دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

اثر غنی‌سازی گندم با استفاده از محلول‌پاشی روی و آهن بر صفات کیفی و کمی در مراحل مختلف رشدی

زهرا ابراهیمی[۱]، عباس بیابانی[۲]، رحمت اله محمدی[۳]، حسین صبوری[۴] و علی راحمی کاریزکی[۵]

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس، (نویسنده مسوول: abs346@yahoo.com)
۳- محقق بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
۴- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس
۵- استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس
تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۹
صفحه: ۱۳۸ تا ۱۴۸

چکیده

عناصر روی (Zn) و آهن (Fe) از ریز مغذی‌های مهم در رشد گیاه هستند و کمبود آن در گیاهان بویژه غلات یک مشکل بزرگ تغذیه‌ای در دنیا به حساب می‌آید. به منظور مطالعه تاثیر محلول‌پاشی عناصر روی و آهن بر صفات کیفی و عملکرد دانه گندم دیم آسمان، آزمایشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی گنبدکاوس به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل: محلول‌پاشی عنصر روی با غلظت دو در هزار و عنصر آهن با غلظت سه در هزار در چهار سطح (محلول‌پاشی آهن و روی و مصرف توام روی و آهن و آب خالص (شاهد) و زمان محلول‌پاشی در سه سطح (پنجه‌دهی، ساقه‌دهی و پرشدن دانه) در نظر گرفته شد. در این بررسی صفات عملکرد دانه، غلظت روی و آهن دانه و مقدار پروتئین دانه و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی به استثناء نسبت کلروفیل a/b داشت. همچنین زمان محلول‌پاشی نیز تفاوت معنی‌داری بر صفات پروتئین دانه، غلظت آهن و روی دانه، میزان کلروفیل a و کاروتنوئید داشت. تیمارهای محلول‌پاشی (روی، آهن و توام روی و آهن) سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی و آهن در دانه و پروتئین دانه و عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد شدند. به‌طورکلی محلول‌پاشی روی و آهن به ترتیب سبب افزایش غلظت روی (۳۹/۸۵ درصد) و غلظت آهن (۸۹/٤۳ درصد) دانه نسبت به شرایط شاهد گردید، و بیشترین و کمترین پروتئین دانه به ترتیب با ۱۱/٤٥ درصد و ۷/۸۷ درصد مربوط به تیمار توام روی و آهن و شاهد بود. محلول‌پاشی توام روی و آهن منجر به افزایش ٤۲/٤۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شاهد گردید. اثر متقابل تیمارهای محلول‌پاشی × زمان محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه با کاربرد تیمار همزمان روی و آهن در مراحل پرشدن دانه و ساقه‌دهی به ترتیب با میانگین‌های ۸٦۲٥ و ۸٦۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در مجموع می‌توان چنین استنباط نمود که کاربرد روی و آهن سبب افزایش غلظت عناصر غذایی و عملکرد دانه گندم دیم در شرایط اقلیمی منطقه گردید.

واژه‌های کلیدی: آهن، روی، کلروفیل، گندم، محلول‌پاشی

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) با بیشترین سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول غذایی دنیا بوده که در تغذیه انسان از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (۳۱،۴). سطح زیرکشت، تولید و عملکرد جهانی گندم بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۹ به ترتیب حدود ۲۱۵۹۰۱۹۵۸ هکتار، ۷۶۵۷۶۹۶۳۵ تن و ۳۵۴۶/۸ کیلوگرم در هکتار است. همچنین سطح زیرکشت، تولید و عملکرد گندم در ایران بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۹ به ترتیب ۸۰۳۵۹۳۷ هکتار، ۱۶۸۰۰۰۰۰ تن و ۲۰۹۰/۶ کیلوگرم در هکتار است (۱۲). تلاش‌های پیشین در تولیدات کشاورزی در درجه اول بر افزایش عملکرد گیاهان‌زراعی معطوف بود؛ اما مشخص گردید که استفاده مکرر از ارقام زراعی پر محصول و با کیفیت پائین همراه شدن با کاهش غلظت عناصر کم مصرف در دانه، مشکل تهدید کننده جدیدی بر امنیت غذایی است. هدف نهایی کشاورزی مدرن تولید غذاهای مغذی به میزان کافی و پایدار است (۱۴،۴۹). در کشورهای در حال توسعه سوءتغذیه ناشی از عناصر غذایی در انسان ناشی از کمبود عناصر ریزمغذی در غذاهای اصلی بویژه گندم و برنج در آسیا و ذرت و سورگوم در آفریقا می‌باشد. بنابراین کیفیت پایین محصولات کشاورزی، عامل اصلی کمبودهای عناصر ریزمغذی در انسان بویژه در کشورهای در حال توسعه است (۲۴،۷). در بین عناصر ریزمغذی کمبود روی و آهن در بین گیاهان و انسان و دام شایع‌تر از بقیه است (۱۱،۹). کمبود روی به عنوان پنجمین رتبه عامل بیماری و مرگ و میر درکشورهای در حال توسعه می‌باشد (۲۵). بیشتر از ۲۰ درصد مرگ و میر کودکان زیر ۵ سال در دنیا به کمبود آهن و روی نسبت داده می‌شود (۴۶).

خاک‌های بسیاری از نواحی کشور ما آهکی بوده و دارای اسیدیته بالا و ماده آلی کمی است و بروز کمبود آهن و روی در آن‌ها بسیار محتمل است (۳۴). گندم‌های رشد کرده در خاک‌های فقیر از نظر عناصر روی و آهن، عملکرد دانه کمی تولید کرده و غلظت روی و آهن اندکی در دانه دارند (۳۵). اگر چه اصلاح جیره غذایی و تنوع آن، پایدارترین رویه است، اما ایجاد تغییر و بهبود جیره غذایی کار مشکلی است و غذاهایی که آهن و روی قابل دسترس زیادی از لحاظ زیستی (نظیر گوشت) فراهم می‌کنند، گران هستند. غنی‌سازی زیستی زراعی، به‌عنوان کاربرد کودهای ریزمغذی به صورت خاکی یا

محلول‌پاشی برای افزایش غلظت‌های آن‌ها در دانه شناخته می‌شود که رویه‌ای انعطاف‌پذیر بوده و می‌تواند برای تمامی ارقام و گونه‌های زراعی استفاده شود. بنابراین، محلول‌پاشی روی و آهن، یکی از استراتژی‌های مهم کشاورزی جهت تامین روی و آهن مورد نیاز گیاهان است (۸،۱۱،۱۵).

عنصر روی در ساخته شدن برخی اسیدهای‌آمینه، فرایند فتوسنتز، در راه‌اندازی برخی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های آزاد فعال اکسیژن نقش اساسی دارد (۲۹،۱۰). پژوهشگران در آزمایش‌های خود به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی روی باعث افزایش عملکرد دانه در زراعت گندم دیم و آبی می‌شود که به دلیل تاثیر عنصر روی بر کاهش گونه‌های اکسیژن آزاد و افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌باشد که این امر سبب افزایش تولید ماده خشک و عملکرد می‌گردد (۸،۱۴،۲۷). محققان دیگر بر این نکته تاکید دارند که کاربرد روی موجب افزایش عنصر روی در اندام هوایی و دانه و آرد گندم می‌گردد (۳۸،۳۶). عبدلی و اسفندیاری (۱) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی باعث افزایش محتوای عنصر روی دانه در زمان پر کردن دانه گردید.

