



"مقاله پژوهشی"

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

زهرا ابراهیمی^۱، عباس بیبانی^۲، رحمت الله محمدی^۳، حسین صبوری^۴ و علی راحمی کاریزکی^۵

- دانشجویی دکتری گروه زراعت، دانشگاه کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس
 - دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی گنبد کاووس، (نویسنده مسؤول: abs346@yahoo.com)
 - محقق بخش تحقیقات طبوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
 - دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس
 - استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس
 تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹
 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 محلول پاشی عناصر روی و آهن بر صفات کیفی و عملکرد دانه گندم دیم آسمان، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ در مرکز تحقیقات کشاورزی گنبد کاووس به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل: محلول پاشی عنصر روی با غلظت دو در هزار و عنصر آهن با غلظت سه در هزار در چهار سطح (محلول پاشی آهن و روی و مصرف تمام روی و آهن و آب خالص (شاهد) و زمان محلول پاشی در سه سطح (پنجده‌هی، ساقه‌دهی و پرسدن دانه) در نظر گرفته شد. در این بررسی صفات عملکرد دانه، غلظت روی و آهن دانه و مقدار پروتئین دانه و میزان رنگیزه‌های فتوستتری برگ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که محلول پاشی اثر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی به استثناء نسبت کلروفیل a/b داشت. همچنین زمان محلول پاشی نیز تفاوت معنی‌داری بر صفات پروتئین دانه، غلظت آهن و روی دانه، میزان کلروفیل a و کاروتوئین داشت. تیمارهای محلول پاشی (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. به طور کلی محلول پاشی روی و آهن به ترتیب سبب افزایش غلظت روی (۳۹/۸۵ درصد) دانه نسبت به شرایط شاهد گردید، و بیشترین و گمترین پروتئین دانه به ترتیب با ۱۱/۴۵ درصد و ۷/۸۷ درصد مربوط به تیمار توام روی و آهن و شاهد بود. محلول پاشی توام روی و آهن منجر به افزایش ۴۲/۴۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شاهد گردید. اثر متقابل تیمارهای محلول پاشی × زمان محلول پاشی نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه با کاربرد تیمار همزمان روی و آهن در مراحل پرشدن دانه و ساقه‌دهی به ترتیب با میانگین‌های ۸۶۲۵ و ۸۶۰۰ 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، محلول پاشی

بهویژه گندم و برنج در آسیا و ذرت و سورگوم در آفریقا می‌باشد. بنابراین کیفیت پایین محصولات کشاورزی، عامل اصلی کمبودهای عناصر ریزمغذی در انسان بهویژه در کشورهای در حال توسعه است (۲۴٪). در بین عناصر ریزمغذی کمبود روی و آهن در بین گیاهان و انسان و دام شایع تر از بقیه است (۱۱٪). کمبود روی به عنوان پنجمین رتبه عامل بیماری و مرگ و میر در کشورهای 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 سیاری 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 در زراعی، به عنوان کاربرد کودهای ریزمغذی به صورت خاکی یا

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٪). سطح زیرکشت، تولید و عملکرد جهانی گندم بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۹ به ترتیب حدود ۲۱۵۰۱۹۵۸ 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 گیاهان زراعی 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٪). در کشورهای در حال توسعه سوءتفذیه ناشی از عناصر غذایی در انسان ناشی از کمبود عناصر ریزمغذی در غذاهای اصلی

درصدی عملکرد و افزایش $32/4$ درصدی مقدار آهن دانه نسبت به شاهد شد.

محلول پاشی آهن در ساخته شدن رنگیزهای فتوستتری 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، فتوستتر 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 محلول پاشی آهن و روی در مراحل مختلف رشدی گندم مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تاثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن بر غلظت عناصر روی و آهن در دانه و تعیین بهترین زمان محلول پاشی بر روی رقم جدید گندم دیم آسمان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 4×4 تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی گنبد (استان گلستان) در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ 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 محلول پاشی عناصر در چهار سطح شامل: عدم مصرف ریزمغذی (محلول پاشی با آب خالص)، محلول پاشی روی (Zn EDTA) و آهن (Fe EDDHA) و کاربرد توان آهن و روی و عامل بعدی زمان محلول پاشی در سه سطح شامل محلول پاشی در مرحله پنجه‌دهی، ساقه‌رفتن و در مرحله پرشدن دانه اجرا گردید. محلول پاشی عنصر روی با غلظت 2 در هزار و عنصر آهن با غلظت 3 در هزار از منابع ذکر شده در هر مرحله رشدی ذکر شده مصرف شد.

