دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

پاسخ خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی رقم گندم آسمان به محلول‌پاشی روی و آهن در شرایط دیم

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، (نویسنده مسوول: agri.ebrahimi@ gmail.Com)
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس
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: ۱۴۰۰/۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۹
صفحه: ۵۳ تا ۶۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: با توجه به کمبود عناصر ریزمغذی و نیاز مبرم به غنی‌سازی در گیاهان مهم و راهبردی در تغذیه جامعه انسانی همچون گندم، ضرورت ایجاب می‌کند تا هر گونه راهکاری برای بهینه کردن کیفیت و تولید این محصول مورد ارزیابی قرار گیرد. همین امر سبب روی آوری پژوهشگران به بررسی تاثیر محلول‌پاشی عناصر روی و آهن در مراحل مختلف رشدی جهت ارزیابی عملکرد دانه و صفات کیفی گندم شده است.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی عناصر روی و آهن بر صفات غلظت روی، آهن، درصد نیتروژن در برگ پرچم، شاخص کلروفیل، دمای کانوپی، پایداری غشای سیتوپلاسمی، درصد نیتروژن دانه، عملکرد پروتئین دانه و عملکرد دانه گندم دیم آسمان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گنبدکاوس در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل محلول‌پاشی در چهارسطح (محلول‌پاشی عنصر روی، محلول‌پاشی آهن، مصرف همزمان روی و آهن و محلول‌پاشی آب خالص به عنوان شاهد) و فاکتور دوم در سه سطح زمان محلول‌پاشی (پنجه‌دهی، ساقه‌دهی و پرشدن دانه) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محلول‌پاشی با آهن، روی و مصرف همزمان آهن و روی اثر معنی‌داری روی صفات مورد بررسی داشت. همچنین محلول‌پاشی در مراحل مختلف رشد اثر معنی داری بر صفات مورد ارزیابی به جز شاخص کلروفیل و عملکرد دانه داشت. اثر متقابل محلول‌پاشی در زمان محلول‌پاشی نیز نشان داد، حداکثر مقدار روی در برگ پرچم مربوط به محلول پاشی روی (در زمان پرشدن دانه) و بالاترین میزان آهن در برگ پرچم نیز مربوط به محلول‌پاشی توام روی و آهن (در مرحله پرشدن دانه) و محلول پاشی آهن (در مرحله ساقه‌دهی) به‌دست آمد. بیشترین درصد نیتروژن دانه در تیمار محلول‌پاشی آهن (۲/۰۶ درصد) و محلول‌پاشی توام روی و آهن (۲/۰۴ درصد) در زمان محلول‌پاشی ساقه‌دهی بدست آمد. که از لحاظ آماری دریک گروه قرار داشتند. به علاوه عملکرد پروتئین دانه در شرایط محلول‌پاشی همزمان روی و آهن در زمان ساقه دهی نسبت به سایر تیمارها دارای بالاترین مقدار بود. در نهایت بیشترین عملکرد دانه نیز با مصرف همزمان آهن و روی در زمان پرشدن دانه و ساقه‌دهی بدست آمد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی روی و آهن، باعث بهبود صفات کیفی گندم شد و عملکرد دانه گندم را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. همچنین محلول‌پاشی عناصر آهن و روی به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر سبب افزایش عملکرد دانه و صفات کیفی گندم دیم در شرایط اقلیمی منطقه گردید.

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

مقدمه

نقش غلات در تغذیه انسان، بسیار مهم و با اهمیت است. در این میان گندم (*Triticum aestivum* L.) با بیشترین سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول غذایی دنیا بوده و ارقام بسیاری از آن در سراسر جهان کشت می‌شود (۴۹، ۳۱). سطح زیرکشت جهانی گندم بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۹ حدود ۲۱۶ میلیون هکتار و تولید آن حدود ۷۶۶ میلیون تن گزارش شده است (۱۳). همچنین سطح زیر کشت گندم در ایران بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۹۸-۱۳۹۷، درحدود ۵/۸۶ میلیون هکتار بود که ۶۷ درصد آن دیم و ۳۳ درصد آن آبی بوده و میزان گندم تولیدی ۱۳/۷میلیون تن برآورد شده است (۴).