عنصر آهن از عناصر ضروری برای رشد سلول‌های گیاهی، توسعه سلول‌های مختلف مربوط به فتوسنتز، تنفس، بیوسنتز هورمون‌ها و عوامل کاهش‌دهنده در فرآیندهای اصلی مربوط به سوخت و ساز گیاه نقش دارد (۱۶). فرم‌های مختلف کلاته و غیرآلی از کودهای حاوی آهن از جمله Feso4, FeEDTA, FeDTPA, FeEDDHA, FeIDHA وجود دارند که برای اصلاح کلروز ناشی از کمبود آهن در گیاهان زراعی کاربرد دارند. مشاهدات یک آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی آهن و روی در گندم به تنهایی و یا در ترکیب با کاربرد خاکی باعث افزایش عملکرد اقتصادی و مقدار آهن و روی و محتوی پروتئین دانه گردید (۱۵). سلیسپور (۴۳) با بررسی اثرات مصرف آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم نتیجه گرفت که با مصرف توام آهن و روی غلظت روی دانه از ۲۷/۸ به ۳۸/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش می‌یابد و بالاترین درصد پروتئین دانه در تیمار توام آهن و روی به میزان ۱۲/۴ درصد گزارش کرد. پژوهشگران بر این باور هستند که به کار بردن آهن و روی به صورت توام زمانی تاثیر خواهد داشت که مقدار آهن به‌کار رفته بیشتر از مقدار روی باشد. در غیر این‌صورت عنصر روی مانع از جذب آهن شده و در نتیجه اثر منفی بر غلظت آهن دانه و عملکرد دانه خواهد داشت (۴۱). در طی یک بررسی با کاربرد محلول‌پاشی کلات آهن با غلظت ۳ در هزار در گندم، تعداد پنجه‌های غیر بارور کاهش یافت. محلول‌پاشی عناصر غذایی به‌ویژه عناصر ریزمغذی مانند آهن رقابت را کاهش می‌دهد و اثر قابل توجهی در بالا بردن عملکرد خواهد داشت (۴۸). نظران و همکاران (۳۷) در بررسی اثر زمان محلول‌پاشی آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم ملاحظه کردند که محلول‌پاشی آهن در مرحله ساقه‌دهی سبب افزایش ۹۹ درصدی عملکرد و افزایش۳۲/۴ درصدی مقدار آهن دانه نسبت به شاهد شد.

محلول‌پاشی آهن در ساخته شدن رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان اثر می‌گذارد و این امر دلیلی بر بهتر شدن رشد گیاه خواهد بود (۴۸،۱۴). گزارش‌ها نشان‌دهنده اثر آهن به تنهایی یا همراه با دیگر عناصر ریزمغذی در محتوای کلروفیلی، فتوسنتز و فاکتورهای عملکرد در گیاه گندم می‌باشند (۳۹،۱۵،۵).

افزایش غلظت آهن و روی، امری ضروری در بهبود سلامت غذایی است. با توجه به اهمیت گندم و زراعت دیم آن و به دلیل کمبود میزان آهن و روی در بیشتر نقاط کشور، در این پژوهش اثر محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف رشدی گندم مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن بر غلظت عناصر روی و آهن در دانه و تعیین بهترین زمان محلول‌پاشی بر روی رقم جدید گندم دیم آسمان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی گنبد (استان گلستان) در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ انجام گردید. ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و براساس آمار هواشناسی بلندمدت گنبد، متوسط بارش حدود ۴۵۰ میلی‌متر است. عامل محلول‌پاشی عناصر در چهار سطح شامل: عدم مصرف ریزمغذی (محلول‌پاشی با آب خالص)، محلول‌پاشی روی (Zn EDTA) و آهن (Fe EDDHA) و کاربرد توام آهن و روی و عامل بعدی زمان محلول‌پاشی در سه سطح شامل محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌دهی، ساقه‌رفتن و در مرحله پرشدن دانه اجرا گردید. محلول‌پاشی عنصر روی با غلظت ۲ در هزار و عنصر آهن با غلظت ۳ در هزار از منابع ذکر شده در هر مرحله رشدی ذکر شده مصرف شد.

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری از عمق۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش انجام شد و نتایج آزمون خاک در جدول یک ارائه شده است. همچنین آمار هواشناسی بلندمدت و کوتاه‌مدت، منطقه مورد آزمایش در نمودار ۱ و ۲ ارائه گردیده است.

هر کرت شامل ۶ خط کاشت به طول چهارمتر و فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت به صورت دستی صورت گرفت. خاک قطعه مورد نظر برای انجام کاشت براساس آزمایش خاک صورت گرفته از لحاظ ریزمغذی آهن ۲/۵ ppm و روی ۰/۵ ppm در حد بحرانی قرار داشت. عملیات تهیه بستر با شخم پاییزه و در رطوبت مناسب خاک با دو دیسک عمود بر هم، انجام گردید. براساس تجزیه خاک ۱۰۰ کیلوگرم فسفات به‌صورت سوپرفسفات‌تریپل قبل از کاشت به خاک اضافه گردید و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن به صورت اوره که یک سوم کود نیتروژن مورد نیاز در هنگام کاشت همراه با بذر در خاک قرار داده شد و مابقی کود

نیتروژن در مرحله شروع پنجه‌زنی و شروع طویل شدن ساقه به صورت سرک به گیاه داده شد.

کاشت به صورت دیم در۲۰ آذر انجام شد. محلول‌پاشی تیمارهای مورد نظر در سه مرحله شامل پنجه‌دهی، ساقه رفتن و پرشدن دانه و جهت جلوگیری از سوختگی برگ‌ها، صبح زود انجام گردید. صفات اندازه‌گیری شده شامل غلظت روی و آهن، پروتئین دانه، عملکرد دانه، مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a به کلروفیل b و کاروتنوئید برگ بود.

اندازه‌گیری مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی

یک هفته پس از اعمال کلیه تیمارها کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید به روش آرنون اندازه‌گیری گردید. مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم وزن‌تر برگ را در داخل هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد. سپس عصاره حاصل به لوله‌های سانتریفیوژ انتقال داده شد و لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت شش هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. محلول فوقانی به بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری منتقل شد و حجم آن توسط استون ۸۰ درصد به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. مقدار جذب محلول‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. نسبت کلروفیل a به b با تقسیم میزان کلروفیل a بر میزان کلروفیل b محاسبه شد (۳).

اندازه‌گیری صفات کیفی

غلظت روی و آهن در بذر

جهت اندازه‌گیری غلظت روی و آهن دانه، مقدار یک گرم از نمونه‌های بذور آسیاب شده در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره الکتریکی خاکستر و در اسیدکلریدریک دو مولار حل و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و غلظت روی و آهن به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۳۱،۲۸).

پروتئین دانه

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه با روش کجلدال مقدار نیتروژن دانه برای هر تیمار بدست آمد و با روش تیتراسیون، درصد نیتروژن نمونه مورد نظر اندازه گیری شد.

$$\text{درصد نیتروژن} = \frac{\text{عدد حاصل از تیتراسیون} \times 0.0014}{\text{وزن نمونه (گرم)}} \times 100$$

بعد از بدست آوردن مقدار نیتروژن درصد پروتئین با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد (۱۶).

درصد پروتئین = میزان نیتروژن × ۶/۲۵

عملکرد دانه

برای تعیین عملکرد دانه در زمان رسیدگی کامل، خطوط اول و ششم هر کرت به عنوان خطوط حاشیه در نظر گرفته شدند. خطوط چهارم و پنجم جهت برداشت نهایی و محاسبه عملکرد در نظر گرفته شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزارهای EXCELL، MSTATC و SAS و مقایسه میانگین‌ها از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس اثرات تیمار محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن بر صفات، غلظت روی و آهن و درصد پروتئین در دانه، عملکرد دانه و رنگیزه‌های فتوسنتزی بجز نسبت کلروفیل a به b در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین اثر زمان محلول‌پاشی بر روی صفات غلظت روی دانه و درصد پروتئین دانه و کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد و غلظت آهن دانه و کاروتنوئید در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد. اما از نظر عملکرد دانه و کلروفیل b و کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a به b از لحاظ زمان محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری ملاحظه نگردید. همچنین اثرات برهمکنش تیمار محلول‌پاشی×زمان محلول‌پاشی برای تمام صفات‌کیفی (غلظت روی، آهن و درصد پروتئین دانه) و صفت عملکرد دانه و کلروفیل a و کلروفیل کل و کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد و کلروفیل b در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲).