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری از عمق $0-30$ 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 نوودار 1 و 2 ارائه گردیده است.

هر کرت شامل 6 خط کاشت به طول چهارمتر و فاصله خطوط کاشت 20 سانتی‌متر بود. کاشت به صورت دستی صورت گرفت. خاک قطمه موردنظر برای انجام کاشت براساس آزمایش خاک صورت گرفته از لحاظ ریزمغذی آهن $2/5$ ppm و روی $0/5$ 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 100 کیلوگرم فسفات به صورت سوپرفسفات‌تریپل قبل از کاشت به خاک اضافه گردید و 200 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

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

عنصر روی در ساخته شدن برخی اسیدهای آمینه، فرایند فتوستتر، در راهاندازی برخی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آتنی اکسیدان 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 محلول پاشی 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 فتوستتری می‌باشد که این امر سبب افزایش تولید ماده خشک و عملکرد می‌گردد (۲۷، ۱۴، ۸). محققان دیگر بر این نکته تأکید دارند که کاربرد روی موجب افزایش عنصر روی در اندام هوایی و دانه و آرد گندم می‌گردد (۳۸، ۲۶). عبدالی و اسفندیاری (۱) گزارش کردند که محلول پاشی 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 فتوستتر، تنفس، بیوسنتز هورمون‌ها و عوامل کاهش‌دهنده در فرآیندهای اصلی مربوط به سوخت و ساز گیاه نقش دارد (۱۶). فرمهای مختلف کلاته Feso₄ و غیرآلی از کودهای حاوی آهن از جمله دارند که برای اصلاح کلروز ناشی از کمبود آهن در گیاهان زراعی کاربرد دارند. مشاهدات یک آزمایش نشان داد که محلول پاشی 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 توان آهن و روی غلظت روی دانه از $27/8$ به $38/8$ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش می‌یابد و بالاترین درصد پروتئین دانه در تیمار توان آهن و روی به میزان $12/4$ درصد گزارش کرد. پژوهشگران بر این باور هستند که به کار بدن آهن و روی به صورت توان زمانی تاثیر خواهد داشت که مقدار آهن به کار رفته بیشتر از مقدار روی باشد. در غیر این صورت 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 محلول پاشی کلات آهن با غلظت 3 در هزار در گندم، تعداد پنجه‌های غیر بارور کاهش یافت. محلول پاشی 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 محلول پاشی آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم ملاحظه کردند که محلول پاشی آهن در مرحله ساقه‌دهی سبب افزایش ۹۹

نتایج و بحث

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس اثرات تیمار محلول پاشی عناصر ریزمندی روی و آهن بر صفات، غلظت روی و آهن و درصد پروتئین در دانه، عملکرد دانه و رنگیزه‌های فتوستتری بجز نسبت کلروفیل a به b در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین اثر زمان محلول پاشی بر روی صفات غلظت روی دانه و درصد پروتئین دانه و کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد و غلظت آهن دانه و کاروتونوئید 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 محلول پاشی تفاوت معنی‌داری ملاحظه نگردید. همچنین اثرات برهمکنش تیمار محلول پاشی × زمان محلول پاشی برای تمام صفات کیفی (غلظت روی، آهن و درصد پروتئین دانه) و صفت عملکرد دانه و کلروفیل a و کلروفیل کل و کاروتونوئید 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 محلول پاشی بر روی رقم گندم مورد مطالعه نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار محلول پاشی توان 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). محلول پاشی همزنمان روی + آهن باعث افزایش ۴۲/۴۸ درصد و همچنین محلول پاشی 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 محلول پاشی روی و آهن در گندم بالاترین عملکرد دانه ملاحظه گردید، مطابقت دارد.

مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای محلول پاشی × زمان محلول پاشی بر عملکرد دانه گندم نشان داد که محلول پاشی توان 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 بهمود ظرفیت مخزن در اثر کاربرد عناصر ریزمندی روی و آهن در مراحل پرشدن دانه کردن و ساقه‌دهی است. که سبب افزایش توان فتوستتری و در نهایت عملکرد دانه شده است (۱). این موضوع با نتایج محققین متعددی در گندم مطابقت داشت (۴۰، ۳۹، ۸). نتایج یک برسی دیگر نشان داد که محلول پاشی 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، محلول پاشی توان آهن و روی با غلظات ۳ در هزار موجب افزایش رنگیزه‌های فتوستتری و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه گندم در زمان دانه‌بندی گردید (۴۴). در حالی که نتایج آزمایشی که

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

کاشت به صورت دیم در سه مرحله شامل پنجده‌دهی، 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 کاروتونوئید برگ بود.

اندازه‌گیری مقدار رنگدانه‌های فتوستتری

یک هفته پس از اعمال کلیه تیمارها کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتونوئید به روش آرنون اندازه‌گیری گردید. مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم وزن تر 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 میلی‌لیتر منتقل شد و حجم آن توسط استون ۸۰ درصد به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. مقدار جذب محلول‌ها با دستگاه اسپکتروفوتومتر 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 ۵۵ 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 اندازه‌گیری شد.

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

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

$$\text{فرمول زیر اندازه‌گیری شد (۱۶).} \\ \frac{6/25}{\text{میزان نیتروژن}} = \text{درصد پروتئین}$$

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.

روی (تا ۸۳ درصد) گندم به میزان قابل توجهی نسبت به محلول پاشی بیشترین واکنش را نشان داد (۳۱). همچنین در یک آزمایشی دیگر، محلول پاشی روی و آهن منحر افزایش غلظت روی در دانه گندم شد (۲۱، ۲۰). به علاوه سلیسپور (۴۳) بیان کرد که با مصرف توان آهن و روی غلظت روی دانه از ۲۷/۸ به ۳۸/۸ میلی گرم در کیلوگرم افزایش یافت، که نتایج این محققین با نتایج حاضر مطابقت دارد. محققان بیان می کنند ارتباط متقابل آوند چوب و آوند آبکش می تواند در انتقال عنصر روی جذب شده به دانه های در حال رسیدگی موثر باشد. در این حال تبادل یون ها میان آوند چوب و آبکش در گل آذین می تواند سبب افزایش عنصر روی جذب شده در دانه ها شود (۳۳).

غلظت آهن در دانه

مقایسه میانگین تیمارهای محلول پاشی نشان داد که میزان آهن دانه از ۷۹/۴۶ پی بی ام در تیمار شاهد به ۱۵۰/۵۲ پی بی ام در تیمار محلول پاشی آهن افزایش یافت (جدول ۳) که تیمار شاهد نسبت به تیمار محلول پاشی آهن ۸۹/۴۳ درصد کاهش نشان داد. همچنین از لحاظ مقایسه میانگین زمان محلول پاشی از نظر محتوی آهن در دانه بالاترین مقادیر با میانگین ۱۳۷/۳۶ پی بی ام در مرحله ساقدهی ملاحظه گردید (جدول ۴). با توجه به نقش عنصر آهن در تشکیل کلروفیل و فرآیندهای فتوسترنی، نتایج این آزمایش در تیمار محلول پاشی عناصر آهن × زمان محلول پاشی نشان داد که از بین تیمارهای محلول پاشی، محلول پاشی آهن در مرحله فنولوژیکی ساقدهی با میانگین ۱۶۹/۶۹ پی بی ام رتبه اول و تیمار توان روی + آهن در مرحله پر شدن دانه (رسیدگی در مرحله شیری) با میانگین ۱۶۴/۶۹ پی بی ام در رتبه دوم قرار گرفتند (جدول ۵). در طی آزمایش مشابهی اثر زمان محلول پاشی آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم این نتایج مشاهده شد که محلول پاشی آهن در مرحله ساقدهی سبب افزایش ۹۹ درصدی عملکرد و افزایش ۳۲/۴ درصدی مقدار آهن دانه نسبت به شاهد گردیده است (۳۷). به علاوه در تحقیق دیگری، محلول پاشی آهن و روی سبب افزایش غلظت آهن در دانه در مرحله ساقدهی و رسیدگی در مرحله شیری گردید (۲). در مطالعه ای 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 ریزمندی 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 تعذیبه انسان می گردد (۴۵).