ریزمغذی‌ها، عناصرمعدنی مورد نیاز برای گیاه و توسعه جوامع انسانی است. با توجه به اینکه، عناصر کم مصرف به مقدار ناچیز در خاک، محصول و موادغذایی وجود دارد. کاربرد عناصر ریزمغذی، برای بالا بردن بهره‌وری محصول گندم به ویژه زمانی که استفاده از کودهای معمولی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) موثر نیست بسیار مناسب است (۱۱). با توجه به اینکه استفاده‌ی مکرر از ارقام زراعی پرمحصول و با کیفیت پائین، سوء تغذیه موادغذایی را برای بیش از دو میلیارد نفر در سراسر جهان به دنبال داشته است (۱۷). در بین عناصر ریزمغذی کمبود روی و آهن در بین گیاهان و انسان و دام شایع‌تر از بقیه است (۸،۹). کمبود عناصر ریزمغذی مانند روی و آهن که غالبا" ناشی از عدم کاربرد کودهای ریزمغذی در کشاورزی می‌باشد، موجب بروز مشکلات زیادی در انسان از جمله نقص سیستم ایمنی، کم خونی، اختلالات فیزیکی و رشد روانی و توسعه سرطان شده‌اند (۲۵). کمبود روی به عنوان پنجمین رتبه عامل بیماری و مرگ و میر درکشورهای در حال توسعه می‌باشد (۲۸). بنابراین نیاز ضروری به غنی‌سازی گیاه گندم ایجاب می‌کند تا راهکاری برای بهینه کردن کیفیت و تولید محصول گندم مورد بررسی قرار گیرد و از طرف دیگر یکی از روش‌های تامین سریع عناصر غذایی و رسیدن به یک جامعه سالم و تندرست، محلول‌پاشی عناصر کم مصرف می‌باشد. کارایی کم جذب عناصر در خاک، سبب گردیده که محلول پاشی روشی کارآمد در اصلاح اختلالات تغذیه‌ای گیاهان محسوب شود (۷،۳۹). امروزه علاوه بر عناصر پرمصرف، استفاده از عناصر کم مصرف امری مهم جهت دستیابی به حداکثر عملکرد در واحد سطح مورد توجه است (۳۵).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

عنصر روی یکی از عناصر ریزمغذی ضروری است که در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان مانند سنتز پروتئین‌ها، تولید هورمون اکسین، سنتز کلروفیل و پایداری غشای سلولی نقش اساسی دارد. این عنصر در بخشی از ساختار آنزیم‌ها به کار رفته است و یا به عنوان عامل‌های تعدیل کننده در تعدادی از آنزیم‌ها عمل می‌کند (۲۳،۳۱)، آهن نیز از عناصر کم مصرف و مهم برای گیاهان به حساب می‌آید. این عنصر در تثبیت ازت و فعالیت برخی آنزیم‌ها نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم نقش موثری دارد و کمبود آهن منجر به کاهش غلظت کلروفیل و کاهش فتوسنتز و باعث تغییر غلظت و محتوی آهن و سایر عناصر ریزمغذی در بافت‌های گیاهی می‌شود که این صفات رابطه نزدیکی با عملکرد پروتئین و عملکرد گیاهان زراعی دارند (۳۹،۴۰).

گندم‌های رشد یافته در خاک‌های فقیر از لحاظ عناصر روی و آهن، عملکرد دانه کمی تولید کرده و محتوی روی و آهن اندکی دارند (۳۷). کمبود روی سبب کاهش در فتوسنتز و حساس شدن گیاه نسبت به تنش‌های محیطی مانند گرما و خشکی می‌شود (۲۴). پژوهشگران با مطالعه اثر تنش خشکی و گرما بر روی گندم بیان کردند که این تنش‌ها سبب کاهش عملکرد دانه در رقم‌های مختلف گندم شد و محلول‌پاشی عناصر روی و آهن می‌تواند نقش بسزایی در بهبود وضعیت گیاه و ذخیره روی و آهن در گیاه داشته باشد (۲۰،۲۲). غشای سلول‌های گیاهی از پروتئین‌ها و لیپیدها تشکیل شده‌اند و شرایط تنش زا (خشکی، دمای بالا، کمبود مواد ریزمغذی و...) بیش از اندازه باعث تخریب ساختار پروتئین‌ها وخروج از حالت طبیعی آن‌ها می‌شود. در نتیجه غشای سلول دچار آسیب شدید در کنترل ورود و خروج الکترولیت‌ها خواهد شد (۳۲). در طی یک تحقیق گزارش شد که تیمارهای محلول‌پاشی با ریزمغذی آهن و روی در گیاه گندم منجر به کاهش میزان نشت الکترولیت نسبت به تیمار شاهد شد (۴۰). نتایج پژوهش غفاری و رزمجو (۱۷) نشان دادند که محلول‌پاشی روی و آهن سبب افزایش درصد نیتروژن و محتوی کلروفیل و افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و افزایش عملکرد در گندم می‌گردد. عملکرد دانه گندم در شرایط محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی نشان داد که در صورت استفاده از عناصر ریزمغذی روی و آهن، عملکرد دانه گندم نسبت به شاهد افزایش می‌یابد (۵۰). در طی بررسی دیگر محلول‌پاشی همزمان روی و آهن در گیاه گندم بیشترین عملکرد دانه بدست آمد (۳۴). محققان بر این نکته تاکید دارند که کاربرد روی و آهن موجب افزایش این عناصر در اندام‌هوایی و دانه و آرد گندم می‌گردد (۲۹). گزارش‌ها نشان دهنده اثر آهن به تنهایی یا همراه با دیگر عناصر ریزمغذی در محتوی کلروفیلی، فتوسنتز و فاکتورهای عملکرد در گیاه گندم می‌باشند (۴۰،۳۹،۵). پژوهشگران بر این باور هستند که به‌کار بردن آهن و روی به صورت توام زمانی تاثیر خواهد داشت که مقدار آهن بکار رفته بیشتر از مقدار روی باشد. در غیر این صورت عنصر روی مانع از جذب آهن شده و در نتیجه اثر منفی بر صفت مورد نظر خواهد داشت (۴۲). با توجه به اهمیت گندم و زراعت دیم آن و به دلیل کمبود مقدار آهن و روی در بیشتر خاک‌های کشور و کمبود این عناصر در گیاه گندم، بهبود هر دو بعد صفات کیفی و کمی امنیت غذایی و کاهش اثرات منفی سوء تغذیه، امری ضروری در بهبود سلامت غذایی جمعیت ایران و دیگر کشورهاست. این پژوهش به منظور مطالعه اثرمحلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد دانه و صفات کیفی در مراحل مختلف رشدی گندم دیم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی عناصر روی، آهن و روی+آهن بر رقم جدید گندم دیم آسمان در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاوس (استان گلستان) که در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و در عرض جغرافیایی۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی قرار دارد اجرا شد. ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر، و بر اساس آمار هواشناسی میزان مجموع بارندگی یا میزان نزولات منطقه در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به طور میانگین ۳۷۶ میلی‌متر بود (شکل ۱). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید.

