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, 27 (11): 1953-1962.

Khoshgoftarmanesh, A. H., Sanaeiostovar, A., Sadrarhami, A. and Chaney, R. 2013. Effect of tire rubber ash and zinc sulfate on yield and grain zinc and cadmium concentrations of different zinc-deficiency tolerance wheat cultivars under field conditions. European Journal of Agronomy, 49: 42-49.

Knezevic, D., Zecevic, V., Stamenkovic, S., Atanasijevic, S. and Milosevic, B. 2012. Variability of number of kernels per spike in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Journal of Central European Agriculture, 13 (3): 617-623.

Kumar, R., Mehrota, N. K., Nautiyal, B. D., Kumar, P. and Singh, P. K. 2009. Effect of copper on growth, yield and concentration of Fe, Mn, Zn and Cu in wheat plants (*Triticum aestivum* L.). Journal of Environmental Biology, 30 (4): 85-88.

Liu, H., Wang, Z., Li, F., Li, K., Yang, N., Yang, Y., Huang, D., Zhao, H., Mao, H., Liu, J. and Qiu, W. 2014. Grain iron and zinc concentrations of wheat and their relationships to yield in major wheat production areas in China. Field Crop Research, 156: 151-160.

Losak, T., Hluˇsek, J., Martinec, J., Jandak, J., Szostkova, M., Filipˇcik, R., Maˇnasek, J., Proke, ˇS. K., Peterka, J., Varga, L., Ducsay, L., Orosz, F. and Martensson, A. 2011. Nitrogen fertilization does not affect micro nutrient uptake in grain maize (*Zea mays* L.). Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil and Plant Science, 61 (6): 543-550.

Ma, D., Sun, D., Wang, C., Ding, H., Qin, H., Hou, J., Huang, X., Xie, Y. and Guo, T. 2017. Physiological responses and yield of wheat plants in zinc-mediated alleviation of drought stress. Frontiers in Plant Science, 8: 860. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00860

Maralian H, 2009. Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. African Journal of Biotechnology, 8: 6795-6798.