درصد پروتئین

از نظر آماری بین تیمارهای محلول پاشی و شاهد اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. مقایسه میانگین درصد پروتئین نشان داد که در صورت محلول پاشی

توسط مرادی تلاوت و همکاران (۳۳) انجام شد، محلول پاشی روی در گلنگ تفاوت معنی داری بین مراحل مختلف فنولوژیکی (زمان های ساقدهی - گلدهی - پر شدن دانه) از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد. عملکرد دانه صفت کمی پیچیده ای است که تا حد زیادی تحت تاثیر حاصلخیزی خاک، نور، دما و شرایط تعذیبه ای و بسیاری از عوامل محیطی قرار می گیرد (۳۰). بنابراین با توجه به نتایج بالا، میانگین عملکرد کرت های محلول پاشی روی و آهن نشان می دهد که مصرف توان آهن و روی قابلیت دسترسی مواد غذایی را برای گیاه و رشد مناسب و افزایش عملکرد دانه را فراهم می کند که تاکیدی بر تعذیبه متعادل گیاه در مراحل ساقدهی و پرشدن دانه است.

عناصر ریزمندی

غلظت روی در دانه

با توجه به جدول مقایسه میانگین ۳، بین تیمارهای محلول پاشی عناصر مورد بررسی از نظر میزان غلظت روی در دانه، تیمار محلول پاشی روی با میانگین ۲۶/۲۵ پی بی ام بالاترین غلظت دانه را به خود اختصاص داد، که نسبت به شرایط شاهد (آب خالص) ۳۹/۸۵ درصد افزایش نشان داد. همچنین بهترین زمان محلول پاشی از نظر غلظت روی در دانه مرحله فنولوژیکی پر شدن دانه با میانگین ۲۳/۸۵ پی بی ام تشخیص داده شد (جدول ۴) که ناشی از تامین روی مورد نیاز دانه در مرحله پر کردن دانه می باشد که با گزارش عبدالی و اسفندیاری (۱) که افزایش محتوای روی دانه با محلول پاشی روی در زمان پر کردن دانه شد مطابقت دارد. محققین دیگری بیان کردند که محلول پاشی روی باعث بهبود عملکرد دانه و غلظت روی دانه و آرد گندم می شود (۳۸، ۳۶، ۲۶). در یک آزمایش مزرعه ای نیز محلول پاشی عناصر ریزمندی 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 برهم کنش تیمارهای محلول پاشی × زمان محلول پاشی 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 ۲۵/۰۱ و ۳۱/۰۴ پی بی ام ملاحظه گردید. به نظر می رسد که محلول پاشی روی در هر دو مرحله رشد گیاهی قابلیت این را دارد که محتوای عنصر روی در دانه را افزایش دهد. این موضوع را می توان به ارتباطات بین آوند چوب و آبکش در گل آذین گیاه و تبادل مناسب عناصر بین آن ها مربوط دانست که قبلاً در آزمایش روی گندم توسط ژیانک و همکاران (۲۲) نیز گزارش شده است. هرچند بررسی تفاوت محلول پاشی روی در مراحل مختلف رشد به آزمایش های 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 محلول پاشی عنصر روی، نتایج نشان داد که کاربرد روی در خاک در شرایط مزرعه ای داشت، کمی بر روی غلظت روی در دانه در شرایط مزرعه ای داشت، اما محلول پاشی روی در بهبود غلظت روی دانه بسیار موثر است، در میان غلات مورد مطالعه با توجه به افزایش غلظت