زمین مورد نظر در پاییز بعد از مساعد شدن هوا به وسیله گاوآهن شخم زده شد و در رطوبت مناسب خاک با دو دیسک عمود بر هم، بستر بذر آماده گردید. نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش تهیه گردید (جدول ۱). خاک قطعه مورد نظر برای انجام کاشت از لحاظ ریزمغذی آهن ۲/۵ ppm و روی ۰/۵ ppm در حد بحرانی قرار داشت. هر کرت شامل ۶ خط کاشت به طول چهارمتر و فاصله خطوط کاشت۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت به‌صورت دستی صورت گرفت. خاک مزرعه مورد نظر بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کارشناسان بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی، ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات به‌صورت سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰کیلوگرم کود پتاس به صورت سولفات پتاسیم قبل از کشت به خاک اضافه شد. 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 در ۲۰ آذرماه سال ۱۳۹۸ انجام گردید. در این تحقیق تیمارهای آزمایشی عبارتند از: محلول‌پاشی عناصر در چهار سطح شامل: محلول‌پاشی با آب خالص، محلول‌پاشی روی (به فرم Zn EDTA) و آهن (به فرم Fe EDDHA) و کاربرد توام آهن و روی و تیمار بعدی زمان‌های محلول‌پاشی در سه سطح شامل محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌دهی، ساقه‌دهی و در مرحله پرشدن دانه اجرا گردید. غلظت عنصر روی جهت محلول‌پاشی دو در هزار و عنصر آهن سه در هزار از منابع ذکر شده بودند در هر مرحله فنولوژیکی ذکر شده مصرف شد.

محلول‌پاشی تیمارهای مورد نظر با سم‌پاش دستی و جهت جلوگیری از سوختگی برگ‌ها، صبح زود انجام شد. صفات

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

اندازه‌گیری شده شامل غلظت روی و آهن و درصد نیتروژن برگ، شاخص سبزینگی، دمای کانوپی، نشت الکترولیتی، درصد نیتروژن دانه، عملکرد پروتئین دانه و عملکرد دانه بود.

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ: یک هفته پس از اعمال کلیه تیمارها شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی به روش غیر تخریبی اندازه‌گیری شد.

غلظت روی و آهن و درصد نیتروژن برگ: جهت اندازه‌گیری غلظت روی و آهن اندام‌هوایی در مرحله رسیدگی (مرحله خمیری)، نمونه‌های از برگ پرچم از هر کرت برداشت و خشک و آسیاب شدند و مقدار یک گرم از برگ‌های 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 موجود به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۳۱،۳۰). همچنین درصد ازت کل برگ (برگ پرچم) نیز از روش کجلدال بدست آمد (۲۱).

درصد نیتروژن دانه و عملکرد پروتئین دانه: برای اندازه‌گیری درصد نیتروژن دانه از روش کجلدال استفاده شد و نیتروژن دانه برای هر نمونه اندازه‌گیری شد و سپس به روش تیتراسیون، درصد نیتروژن نمونه مورد نظر حساب شد (۲۱).

$$\text{درصد نیتروژن} = \frac{\text{عدد حاصل از تیتراسیون} \times ۰/۰۰۱۴}{\text{وزن نمونه (گرم)}} \times ۱۰۰$$

بعد از بدست آوردن مقدار نیتروژن درصد پروتئین با استفاده از فرمول زیر حساب گردید.