Marschner, H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants (3nd ed.). Academic Press Inc. 672p.
McCauley, A., Jones, C. and Jacobsen, J. 2009. Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. Nutrient management module No. 9. Published By Montana State University, 16 pp.
Mengel, K. and Kirkby, E. A. 2001. Principles of plant nutrition. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 849pp.
El-Metwally, A. E., Abdalla, F. E., El-Saady, A. M., Safina, S. A. and Sara, S. 2010. Response of wheat to Magnesium and Copper foliar feeding under sandy soil condition. Journal of American Science, 6 (12): 1-6.
Mekkei, M. E. R. and El Haggan Eman, A. M. A. 2014. Effect of Cu, Fe, Mn, Zn Foliar Application on Productivity and Quality of Some Wheat Cultivars (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agri-Food and applied Sciences, 2 (9): 283-291.
Narwal, R. P., Dahiya, R. R., Malik, R. S. and Kala, R. 2012. Influence of genetic variability on zinc, iron and manganese responses in wheat. Journal of Geochemical Exploration, 121:45-48.
Mortvedth, J. 2003. Efficient fertilizer use micronutrient. Florida University Published. 16 pp.
Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullah zadeh, S., Najafi, N. and Ghassemi-Golezani, K. 2010. Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Medicinal Plants Research, 4 (17): 1733-1737.
Nawaz, M., Qasim, S. M., GomalUniv, M. and Khan, D. I. 2004. Effect of zinc and copper fertilization on rice yield and soil/plant concentrations. Pakistan Journal of Soil Science, 23 (1-2): 13-18.
Pahlavan-Rad, M. R., and Pessarakli, M. 2009. Response of wheat plants to zinc, iron, and manganese applications and uptake and concentration of zinc, iron, and manganese in wheat grains. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40: 1322-1332.
Sanjay, A. and Singh, M. 2004. Interaction effect of zinc and nitrogen on growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) on typic ustipsamments. Asian Journal of Plant Science, 3 (1): 101-103.
Sharma, R. K. and Agarwal, M. 2005. Biological effects of heavy metals: An over view. Journal of Environmental Biology, 26: 301-313.
Singh, D., Nath, K. and Kumar Sharma, Y. 2007. Response of wheat seed germination and seedling growth under copper stress. Journal of Environmental Biology, 28: 14-409.
Stepian, A. and Wojtkowiak, K. 2016. Effect of foliar application of Cu, Zn, and Mn on yield and quality indicators of winter wheat grain. Chilean Journal of Agricultural Research, 76 (2): 220-227.
Thalooth, A. T., Tawfik, M. M. and Magda Mohamed, H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium, and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of Mung bean plants growth under water stress condition. World Journal of Agricultural Sciences, 2 (1): 37-46.
Tripathi, D. K., Singh, S. H., Singh, Mishra, S., Chauhan, D. K. and Dubey, N. K. 2015. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. Acta Physiology Plant, 37(139): 1-14.
Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G. and Van der Lee, J.J. 1989. Plant Analysis Procedures. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 263p.
Wang, J., Mao, H., Zhao, H., Husang, D. and Wang, Z. 2012. Different increases in maize and wheat grain zinc concentration caused by soil and foliar application of zinc in Loess Plateau, China. Field Crop Research, 135: 89-96.
Williams, P. C. and Sobering, D. C. 1993. Comparison of Commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grain and seeds. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 25-32.
Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gultekin, I., Karanlik, S., Baagci, S. A. and Cakmak, I. 2008. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, 20 (4-5): 461-471.
Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Guttekin, I., Karanlik, S., Bagci, S. A. and Cakmak, I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. Journal of Plant, 20 (485): 461-471.
Zain, M., Khan, I., Quadri, R. W. K., Ashraf, U., Hussain, S., Minhas, S., Siddique, A., Jahangir, M. M. and Bashir, M. 2015. Foliar application of micronutrients enhances wheat growth, yield and related attributes. American Journal of Plant Sciences, 6: 864-869.
Zeidan, M. S., Mohamed, M. F. and Hamouda, H. A. 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn, and Zn on wheat yield and quality in low sandy soil fertility. World Journal of Agricultural Sciences, 6 (6): 696-699.
Zhang, Y. H., Zhang, Y. P., Liu, N., Su, D., Xue, Q. W., Stewart, B. A. and Wang, Z. 2012a. Effect of source-sink manipulation on accumulation of micronutrients and protein in wheat grains. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 175: 622-629.
Zhang, Y. Q., Sun, Y. X., Ye, Y. L., Karim, M. R., Xue, Y. F., Yan, P., Meng, Q. F., Cui, Z. L., Cakmak, I., Zhang, F. S. and Zou, C. Q. 2012b. Zinc biofortification of wheat through fertilizer applications in different locations of China. Field Crops Research, 125: 1-7.
Ziaeian, A. H. and Malakouti, M. J. 2001. Effects of Fe, Mn, Zn and Cu Iran fertilization on the yield and grain quality of wheat in the calcareous soils of plant nutrition. Food Security and Sustainability of Agroecosystem, 92: 840-841.

Effect of Zn and Cu Foliar Application on Agronomic Traits, Quantitative and Qualitative Yield of Dryland Wheat Cultivars in Kurdistan Province

Safari[1], S., Khalesro[2*], S., Siosemarde[3], A. and Hoseinpanahi[4], F.

Abstract

Wheat is one of the most important crops in the world, that it's low concentration of microelements is a serious problem in Iran. One of the reasons of this problem is the deficiency of the absorbable forms of these elements in soil. The field experiment was conducted in the Kurdistan University Research Station in 2013-2014. In this research the effects of zinc and copper foliar application were investigated on some morphological traits, quality and quantity of grain yield of wheat cultivars in Kurdistan region. Experimental design was randomized complete block design with factorial arrangement of treatments with three replications in dryland condition. Experimental factors were four wheat cultivars (sardari, rizhaw, karim and azar2) and four levels of foliar application (0, Zn, Cu, and Zn + Cu) in two stages including stem elongation and booting. The results showed that there were significantly difference between cultivars for plant height, spike number, seed number per spike, 1000 seed weight, grain yield, biological yield, grain protein, grain gluten and grain phosphorus concentration. The highest values of grain yield and biological yield belonged to sardary cultivar in comparison with evaluated cultivars. Foliar application levels including Zn, Cu and Zn+Cu significantly increased spike length, seed number per spike, grain yield, biological yield, grain zinc and copper concentration. It seems that zinc and copper foliar application has positive effect on wheat quantitative and qualitative characteristics.

Keywords: Azar2, Microelements, Protein, Sardari

1, 2, 4 and 3. MSc Graduate, Assistant Professors, Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

※: Corresponding author Email: s.khalesro@yahoo.com

This paper has been extracted from the first author's MSc thesis under the guidance of Shiva Khalesro.