محلول‌پاشی نشان داد که مصرف توان روی و آهن در مرحله ساقه‌دهی با متوسط $۸۹۲\text{--}۹۰$ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ بیشترین مقدار غلظت کلروفیل a را نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی برخوردار بود (جدول ۵) و کمترین مقدار با متوسط $۵۱۶\text{--}۵۰$ 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 (تش) و کمبود ریزمعذی‌های خاک است. زیرا محتوی کلروفیل یکی از مهم‌ترین عواملی است که ظرفیت فتوسنتز را تحت تاثیر قرار می‌دهد و کاهش و یا بدون تغییر ماندن محتوای کلروفیل گیاه تحت شرایط تنفس خشکی و کمبود عناصر غذایی در گونه‌های مختلف گیاهی مشاهده می‌شود (۱۴،۱۶). در شرایطی که کمبود آهن و روی در خاک کمتر از حد بهینه باشد، مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد. بنابراین بهمود شرایط تعذیب 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 به طور 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 توان 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 $۹۷۸\text{--}۹۰$ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ ملاحظه گردید، نتایج آزمایش با نتایج آزمایش غفاری و رزمجو (۱۶) 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، متabolیسم نیتروژن، سیستم آنزیمی و ساختار کلروپلاست بسیار مهم است، مرتبط دانست. چنین به نظر 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.

کارو-تئید

مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد که مقدار کارو-تئید برگ افزایش یافت و بیشترین مقدار مربوط به تیمار توان روی و آهن بود. تیمارهای محلول پاشی با تیمار شاهد (آب خالص) تفاوت معنی‌داری داشتند. به طوری که مصرف توان روی+آهن در مقایسه با تیمار شاهد ۱۲ درصد افزایش نشان داد. بیشترین مقدار در مرحله فنولوژیکی ساقه‌دهی با میانگین $۴۷۹\text{--}۴۰$ 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 توان روی و آهن در مرحله ساقه‌دهی موجب افزایش میانگین صفات کلروفیل a و کلروفیل b و کارو-تئید

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 فعلیت‌های پروتئین‌های حمل کننده ترکیبات نیتروژن دار 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 \times زمان محلول‌پاشی نشان داد که بالاترین درصد پروتئین مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن و تیمار توان 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 به واسطه مصرف عناصر ریزمعذی 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 (۵،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 می‌یابد 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 توان آهن و روی به میزان $۱۲/۴$ درصد گزارش کرد. که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. با توجه به نتایج بالا محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌دهی نشان داد که در این زمان مصرف عناصر غذایی بالاست و به خاطر 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 توان آهن و روی و شاهد (آب خالص) بود (جدول ۳). بنابراین این افزایش باعث مقاومت گندم در شرایط دیم می‌شود. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف فنولوژیکی نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a, b در زمان ساقدهی ملاحظه گردید (جدول ۴). با توجه به این که 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 عمدتی 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 \times زمان

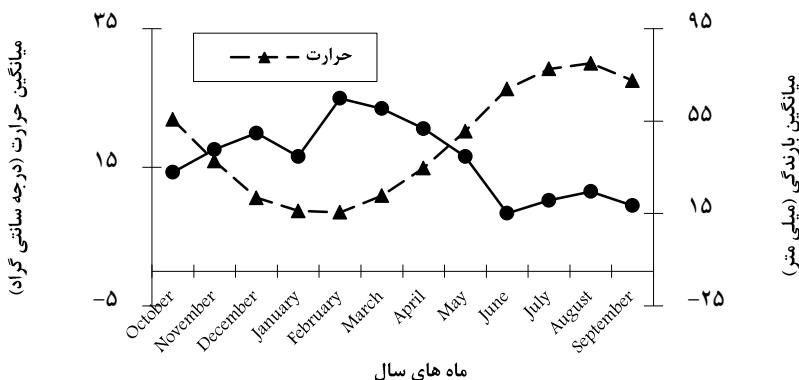
آهن سبب افزایش رنگیزه‌های فتوستتری و افزایش فتوستتر شد و همین امر موجب افزایش عملکرد دانه شد. بر اساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که با استفاده از محلول پاشی روی و آهن می‌توان عملکرد کمی و کیفی گندم تولیدی را در خاک‌هایی که با کمبود عناصر روی و آهن مواجه هستند را بهبود بخشد. به علاوه این روش بهزاری می‌تواند به عنوان راهکار کوتاه‌مدت برای کاهش مشکلات تقدیه‌ای ناشی از کمبود روی و آهن و بهبود شاخص‌های امنیت غذایی مورد کاربرد قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