عملکرد دانه

مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر روی رقم گندم مورد مطالعه نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار محلول‌پاشی توام روی و آهن با میانگین ۸۲۷۵ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد (آب خالص) با میانگین ۵۸۰۸ کیلوگرم در هکتار است (جدول ۳). محلول‌پاشی همزمان روی + آهن باعث افزایش ۴۲/۴۸ درصد و همچنین محلول‌پاشی آهن و روی به صورت منفرد به ترتیب ۲۱/۳۸ و ۱۱/۴۸ درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). نتایج این تحقیق با یافته‌های جلال و همکاران (۲۰) که در محلول‌پاشی روی و آهن در گندم بالاترین عملکرد دانه ملاحظه گردید، مطابقت دارد.

مقایسه‌میانگین برهم‌کنش تیمارهای محلول‌پاشی × زمان محلول‌پاشی بر عملکرد دانه گندم نشان داد که محلول‌پاشی توام روی و آهن در مراحل فنولوژیکی پر شدن دانه و ساقه‌دهی با متوسط ۸۶۲۵ و ۸۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در مقایسه با تیمارهای دیگر دارای بالاترین میزان عملکرد دانه بودند (جدول ۵). در این پژوهش میزان عملکرد دانه نسبت به شرایط شاهد ۴۲/۴۸ درصد افزایش یافت، که نشان‌دهنده بهبود ظرفیت مخزن در اثر کاربرد عناصر ریزمغذی روی و آهن در مراحل پرشدن دانه کردن و ساقه‌دهی است. که سبب افزایش توان فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه شده است (۱). این موضوع با نتایج محققین متعددی در گندم مطابقت داشت (۴۰،۳۹،۸). نتایج یک بررسی دیگر نشان داد که محلول‌پاشی آهن و روی در گندم به تنهایی و یا در ترکیب با کاربرد خاکی باعث افزایش عملکرد اقتصادی، مقدار آهن و روی و محتوای پروتئین دانه گردید (۴۰). به علاوه در پژوهش دیگری نیز، محلول‌پاشی توام آهن و روی با غلظت ۳ در هزار موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه گندم در زمان دانه‌بندی گردید (۴۴). در حالی‌که نتایج آزمایشی که

توسط مرادی‌تلاوت و همکاران (۳۳) انجام شد، محلول‌پاشی روی در گلرنگ تفاوت معنی‌داری بین مراحل مختلف فنولوژیکی (زمان‌های ساقه‌دهی- گلدهی- پر شدن دانه) از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد. عملکرد دانه صفت کمی پیچیده‌ای است که تا حد زیادی تحت تاثیر حاصلخیزی خاک، نور، دما و شرایط تغذیه‌ای و بسیاری از عوامل محیطی قرار می‌گیرد (۳۰). بنابراین با توجه به نتایج بالا، میانگین عملکرد کرت‌های محلول‌پاشی روی و آهن نشان می‌دهد که مصرف توام آهن و روی قابلیت دسترسی مواد غذایی را برای گیاه و رشد مناسب و افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌کند که تاکیدی بر تغذیه متعادل گیاه در مراحل ساقه‌دهی و پرشدن دانه است.

عناصر ریزمغذی

غلظت روی در دانه

با توجه به جدول مقایسه میانگین ۳، بین تیمارهای محلول‌پاشی عناصر مورد بررسی از نظر میزان غلظت روی در دانه، تیمار محلول‌پاشی روی با میانگین ۲۶/۲۵ پی‌پی‌ام بالاترین غلظت دانه را به خود اختصاص داد، که نسبت به شرایط شاهد (آب خالص) ۳۹/۸۵ درصد افزایش نشان داد. همچنین بهترین زمان محلول‌پاشی از نظر غلظت روی در دانه مرحله فنولوژیکی پر شدن دانه با میانگین ۲۳/۸۵ پی‌پی‌ام تشخیص داده شد (جدول ۴) که ناشی از تامین روی مورد نیاز دانه در مرحله پرکردن دانه می‌باشد که با گزارش عبدلی و اسفندیاری (۱) که افزایش محتوای روی دانه با محلول‌پاشی روی در زمان پر کردن دانه شد مطابقت دارد. محققین دیگری بیان کردند که محلول‌پاشی روی باعث بهبود عملکرد دانه و غلظت روی دانه و آرد گندم می‌شود (۳۸،۳۶،۲۶). در یک آزمایش مزرعه‌ای نیز محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی در ترکیب با اوره یک درصد در گندم باعث افزایش غلظت روی و آهن دانه در مقایسه با تیمار شاهد گردید (۴۷،۲۶).

اثر برهم‌کنش تیمارهای محلول‌پاشی × زمان محلول‌پاشی نیز نشان داد که بالاترین مقدار روی در دانه مربوط به مصرف روی در مرحله پر شدن دانه و مصرف همزمان روی + آهن در مرحله پر شدن دانه به ترتیب با متوسط ۳۱/۰۴ و ۲۵/۰۱ پی‌پی‌ام ملاحظه گردید. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی روی در هر دو مرحله رشد گیاهی قابلیت این را دارد که محتوای عنصر روی در دانه را افزایش دهد. این موضوع را می‌توان به ارتباطات بین آوند چوب و آبکش در گل آذین گیاه و تبادل مناسب عناصر بین آن‌ها مربوط دانست که قبلا" در آزمایش روی گندم توسط ژیانک و همکاران (۲۲) نیز گزارش شده است. هرچند بررسی تفاوت محلول‌پاشی روی در مراحل مختلف رشد به آزمایش‌های دیگری نیاز دارد. در یک تحقیق و بررسی در طی ۷ سال در ۱۲ کشور مختلف روی گندم، برنج و ذرت با کاربرد چندین کود خاکی و محلول‌پاشی عنصر روی، نتایج نشان داد که کاربرد روی در خاک در زمان کاشت تاثیر کمی بر روی غلظت روی در دانه در شرایط مزرعه‌ای داشت، اما محلول‌پاشی روی در بهبود غلظت روی دانه بسیار موثر است، در میان غلات مورد مطالعه با توجه به افزایش غلظت روی (تا ۸۳ درصد) گندم به میزان قابل‌توجهی نسبت به محلول‌پاشی بیشترین واکنش را نشان داد (۳۱). همچنین در یک آزمایشی دیگر، محلول‌پاشی روی و آهن منجر افزایش غلظت روی در دانه گندم شد (۲۱،۲۰). به‌علاوه سلیسپور (۴۳) بیان کرد که با مصرف توام آهن و روی غلظت روی دانه از ۲۷/۸ به ۳۸/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت، که نتایج این محققین با نتایج حاضر مطابقت دارد. محققان بیان می‌کنند ارتباط متقابل آوند چوب و آوند آبکش می‌تواند در انتقال عنصر روی جذب شده به دانه‌های در حال رسیدگی موثر باشد. در این حال تبادل یون‌ها میان آوند چوب و وآبکش در گل‌آذین می‌تواند سبب افزایش عنصر روی جذب شده در دانه‌ها شود (۳۳).