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

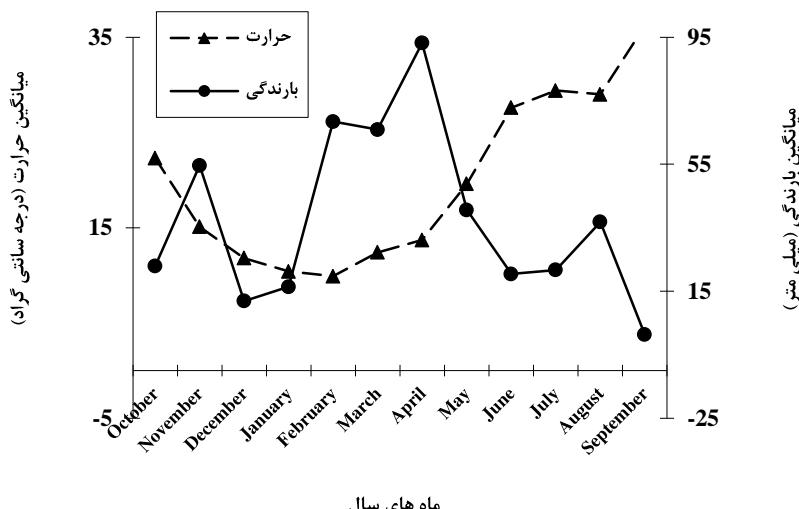
در ارقام گندم و کریم نسبت به شرایط شاهد شد، که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. کمبود مقدار عناصر ریزمندی در گیاه در شرایط شاهد سبب کاهش سنتز کلروپلاست درنتیجه باعث کاهش محسوس کاروتونوئید شد چرا که این رنگدانه در غشاء کلروپلاست جای دارند. بنابراین وجود عناصر ریزمندی بهخصوص آهن برای سنتز کلروپلاست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

صرف توام روی و آهن در مرحله فنولوژیکی ساقه‌دهی بیشترین تاثیر را روی مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل و کاروتونوئید برگ داشت. به طور کلی کمترین اثر از لحظه زمان محلول پاشی بر روی صفات مورد مطالعه در مرحله فنولوژیکی پنجه‌دهی ملاحظه شد. مصرف همزمان روی و



شکل ۱- آمار هواشناسی آمبروترمیک بلندمدت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گندم کاووس (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 گندم کاووس (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 نومی	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	متابع تغیرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square										کاروتینید Carotenoid
			پروتئین دانه Grain protein	آهن دانه Grain Fe	روی دانه Grain Zn	عملکرد دانه Grain yield	a کلروفیل Chlorophyll a	b کلروفیل Chlorophyll b	کلروفیل کل Chlorophyll total	a/b نسبت کلروفیل Chlorophyll a/b			
تکرار Replication		۳	۲/۰۶ ^{ns}	۱۰۶/۳۹*	۲/۸۴ ^{ns}	۷۶/۷۴ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۱۷ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۲۹ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}		
محلول پاشی Foliar application		۳	۳۱/۴۲**	۱۲۹/۱۱۶**	۱۲۴/۷۳**	۱۳۱۴/۱۹***	۰/۰۱۳**	۰/۰۱۱**	۰/۰۱۸***	۰/۰۴۰ ^{ns}	۰/۰۳۶***		
زمان محلول پاشی Time Foliar application		۲	۲۳/۳۹**	۲۴۷۳/۵*	۳۷/۳۱**	۳۶/۰۸ ^{ns}	۰/۰۳۹**	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۵۴ ^{ns}	۰/۱۷۹ ^{ns}	۰/۰۲۱*		
محلول پاشی × زمان Foliar application×Time		۱۱	۱۳/۶۹**	۴۲۰۲/۳۱**	۴۸/۷۰**	۳۹۵/۰۶۶**	۰/۰۴۸**	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۸۲***	۰/۱۵۷ ^{ns}	۰/۰۱۸***		
خطا Error		۳۳	۲/۸۴	۳۹۷/۱۶	۴/۰۶	۷۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۶۷	۰/۰۰۵		
ضریب تغیرات (%) CV		۱۶/۴۳	۱۵/۷۹	۹/۰۷	۱۲/۲۹	۱۶/۳۲	۱۸/۶	۱۸/۴۵	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 می‌باشد.

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)	ا کلروفیل a Chlorophylla (mg.g FW ⁻¹)	b کلروفیل b Chlorophyllb (mg.g FW ⁻¹)	کلروفیل کل Chlorophyll total (mg.g FW ⁻¹)	a/b Chlorophylla/b	نسبت Carotenoid (mg.g FW ⁻¹)	
Control Zn foliar application Fe foliar application Zn+ Fe foliar application	شاهد محلول پاشی روی محلول پاشی آهن محلول پاشی روی + آهن	۷/۸۷ ^b ۱۰/۷۱ ^a ۱۰/۹۲ ^a ۱۱/۴۵ ^a	۷۹/۴۶ ^c ۱۲۷/۲۳ ^b ۱۵/۰۵ ^a ۱۴۷/۳۲ ^a	۱۸/۷۷ ^d ۲۶/۲۵ ^a ۲۰/۷۵ ^c ۲۳/۱۴ ^b	۵۸-۸ ^c ۶۴۷۵ ^{bc} ۷-۰ ^b ۸۲۷۵ ^a	.۵۴۶ ^c .۶۹۳ ^{ab} .۶۸ ^b .۷۷۰ ^a	.۱۹۳ ^b .۲۴۸ ^a .۱۴۳ ^a .۲۶۳ ^a	.۷۳۷ ^b .۹۵۳ ^a .۲۲۳ ^a .۱۰۳ ^a	۲/۸۴۳ ^a ۲/۸۰۷ ^a ۲/۹۱۱ ^a ۲/۹۳۱ ^a	.۰۳۶ ^b .۰۴۶ ^a .۰۴۴ ^a .۰۴۸ ^a

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح پنج درصد آزمون LSD نفاوت معنی داری نشان نمی دهند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات زمان های مختلف محلول پاشی 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)	a کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g FW ⁻¹)	b کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g FW ⁻¹)	کلروفیل کل Chlorophyll total (mg.g FW ⁻¹)	a/b Chlorophyll a/b	نسبت Carotenoid (mg.g FW ⁻¹)
Tilling پنجه زنی	۱۰/۰۹ ^b	۱۱۲/۷۷ ^b	۲۱/۲۰ ^b	۶۷۵۶ ^a	.۶۴۷ ^b	.۲۲۳ ^a	.۲۸۱ ^{ab}	۲/۷۸۴ ^a	.۰۴۲ ^b
Shoot elongation ساقه دهی	۱۱/۵۳ ^a	۱۲۸/۳ ^a	۲۱/۵۲ ^b	۶۸۹۷ ^a	.۷۷۹ ^a	.۲۴۹ ^a	.۹۷۸ ^a	۲/۹۹۰ ^a	.۰۴۷۹ ^a
seed filing پر شدن دانه	۹/۱۳ ^b	۱۳۷/۳۶ ^a	۲۳/۸۵ ^a	۷۰۵۶ ^a	.۶۴۱ ^b	.۲۲۷ ^a	.۸۷۵ ^b	۲/۸۴۵ ^a	.۰۴۱۱ ^b