غلظت آهن در دانه

مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد که میزان آهن دانه از ۷۹/۴۶ پی‌پی‌ام در تیمار شاهد به ۱۵۰/۵۲ پی‌پی‌ام در تیمار محلول پاشی آهن افزایش یافت (جدول۳) که تیمار شاهد نسبت به تیمار محلول‌پاشی آهن ۸۹/۴۳ درصد کاهش نشان داد. همچنین از لحاظ مقایسه میانگین زمان محلول‌پاشی از نظر محتوی آهن در دانه بالاترین مقادیر با میانگین ۱۳۷/۳۶ پی‌پی‌ام در مرحله ساقه‌دهی ملاحظه گردید (جدول ۴). با توجه به نقش عنصر آهن در تشکیل کلروفیل و فرآیندهای فتوسنتزی، نتایج این آزمایش در تیمار محلول‌پاشی با آهن دور از انتظار نیست. همچنین برهم‌کنش محلول‌پاشی عناصر آهن× زمان محلول‌پاشی نشان داد که از بین تیمارهای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی آهن در مرحله فنولوژیکی ساقه‌دهی با میانگین ۱۶۹/۶۹ پی‌پی‌ام رتبه اول و تیمار توام روی + آهن در مرحله پر شدن دانه (رسیدگی در مرحله شیری) با میانگین ۱۶۴/۶۹ پی‌پی‌ام در رتبه دوم قرار گرفتند (جدول ۵). در طی آزمایش مشابهی اثر زمان محلول‌پاشی آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم این نتایج مشاهده شد که محلول‌پاشی آهن در مرحله ساقه‌دهی سبب افزایش ۹۹ درصدی عملکرد و افزایش ۳۲/۴ درصدی مقدار آهن دانه نسبت به شاهد گردیده است (۳۷). به علاوه در تحقیق دیگری، محلول‌پاشی آهن و روی سبب افزایش غلظت آهن در دانه در مرحله ساقه‌دهی و رسیدگی در مرحله شیری گردید (۲). در مطالعه‌ای دیگر مشاهده شد که محلول پاشی با آهن چه در زمان قبل از گلدهی و چه بعد از گلدهی باعث افزایش غلظت آهن دانه نسبت به شاهد شد (۴۵). بر اساس نتایج آزمایشی که توسط سدری و ملکوتی (۴۰) انجام شد، نیز مصرف روی و آهن علاوه بر افزایش ۲۰ درصدی عملکرد دانه موجب افزایش غلظت عناصر ریزمغذی آهن، روی در دانه و کلش گندم و نیز افزایش درصد پروتئین دانه شد که با نتایج حاضر مطابقت دارد. کمبود آهن در خاک باعث کاهش عملکرد و کیفیت دانه گندم و در نتیجه کمبود آهن در تغذیه انسان می‌گردد (۴۵).

درصد پروتئین

از نظر آماری بین تیمارهای محلول‌پاشی و شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. مقایسه میانگین درصد پروتئین نشان داد که در صورت محلول‌پاشی

توام روی و آهن میزان پروتئین دانه از ۷/۸۷ درصد به ۱۱/۴۵ درصد افزایش یافت (جدول ۳). محلول‌پاشی عناصر آهن و روی سبب بهبود وضعیت ازت گیاه و سبب افزایش درصد پروتئین ناشی از افزایش نیترات در گیاه می‌گردد. نیترات بر فعالیت‌های پروتئین‌های حمل‌کننده ترکیبات نیتروژن‌دار تاثیر می‌گذارد که باعث حفظ جذب از ریشه و انتقال روی در اندام هوایی همچنین سبب فراوانی ناقل آهن و انتقال آهن به دانه می‌شود (۲).

اثرات برهم‌کنش محلول‌پاشی عناصر × زمان محلول‌پاشی نشان داد که بالاترین درصد پروتئین مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن و تیمار توام روی و آهن در زمان ساقه‌دهی به ترتیب با ۱۲/۸۹ و ۱۲/۷۳ درصد بدست آمد (جدول ۵). افزایش درصد پروتئین که به علت افزایش ازت دانه می‌باشد به‌واسطه مصرف عناصر ریزمغذی از جمله آهن و روی افزایش یافته است. محققین به تاثیر مثبت عنصر روی و آهن بر افزایش درصد پروتئین در دانه و کیفیت آرد گندم پی‌برده‌اند (۵۰،۹) و دلیل آن این است که آهن در ساختار پروتئین‌های نظیر هموگلوبین و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و همچنین در فرآیندهای وابسته به نور در فتوسنتز تاثیر اساسی دارد (۵). به علاوه روی به عنوان یک عنصر ساختمانی در RNA پلی‌مراز در سنتز پروتئین‌ها نقش دارد. در گیاهان با کمبود روی میزان تجزیه و تخریب RNA شدت می یابد در نتیجه سنتز پروتئین به شدت کاهش می‌یابد (۱۸). سلیسپور (۴۳) با بررسی اثرات مصرف آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم نتیجه گرفتند که درصد پروتئین دانه تحت تاثیر تیمارهای کودی قرار می‌گیرد و بالاترین درصد پروتئین دانه در تیمار توام آهن و روی به میزان ۱۲/۴درصد گزارش کرد. که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. با توجه به نتایج بالا محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌رفتن به دلیل این‌که در این زمان مصرف عناصر غذایی بالاست و به‌خاطر در دسترس بودن عناصر روی و آهن برای گیاه گندم، درصد پروتئین دانه آن افزایش یافت.

صفات فیزیولوژیکی

کلروفیل a و b

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد، بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a و کلروفیل b به ترتیب مربوط به تیمار محلول‌پاشی توام آهن و روی و شاهد (آب خالص) بود (جدول ۳). بنابراین این افزایش باعث مقاومت گندم در شرایط دیم می‌شود. مقایسه میانگین تیمار مراحل مختلف فنولوژیکی نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b, a در زمان ساقه‌دهی ملاحظه گردید (جدول ۴). با توجه به این‌که عنصر روی در ساخته شدن برخی اسیدهای آمینه، فرآیند فتوسنتز و همانندسازی و بیان ژن شرکت دارد و عنصر آهن نیز در در ساختار کلروفیل‌ها نقش‌های عمده‌ای بر عهده دارد. بنابراین نتایج این آزمایش دور از انتظار نبود. در آزمایشات مختلف گزارش شده، محلول‌پاشی (روی و آهن) بر روی گندم سبب افزایش محتوای کلروفیل a و کلروفیل b، غلظت آهن، نیتروژن، روی، پروتئین و عملکرد دانه گردیده است (۱۳،۹). مقایسه میانگین برهم‌کنش (محلول‌پاشی× زمان محلول‌پاشی نشان داد که مصرف توام روی و آهن در مرحله ساقه‌دهی با متوسط ۰/۸۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ بیشترین مقدار غلظت کلروفیل a را نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی برخوردار بود (جدول۵) و کمترین مقدار با متوسط ۰/۵۱۶ مربوط به تیمار شاهد در زمان پنجه‌دهی ملاحظه گردید. از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل در شرایط شاهد بدلیل تخریب آن‌ها به وسیله گونه‌های اکسیژن فعال و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل است که تحت شرایط دیم (تنش) و کمبود ریزمغذی‌های خاک است. زیرا محتوی کلروفیل یکی از مهم‌ترین عواملی است که ظرفیت فتوسنتزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و کاهش و یا بدون تغییر ماندن محتوای کلروفیل گیاه تحت شرایط تنش خشکی و کمبود عناصرغذایی در گونه‌های مختلف گیاهی مشاهده می‌شود (۱۹،۱۴). در شرایطی که کمبود آهن و روی در خاک کمتر از حد بهینه باشد، مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد. بنابراین بهبود شرایط تغذیه ای با کاربرد کلات آهن و روی می‌تواند باعث افزایش غلظت کلروفیل‌های a , b و افزایش فتوسنتز شده که این امر موجب تولید عملکرد بیشتر در گندم می‌گردد. این موضوع با نتایج مرادی تلاوت و همکاران (۳۳) مطابقت داشت.

کلروفیل کل

مقدار کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی قرار گرفت اما از نظر تیمار زمان محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳ و ۴). نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار کلروفیل کل نشان داد بیشترین مقدار کلروفیل کل از محلول پاشی توام روی+ آهن بدست آمد، که نسبت به تیمار شاهد ۴۰ درصد افزایش نشان داد. همچنین از لحاظ مراحل فنولوژیکی مختلف بیشترین کلروفیل کل در مرحله ساقه‌دهی با میانگین ۰/۹۷۸ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر برگ ملاحظه گردید، نتایج آزمایش با نتایج آزمایش غفاری و رزمجو (۱۴) در گندم که محلول پاشی روی و آهن موجب افزایش محتوای کلروفیل کل در گیاهان است، مطابقت دارد. که این نتایج را می‌توان با نقش عناصر آهن و روی در تشکیل کلروفیل‌ها، فتوسنتز، متابولیسم نیتروژن، سیستم آنزیمی و ساختار کلروپلاست بسیار مهم است، مرتبط دانست. چنین به‌نظر می‌رسد زمانی که گیاه در مراحل رشد رویشی و یا زایشی خود باشد، محلول‌پاشی عناصری از قبیل روی و آهن می‌تواند موجب افزایش کلروفیل شود.

کاروتنوئید

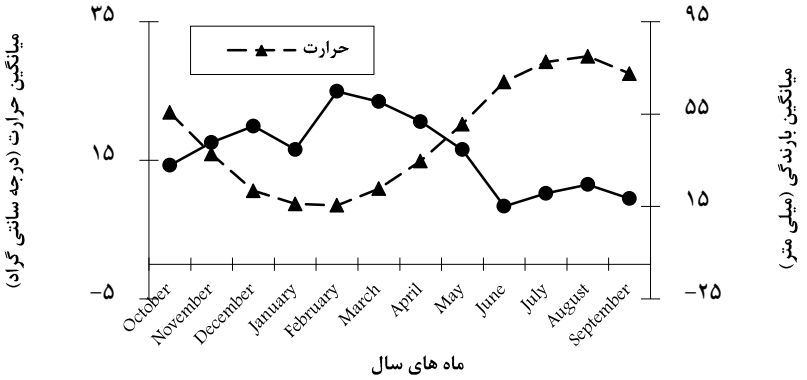
مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد که مقدار کاروتنوئید برگ افزایش یافت و بیشترین مقدار مربوط به تیمار توام روی و آهن بود. تیمارهای محلول پاشی با تیمار شاهد (آب خالص) تفاوت معنی‌داری داشتند. به‌طوری‌که مصرف توام روی+ آهن در مقایسه با تیمار شاهد ۱۲درصد افزایش نشان داد. بیشترین مقدار در مرحله فنولوژیکی ساقه‌دهی با میانگین ۰/۴۷۹ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ ملاحظه گردید. بورنگ و همکاران (۶) در بررسی محلول‌پاشی روی و آهن بر خصوصیات بیوشیمیایی گندم بیان کردند که محلول‌پاشی توام روی و آهن در مرحله ساقه‌دهی موجب افزایش میانگین صفات کلروفیل a و کلروفیل b و کاروتنوئید

در ارقام گنبد و کریم نسبت به شرایط شاهد شد، که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. کمبود مقدار عناصر ریزمغذی در گیاه در شرایط شاهد سبب کاهش سنتز کلروپلاست درنتیجه باعث کاهش محسوس کاروتنوئید شد چرا که این رنگدانه در غشای کلروپلاست جای دارند. بنابراین وجود عناصر ریزمغذی به‌خصوص آهن برای سنتز کلروپلاست ضروری به نظر می‌رسد به‌طوری‌که افزایش غلظت کاروتنوئید از طریق محلول‌پاشی در شرایط دیم و کمبود عناصر ریزمغذی در خاک توانست تا حدودی موجب حفظ و پایداری کلروفیل شود.

مصرف توام روی و آهن در مرحله فنولوژیکی ساقه‌دهی بیشترین تاثیر را روی مقدار کلروفیل a، کلروفیلb و کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ داشت. به‌طورکلی کمترین اثر از لحاظ زمان محلول‌پاشی بر روی صفات مورد مطالعه در مرحله فنولوژیکی پنجه‌دهی ملاحظه شد. مصرف همزمان روی و آهن سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش فتوسنتز شد و همین امر موجب افزایش عملکرد دانه شد. بر اساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که با استفاده از محلول‌پاشی روی و آهن می‌توان عملکرد کمی و کیفی گندم تولیدی را در خاک‌هایی که با کمبود عناصر روی و آهن مواجه هستند را بهبود بخشید. به‌علاوه این روش به‌زراعی می‌تواند به‌عنوان راهکار کوتاه‌مدت برای کاهش مشکلات تغذیه‌ای ناشی از کمبود روی و آهن و بهبود شاخص‌های امنیت غذایی مورد کاربرد قرار گیرد.

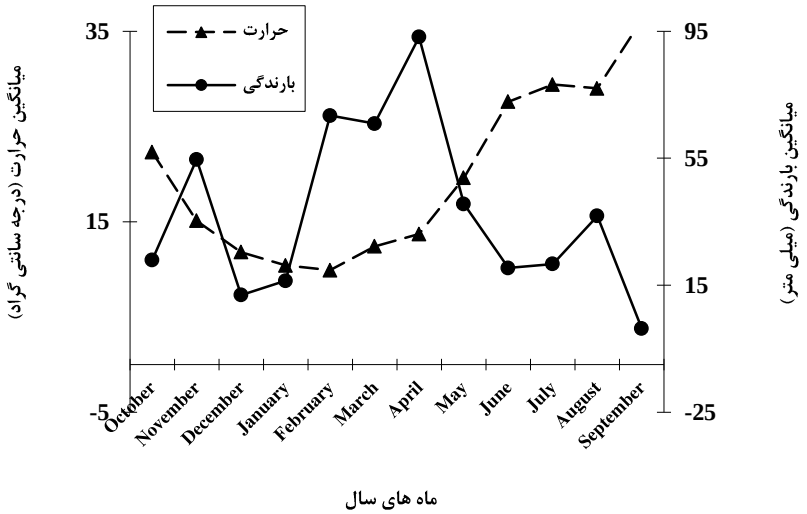
تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه گنبد کاووس انجام شده است که بدین وسیله قدردانی و تشکر می‌شود.



شکل ۱- آمار هواشناسی آمبروترمیک بلندمدت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گنبدکاووس (۱۳۹۸-۱۳۷۱)

Figure 1. Long-term ambrothermic meteorological statistics of Gonbad Kavous synoptic meteorological station (1992-2019)



شکل ۲- آمار هواشناسی آمبروترمیک کوتاه مدت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گنبدکاووس (۱۳۹۹-۱۳۹۸)

Figure 2. Short-term ambrothermal meteorological statistics of Gonbad Kavous synoptic meteorological station (2019-2020)

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1. Physical and chemical properties of soil (depth 0 to 30 cm)

بافت خاک Soil Texture	پتاسیم K (PPM)	فسفر P (PPM)	روی Zn (PPM)	آهن Fe (PPM)	نیتروژن کل N %	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{1-}$)	اسیدیته pH (1:5)	کربن آلی OC %	مواد خنثی شونده (TNV) %
سیلت لومی	۸۰۷	۹/۲	۰/۵	۲/۵	۰/۱۳	۰/۹۴	۲/۸	۱/۲۹	۹/۵

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط محلول‌پاشی روی و آهن

Table 2. Results of Analysis of variance on studied traits under foliar of Zn and Fe

S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square								
		پروتئین دانه Grain protein	آهن دانه Grain Fe	روی دانه Grain Zn	عملکرد دانه Grain yield	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Chlorophyll total	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	کاروتنوئید Carotenoid
تکرار Replication	۳	۳/۰۶^{ns}	۱۰۶۱/۳۹*	۲/۶۴^{ns}	۷۶/۷۴^{ns}	۰/۰۱۳$^{n.s}$	۰/۰۰۱۷$^{n.s}$	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۰۲۹^{ns}	۰/۰۰۶$^{n.s}$
محلول پاشی Foliar application	۳	۳۱/۴۲**	۱۲۹۰۱/۱۶**	۱۲۴/۷۳**	۱۳۱۴/۱۹***	۰/۱۰۳**	۰/۰۱۱**	۰/۱۸۵***	۰/۰۴۰$^{n.s}$	۰/۰۳۶***
زمان محلول پاشی Time Foliar application	۲	۲۳/۳۹**	۲۴۷۳/۵*	۳۲/۳۱**	۳۶/۰۸^{ns}	۰/۰۳۹**	۰/۰۰۲$^{n.s}$	۰/۰۵۴$^{n.s}$	۰/۱۷۹$^{n.s}$	۰/۰۲۱*
محلول پاشی × زمان Foliar application× Time	۱۱	۱۳/۶۹**	۴۲۰۲/۳۱**	۴۸/۷۰**	۳۹۵/۰۶۶**	۰/۰۴۸**	۰/۰۰۵*	۰/۰۸۲***	۰/۱۵۷$^{n.s}$	۰/۰۱۸***
خطا Error	۳۳	۲/۸۴	۳۹۷/۱۶	۴/۰۶	۷۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶۷	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات CV(٪)		۱۶/۴۳	۱۵/۷۹	۹/۰۷	۱۲/۲۹	۱۶/۳۲	۱۸/۶	۱۶/۴۵	۱۴/۲۲	۱۶/۱۱

ns، * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد و تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد می باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات تیمارهای محلول پاشی آهن و روی بر صفات مورد مطالعه