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح پنج درصد آزمون LSD نفاوت معنی داری نشان نمی دهند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی روی و آهن در زمان محلول پاشی 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	زمان محلول پاشی زمان محلول پاشی	پروتئین دانه Grain pro (%)	آهن دانه Grain Fe (PPM)	روی دانه Grain Zn (PPM)	عملکرد دانه Grain yield (Kg ha ⁻¹)	a کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g FW ⁻¹)	b کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g FW ⁻¹)	کلروفیل کل Chlorophyll total (mg.g FW ⁻¹)	a/b Chlorophyll a/b	نسبت Carotenoid (mg.g FW ⁻¹)
محلول پاشی روی و آهن آهن	شاهد Tilling Shoot elongation seed filing Tilling Shoot elongation seed filing Tilling Shoot elongation seed filing Tilling Shoot elongation seed filing Tilling Shoot elongation seed filing Tilling Shoot elongation seed filing	۷/۴۱ ^{eI} ۸/۲۳ ^{er} ۶/۱۶ ^f ۹/۹۶ ^{cde} ۱۲/۱۰ ^{abc} ۱۰/۱۰ ^{cde} ۱۰/۴۱ ^{cde} ۱۲/۸۹ ^a ۹/۶۴ ^{de} ۱۱/۰۵ ^{abcd} ۱۷/۷۴ ^{cd} ۲۰/۲۸ ^{er} ۱۶/۶۹ ^{de} ۱۲۳/۶ ^d ۱۷/۴۳ ^{cd} ۱۷/۴۴ ^{cd} ۱۶/۶۹ ^a ۱۵/۴۳ ^{abc} ۱۶/۵۹ ^{de} ۱۷/۷۳ ^{ad} ۱۴۰/۰۹ ^{cd} ۱۷/۷۲ ^{ad} ۱۰/۰۴ ^{cde}	۷۰/۴۷ ^I ۷۹/۵۳ ^I ۸/۳۸ ^{er} ۱۸/۱۰ ^I ۲۲/۵۸ ^{bcde} ۲۴/۱۰ ^{bc} ۶۳۷۵ ^{bcde} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۸۷۸ ^{abcd} ۷۱۸ ^{bc} ۷۱۸ ^{bc} ۶۳۷۵ ^{bcde} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۸۷۸ ^{abcd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd}	۱۸/۹۹ ^I ۵۸۰ ^{ed} ۵۸۵ ^e ۶۷۵۶ ^a ۲۲۳/۵۸ ^{bcde} ۲۴/۱۰ ^{bc} ۶۳۷۵ ^{bcde} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۸۷۸ ^{abcd} ۷۱۸ ^{bc} ۷۱۸ ^{bc} ۶۳۷۵ ^{bcde} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۸۷۸ ^{abcd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd} ۶۱۷۵ ^{cd}	.۵۱۶ ^e .۷۷۳ ^{de} .۲۴۰ ^{bcde} .۰۷۷۳ ^d .۰۵۱ ^e .۰۱۷ ^d .۰۲۴ ^{bc} .۰۷۱۸ ^{bcde} .۰۶۰ ^{bcde} .۰۳۳ ^{bc} .۰۲۶۴ ^{abc} .۰۹۹۰ ^{bc} .۰۷۸۵ ^{ab} .۰۹۹۰ ^{bcde} .۰۸۸۹ ^{ab} .۰۹۹۰ ^{bc} .۰۷۸۵ ^{ab} .۰۹۹۰ ^{bc} .۰۷۸۵ ^{ab} .۰۹۹۰ ^{bc} .۰۷۸۵ ^{ab} .۰۹۹۰ ^{bc} .۰۷۸۵ ^{ab}	.۱۹۶ ^{cd} .۰۷۷۳ ^d .۰۲۰ ^{bcde} .۰۰۷۷۳ ^e .۰۰۵۱ ^d .۰۰۱۷ ^e .۰۰۷۱۸ ^{bc} .۰۰۷۱۸ ^{bc} .۰۰۶۰ ^{bcde} .۰۰۳۳ ^{bc} .۰۰۳۳ ^{bc} .۰۰۲۶۴ ^{abc} .۰۰۹۹۰ ^{bc} .۰۰۷۸۵ ^{ab} .۰۰۹۹۰ ^{bcde} .۰۰۸۸۹ ^{ab} .۰۰۹۹۰ ^{bc} .۰۰۷۸۵ ^{ab} .۰۰۹۹۰ ^{bc} .۰۰۷۸۵ ^{ab} .۰۰۹۹۰ ^{bc} .۰۰۷۸۵ ^{ab}	۲/۹۲ ^{ab} ۲/۸۰ ^b ۲/۸۱ ^{ab} ۲/۸۴ ^d ۲/۹۴ ^b ۲/۹۰ ^a ۲/۸۴ ^{ab} ۲/۸۴ ^{ab}	.۰۳۶ ^{cd} .۰۴۱ ^{bcde} .۰۴۲ ^{ab} .۰۴۵ ^b .۰۴۵ ^{bc} .۰۴۶ ^a .۰۴۷۹ ^a .۰۴۸ ^{ab} .۰۴۸ ^{ab}		
Zn+ Fe foliar application										

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح پنج درصد آزمون LSD نفاوت 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 isolated 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. Homaei. 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. Aberra 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 content, 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 rainfed 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, I. 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 Ebrahimi¹, Abbas Biabani², Rahmatollah Mohammadi³, Hossein Sabouri⁴ and Ali Rahemi Karizki⁵

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 \times 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