Table 3. Means comparison of Fe and Zn foliar application effects on studied traits

تیمار Treatment		پروتئین دانه Grain protein(%)	آهن دانه Grain Fe (PPM)	روی دانه Grain Zn (PPM)	عملکرد دانه Grain yield (Kg ha^{-1})	کلروفیل a Chlorophylla (mg.g FW^{-1})	کلروفیل b Chlorophyllb (mg.g FW^{-1})	کلروفیل کل Chlorophyll total (mg.g FW^{-1})	نسبت a/b Chlorophylla/b	کارتنوئید Carotenoid (mg.g FW^{-1})
Control	شاهد	۷/۸۷^{b}	۷۹/۴۶^{c}	۱۸/۷۷^{d}	۵۸۰۸^{c}	۰/۵۴۶^{c}	۰/۱۹۲^{b}	۰/۷۳۷^{b}	۲/۸۴۳^{a}	۰/۳۶۰^{b}
Zn foliar application	محلول‌پاشی روی	۱۰/۷۱^{a}	۱۲۷/۲۳^{b}	۲۶/۲۵^{a}	۶۴۷۵^{bc}	۰/۶۹۳^{ab}	۰/۲۴۸^{a}	۰/۹۵۲^{a}	۲/۸۰۷^{a}	۰/۴۶۰^{a}
Fe foliar application	محلول‌پاشی آهن	۱۰/۹۷^{a}	۱۵۰/۵۲^{a}	۲۰/۷۵^{c}	۷۰۵۰^{b}	۰/۶۸۰^{b}	۰/۲۴۲^{a}	۰/۹۲۳^{a}	۲/۹۱۱^{a}	۰/۴۴۴^{a}
Zn+ Fe foliar application	محلول‌پاشی روی+ آهن	۱۱/۴۵^{a}	۱۴۷/۳۶^{a}	۲۳/۱۴^{b}	۸۲۷۵^{a}	۰/۷۷۰^{a}	۰/۲۶۳^{a}	۱/۰۳۲^{a}	۲/۹۳۱^{a}	۰/۴۸۸^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات زمان‌های مختلف محلول‌پاشی آهن و روی بر روی صفات مورد مطالعه در گندم

Table 4- Means comparison of Zn and Fe application times effects on studied traits of wheat

تیمار Treatment	پروتئین دانه Grain protein(%)	آهن دانه Grain Fe (PPM)	روی دانه Grain Zn (PPM)	عملکرد دانه Grain yield (Kg ha^{-1})	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g FW^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g FW^{-1})	کلروفیل کل Chlorophyll total (mg.g FW-1)	نسبت a/b Chlorophyll a/b	کارتنوئید Carotenoid (mg.g FW-1)
پنجه زنی Tillering	۱۰/۰۹^{b}	۱۱۲/۷۷^{b}	۲۱/۲۰^{b}	۶۷۵۶^{a}	۰/۶۴۷^{b}	۰/۲۳۴^{a}	۰/۸۸۱^{ab}	۲/۷۸۴^{a}	۰/۴۲۴^{b}
ساقه دهی Shoot elongation	۱۱/۵۳^{a}	۱۲۸/۳^{a}	۲۱/۶۳^{b}	۶۸۹۳^{a}	۰/۷۲۹^{a}	۰/۲۴۹^{a}	۰/۹۷۸^{a}	۲/۹۹۰^{a}	۰/۴۷۹^{a}
پر شدن دانه seed filing	۹/۱۳^{b}	۱۳۷/۳۶^{a}	۲۳/۸۵^{a}	۷۰۵۶^{a}	۰/۶۴۱^{b}	۰/۲۲۷^{a}	۰/۸۷۵^{b}	۲/۸۴۵^{a}	۰/۴۱۱^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح پنج درصد آزمونLSD تفاوت معنی داری نشان نمی دهند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول‌پاشی روی و آهن در زمان محلول‌پاشی بر روی صفات مورد مطالعه در گندم

Table 5. Mean comparison results of interaction effects of foliar application Zn ,Fe in Time foliar application

تیمار Treatment		پروتئین دانه Grain pro (%)	آهن دانه Grain Fe (PPM)	روی دانه Grain Zn (PPM)	عملکرد دانه Grain yield (Kg ha^{-1})	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g FW^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g FW^{-1})	کلروفیل کل Chlorophyll total (mg.g FW-1)	نسبت a/b Chlorophyll a/b	کارتنوئید Carotenoid (mg.g FW^{-1})
محلول پاشی روی و آهن	زمان محلول پاشی									
شاهد	پنجه زنی Tillering	۸/۴۱^{er}	۷۰/۴۷^{r}	۱۸ /۹۹^{r}	۵۹۰۰^{eα}	۰/۵۱۶^{e}	۰/۱۹۶^{cα}	۰/۶۹۲^{e}	۲/۹۲۰^{aD}	۰/۳۴۲^{cα}
Control	ساقه دهیShoot elongation	۸/۴۳^{er}	۷۹/۵۳^{r}	۱۸/۸۰^{r}	۵۸۵۷^{eα}	۰/۵۷۳d^{e}	۰/۲۰۴^{Dcα}	۰/۷۷۷d^{e}	۲/۸۰۰^{D}	۰/۴۱۴^{Dcα}
	پر شدن دانه seed filing	۶/۷۶^{r}	۸۸/۳۸^{er}	۱۸/۵۰^{r}	۵۶۵۰^{e}	۰/۵۵۱^{e}	۰/۱۷۷^{d}	۰/۷۴۷^{e}	۲/۸۱۰^{aD}	۰/۳۲۴^{d}
محلول پاشی روی	پنجه زنی Tillering	۹/۹۶^{cde}	۱۱۶/۶۹^{de}	۲۳/۵۸^{bcα}	۶۳۷۵bcd^{e}	۰/۷۱۸^{bcα}	۰/۲۵۲^{aDc}	۰/۹۷۱^{bcα}	۲/۸۴۵^{aD}	۰/۴۵۴^{D}
Zn foliar application	ساقه دهی Shoot elongation	۱۲/۰۸^{aDc}	۱۲۳/۰۶^{d}	۲۴/۱۴^{Dc}	۶۱۷۵cd^{e}	۰/۶۶۰^{bcde}	۰/۲۲۸^{Dcα}	۰/۸۸۹^{bcde}	۲/۸۸۹^{ab}	۰/۴۳۵^{Dc}
	پر شدن دانه seed filing	۱۰/۱۰^{cde}	۱۴۱/۹۴^{aDcα}	۳۱/۰۴^{a}	۶۸۷۵bcd^{e}	۰/۷۳۲^{Dc}	۰/۲۶۴^{aD}	۰/۹۹۷^{Dc}	۲/۷۹۵^{D}	۰/۴۹۲^{aD}
آهن	پنجه زنی Tillering	۱۰/۴۱^{cde}	۱۲۷/۴۴^{cα}	۲۰/۲۸^{er}	۷۱۵۰^{Dc}	۰/۵۹۳^{cde}	۰/۲۴۷^{aDc}	۰/۸۴۰^{cde}	۲/۴۵۸^{D}	۰/۴۱۱^{Dcα}
Fe foliar application	ساقه دهی Shoot elongation	۱۲/۸۹^{a}	۱۶۹/۶۹^{a}	۲۱/۱۲^{aer}	۶۹۲۵^{Dcα}	۰/۷۹۳^{aD}	۰/۲۵۷^{aDc}	۱/۰۵۰^{aD}	۳/۳۵۰^{a}	۰/۵۰۵^{aD}
	پر شدن دانه seed filing	۹/۶۲^{de}	۱۵۴/۴۳^{aDc}	۲۰/۸۵^{aer}	۷۰۷۵^{Dcα}	۰/۶۵۴^{Dcde}	۰/۲۲۴^{Dcα}	۰/۸۷۸^{Dcde}	۲/۹۲۵^{aD}	۰/۴۱۶^{Dcα}
روی+ آهن	پنجه زنی Tillering	۱۱/۵۹^{aDcα}	۱۳۶/۵۰^{Dcα}	۲۱/۹۴^{cde}	۷۶۰۰^{aD}	۰/۷۶۰^{aD}	۰/۲۶۰^{ab}	۱/۰۲۰^{aDc}	۲/۹۱۲^{aD}	۰/۴۸۸^{aD}
Zn+ Fe foliar application	ساقه دهی Shoot elongation	۱۲/۷۳^{aD}	۱۴۰/۹۱^{Dcα}	۲۲/۴۷^{Dcα}	۸۶۰۰^{a}	۰/۸۹۲^{a}	۰/۳۰۵^{a}	۱/۱۹۸^{a}	۲/۹۲۱^{aD}	۰/۵۶۲^{a}
	پر شدن دانه seed filing	۱۰/۰۴^{cde}	۱۶۴/۶۹^{aD}	۲۵/۰۱^{D}	۸۶۲۵^{a}	۰/۶۵۷^{Dcde}	۰/۲۲۲^{Dcα}	۰/۸۸۰^{Dcde}	۲/۹۶۰^{aD}	۰/۴۱۴^{Dcα}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح پنج درصد آزمونLSD تفاوت معنی داری نشان نمی دهند.

منابع

1. 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*). Journal of Iranian Rainfed Agriculture, 2(2): 77-96 (In Persian).
2. Aciksoz, S.B., A. Yazici, L. Ozturk and I. Cakmak. 2011. Biofortification of wheat with iron through soil and foliar application of nitrogen and iron fertilizers. Plant Soil, 349: 215-225.
3. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23:112-121.
4. Badri, H., R. Mohammadi and A.R. Atminan. 2019. Study on Adaptability and Grain yield stability of Durum wheat Genotypes. Journal of Crop Breeding, 12(33): 119-126 (In Persian).
5. Bameri, M., R. Abdolshahi, G. Mohammadi-Nejad, K. Yousefi and S.M. Tabatabaie. 2013. Effect of different microelement treatment on wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield. International Research Journal of Applied and Basic Sience, 3(1): 219-223.
6. Bourang, Sh., S. Jahanbakhsh gedakahriz and A. Ebadi. 2019. The effect of cadmium chloride and foliar application of iron and zinc on biochemical characteristics wheat under hydroponic conditions. Journal of Plant Proc. Func, 8(29): 1-13 (In Persian).
7. Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification?. Journal of Plant and Soil, 302: 1-17.
8. Cakmaka, I. and U.B. Kutmanb. 2018. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. European journal of Soil Science, 69: 172-180.
9. Cakmak, I., M. Marzorati, P.V.D. Abbeele, K. Hora, T.H. Ijalling Holwerda, M.A. Yazici, E. Savasli, J. Neri and G.D. Laing. 2020. Fate and Bioaccessibility of Iodine in food prepared from agronomically Biofortified wheat and Rice and Impact of Cofertilization with zinc and Selenium. Journal of Agric. Food chem, 68(6): 1525-1535.
10. Chereskin, B.M. and P.A. Castelfrance.1982. Effects of iron and oxygen on chlorophyll biosynthesis II. Observation on the biosynthetic pathway in isolatedetio-chloroplasts. Journal of Plant Physiology, 68: 112-116.
11. Dapker, A., P. Deshpande, M. Oak, K. Paknikar and J.M. Rajwade. 2018. Zinc use efficiency is enhanced in wheat through nanofertilization. Scientific reports, 8: 6832.
12. FAO Statistical Pocketbook. 2019. FAOSTAT database. http://faostat.fao.org. Characters and seed yield of wheat. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(2): 1- 5.
13. Farhan, H.N. and T.M.B. Al-Dulaemi. 2011. The effect of foliar application of some microelements on growth and productivity of Wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science Jordan, 7(1): 105-118.
14. Ghafari, H. and J. Razmjoo. 2015. Response of Durum wheat to foliar application of varied sources and rates of iron fertilizers. Journal of Agricultural Science and Technology, 17: 321-331.
15. Ramzan, Y., M.B. Hafeez, S. Khan, M. Nadeem, S. Rahman, S. Batool and J. Ahmad. 2020. The grain quality and yield of wheat crop. International Journal of plant production, 14: 501-510.
16. Hansch, R. and R. R. Mendel. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). Journal of Current Opinion in Plant Biology, 12: 259-266.
17. Helrich, K. 1990. Association of official analytical chemists. Journal of AOAC, Incorporated, 15(1): 673.
18. Hemantaranjan, A. and O.K. Grag. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of triticum aestivum L. Journal of Plant Nutri, 11(6-11): 1439-1450.
19. Jagtap, V., S. Bhargava, P. Sterb and J. Feierabend. 1998. Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reactions in Sorghum tricolor (L.) Moench. Journal of Experimental Botany, 49: 1715-1721.
20. Jalal, A., S. Shah, A. Khan, T. Shah, M. Iiyas and P.A. Leonel Rosa. 2020. Agro- Biofortification of zinc and Iron in wheat grains. Journal of Gesunde Pflazen, 72: 227-236.
21. Jalal, A., S. Shah, M.C.M. Telxeira Filho, A. Khan, T. Shah, Z. Hussain, M. Younis and M. Iiyas. 2020. Yield and phonological indices of wheat as affected by exogenous fertilization of zinc and Iron. Agronomy Journal, 15(1): 7130-7136.
22. Jiang, W., P.C. Struik, H. Van Keulen, M. Zhao, L.N. Jin and T.J. Stomph. 2008. Does increased zinc uptake enhance grain zinc transporter in rice. Journal of Experimental Botany, 56: 3207-3214.
23. Jomova, K. and M. Valko. 2011. Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. Toxicology Journal, 283: 65-87.
24. Leinonen, I., P.P.M. Lannetta, M. Macleod, R.M. Rees, W. Russell, C. Watson and A.P. Barnes. 2020. Regional land use efficiency and nutritional quality of protein production. Journal of Global Food Security, 26: 100386.
25. Li, M., S. Wang, X. Tian, J. Li, H. Zhao, C. Guo, Y. Chen and A. Zhao. 2015. Zn distribution and bioavailability in whole grain and grain fractions of winter wheat as affected by applications of soil N and foliar Zn combined with N or P. Journal of Cereal Science, 61: 26-32.
26. Li, M., S. Wang, X. Tian, S. Li, Y. Chen, Z. Jia, K. Liu and A. Zhao. 2016. Zinc and iron concentrations in grain milling fractions through combined foliar applications of Zn and macronutrients. Journal of Filed Crops Research, 187: 135-141.
27. Ma, D., D. Sun, C. Wang, H. Ding, H. Qin, J. Hou, X. Huang, Y. Xie and T. Guo. 2017. Phsiological responses and yield of wheat plants in zinc- mediated alleviation of drought stress. Journal of Frontiers Plant Science, 8: 1-12.

28. Malakouti, M.J. and M. Homaee. 2004. Soil fertility of arid and semi-arid regions. Tarbiat Modares University of Tehran Publications, Second Edition, 488 pp (In Persian).
29. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants (2th Ed.). Academic Press, London
30. Mazloumi, H., H. Pirdashti, A. Ahmadpour and S.J. Hosseini. 2020. Grouping of Advanced wheat lines Based on yield and Its Components. Journal of Crop Breeding, 12(35): 41-53 (In Persian).
31. Melash, A.A., D.K. Mengistua, D.A. Aberraa and T. Alemtsehay. 2019. The influence of seeding rate and micronutrients foliar application on grain yield and quality traits and micronutrients of durum wheat, Journal of Cereal Science, 85: 221-227.
32. Mohsenzadeh, S. and S.S. Moosavian. 2017. Zinc sulphate and nano-zinc oxide effects on some physiological Parameters of Rosmarinus officinalis. American Journal of Plant Sciences, 8: 2635-2649.
33. Moradi Telavat, M.R., F. Roshan and S.A. Siadat. 2015. Effect of foliar application of zinc sulfate on minerals contenet, seed and oil yields of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 17(2): 153-164 (In Persian).
34. Movahedy–Dehnavy, M., S.A.M. Modarres–Sanavy and M. Bidgoli. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Journal of Industrial Crop and Productions, 30: 82-92.
35. Nadeam, F., M. Faroog, A. Ullah, A. Rehman, A. Nawaz and M. Naveed. 2020. Influence of Zn nutrition on the productivity, grain quality and grain biofortification of wheat under conventional and conservation rice- wheat cropping systems. Journal of Agronmy and Soil Science, 66: 1042-1057.
36. 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. Journal of Science, Total Environ, 285: 187-195.
37. Nazaran, M.H., H. Khalaj, M.R. Labafi, M. Shamsabadi and A. Razi. 2009. Study Effect Time Foliar application of nano-fertilizer Organic chelate Iron on the quantitative and qualitative properties of rain-fed wheat, Second National Conference Application of nanotechnology in agriculture. Breeding and Seed Preparation Research Institute, Karaj, pp: 16-15 (In Persian).
38. Pahlavan Rad, M., Gh. Keykha and M. Naroui Rad. 2008. Effects of application of Zn, Fe and Mn on yield, yield component, nutrient concentration and uptake in wheat grain. Journal of Pajouhesh and Sazandegi. 79: 142-150 (In Persian).
39. Rawashdeh, H.M. and S. Florin. 2015. Foliar application with iron as a vital factor of wheat crop growth, yield quantity and quality: A Review International Journal of Agricultural Policy and Research, 3(9): 368-376.
40. Rehman, A., M. Faroog, l. Ozturk, M. Asif and K.H.M. Siddigue. 2017. Zinc nutrition in wheat- based .cropping systems. Journal of Plant and Soil, 422: 283-315.
41. Renildes, L., F. Fontes, D. Fred and R. Cox. 2008. Iron deficiency and zinc toxicity in soybean grown in nutrition solution with different levels of sulfur. Journal of Plant Nutrition, 21(8).
42. Sadri, M.J. and M.J. Malakouti. 1998. "Investigation of the effect of iron, zinc and copper consumption on improving the quantitative and qualitative properties of wheat. Journal of Water and Soil". Scientific and Research Journal of Soil and Water Research Institute, 12(5). (In Persian).
43. Seilsepour, M. 2007. The study of Fe and Zn effects on quantitative and qualitative parameters of winter wheat and determination of critical levels of theseelements in Varamin plain soils. Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 76: 123-133 (In Persian).
44. Sohrabi Manesh, N., M. Daneshvar, N. Akbari and F. Nazarian Firoozabadi. 2012. Effect of foliar application time of micronutrients on grain yield and its components on two wheat cultivars under rainfed conditions. The first national conference on agriculture in difficult environmental conditions. Civilica, 6 pp. (In Persian).
45. Teimoori, N., G.R. Heidari, F. Hoseinpanahi, A. Siosehmarde and Y. Sohrabi. 2017. Response of physiological characteristics of sardary wheat ecotypes to foliar application of humic acid before and after flowering in dryland conditions. Journal of Plant Production Technology, 19(1): 173-190 (In Persian).
46. Velu, G., I. Ortiz-Monasterio, I. Cakmak, Y. Hao and R.P. Singh. 2014. Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. Journal of Cereal Science, 59: 365-372.
47. Yassen, A., E.A.A. Abou El-Nour and S. Shedeed. 2010. Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. Journal of Amer. Science, 6(9): 14-22.
48. Yeganehpour, F., B. Kahrarian, W. Beigi Nia, A. Moeini Rad and N. Hassani Asl. 2013. The effect of iron foliar application on some morphological and qualitative traits of rain-fed wheat. Journal of Crop Sciences, 5(19): 125-135 (In Persian).
49. Zhao, F.J. and S.P. McGrath. 2009. Biofortification and phytoremediation. Journal of Current Opinion in Plant Biology, 12(3): 373-380.
50. Ziaeian, A. and M.J. Malakouti. 1999. The effect of zinc consumption on growth and yield of wheat in a number of highly calcareous soils of Fars province. Journal of Soil and Water Sciences (Special Issue on Wheat), 12(6): 99-110 (In Persian).

Effect of wheat Enrichment by Foliar Application of Zinc and Iron on Quantitive and Qualitative Traits at Differnt Phenological Stages

Zahra Ebrahimi[1], Abbas Biabani[2], Rahmatollah Mohammadi[3], Hossein Sabouri[4] and Ali Rahemi Karizki[5]

1- PhD student, Department of Agriculture, Gonbad Kavous University, University of Agriculture
2- Associate Professor, Department of Agriculture, Gonbad Kavous University, University of Agriculture (Corresponding author: abs346@yahoo.com)
3- Researcher of Agricultural-Horticultural Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Training Center of Golestan Province
4- Associate Professor, Department of Agriculture, Gonbad Kavous University, University of Agricultural Sciences
5- Assistant Professor, Department of Agriculture, Gonbad Kavous University, University of Agricultural Sciences
Received: March 2, 2021 Accepted: May 9, 2021

Abstract

Zinc (Zn) and Iron (Fe) are important micronutrients in plant growth and their deficiency in plants, especially in cereal crops, is a major nutritional problem in the world. In order to study the effect of foliar application of zinc and iron on the qualitative traits and grain yield of dryland wheat of Aseman cultivar an experiment was conducted at Gonbad Kavous Agricultural Researches Center during 2019-2020. The experimental was carried out as a factorial based on Randomized Complete Block design with 4 replications. Experimental factors included: foliar application of zinc (2g. L^{-1}) and iron (3g. L^{-1}) were at four levels (foliar application of iron and zinc and combined application of zinc and iron and pure water (control)) and foliar spraying time was at three levels (tillering, shoot elongation and seed filling). The measurements included, grain yield, zinc and iron concentration of grain, grain protein content and leaf photosynthetic pigments content. Results showed that foliar application had a significant effect on the studied traits except chlorophyll a/b ratio. Foliar spraying time was also significantly different in grain protein content, iron and zinc concentration of grain, chlorophyll a and carotenoid content. Foliar application treatments (zinc, iron and mixed zinc and iron) had a significant increase in the concentration of grain zinc and iron as well as grain protein and grain yield in comparison with the control treatment. In general, foliar application of zinc and iron, respectively caused an increase zinc concentration (39.85%) and iron concentration (89.43%) of grain in compared to control. The highest (11.45%) and lowest (7.87%) grain protein obtained from mixed consumption of zinc and iron and control respectively. The foliar application mixed of zinc and iron caused an increase in grain yield (42.48%) in compared to the control. Interaction of foliar application × foliar application time showed that the highest amount of grain yield was belonged to simultaneous treatment of zinc and iron in the stages of grain filling and shoot elongation with averages of 8625 and 8600 kg/ha, respectively. It could be concluded that zinc and iron fertilizer applications cause an increase in the concentration of nutrients and grain yield of dry wheat in the climatic conditions of the this region.

Keywords: Chlorophyll, Foliar application, Iron, Wheat, Zinc