درصد پروتئین= میزان نیتروژن × ۶/۲۵

عملکرد پروتئین: عملکرد پروتئین با استفاده از معادله زیر اندازه گیری شد.

عملکرد دانه × عملکرد پروتئین دانه = درصد پروتئین

دمای کانوپی: دمای کانوپی، در زمان پر شدن دانه در مرحله خمیری از دو ردیف دو متری به وسیله دماسنج مادون قرمز[1] اندازه‌گیری صورت گرفت (۴۳).

اندازه‌گیری نشت الکترولیت: از هر کرت، نمونه‌های از برگ برداشت شده و ۲۰ عدد دیسک دایره‌ای با پانچ از برگ‌ها تهیه شد. سپس به درون شیشه‌های درپوش‌دار انتقال داده شد و ۱۰ سی‌سی آب مقطر به آن‌ها اضافه گردید و به مدت ۲۴ ساعت شیشه‌ها در تاریکی قرار داده شد. با استفاده از دستگاه هدایت الکتریکی، پایداری غشای سیتوپلاسمی اندازه‌گیری شد. پس از آن به مدت ۱۵ دقیقه، در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد پس از سرد شدن، میزان پایداری غشای سیتوپلاسمی (هدایت الکتریکی) آن‌ها دوباره اندازه‌گیری شد و نشت الکترولیتی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$EC = (EC_0/EC_1)\times 100$$

EC_0: هدایت الکتریکی محلول قبل از اتوکلاو

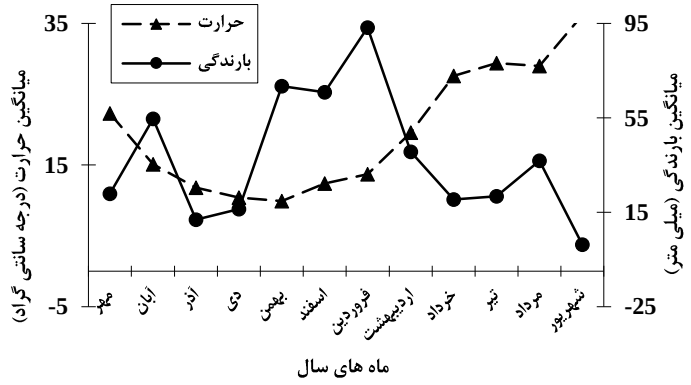
EC_1: هدایت الکتریکی محلول بعد از اتوکلاو

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای EXCELL، MSTAT و SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

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

Table 1. Soil Physical and chemical properties of experimental location (depth 0 to 30 cm)

مواد خنثی شونده	کربن آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	نیتروژن کل	آهن	روی	فسفر	پتاسیم	بافت خاک	سال
۹/۵	۱/۲۹	۸/۲	۰/۹۴	۰/۱۳	۲/۵	۰/۵	۹/۲	۸۰۷	سیلت لومی	۱۳۹۹



شکل ۱- آمار هواشناسی آمبروترمیک کوتاه مدت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گنبدکاووس (۱۳۹۹-۱۳۹۸).

Figure 1.Short-term ambrothermal meteorological statistics of Gonbad Kavous synoptic meteorological station (2019-2020).

نتایج و بحث

غلظت آهن در برگ (برگ پرچم)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر میزان آهن برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای محلول‌پاشی در زمان نشان داد که غلظت آهن برگ که از بین تیمارهای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی توام روی+ آهن در مرحله پر شدن دانه دارای بیش‌ترین غلظت آهن در برگ بود و محلول‌پاشی آهن در

1 - Infrared Thermometer- model-AZ 8866

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

مرحله ساقه‌دهی رتبه دوم را به خود اختصاص داد. در اثر مصرف روی و آهن به صورت مخلوط و به تنهایی غلظت آهن در برگ پرچم در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۳).

یون‌های فلزی همچون آهن، روی به عنوان کوفاکتور در ساختمان بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مشارکت دارند و نتایج مطالعات محققین حاکی از آن است که در شرایط تنش، کمبود عناصر ریزمغذی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاهش یافته و حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (۴۰،۷).

آهن در ساخت کلروفیل و انتقال الکترون در فتوسنتز نقش حیاتی دارد (۲۳). با توجه به نقش عنصر آهن در فرآیندهای فتوسنتزی و تشکیل کلروفیل، نتایج این آزمایش دور از انتظار نیست.

علاوه بر این محلول‌پاشی در تمامی مراحل فنولوژیکی گندم (پنجه‌دهی، ساقه‌دهی، پرشدن‌دانه) باعث افزایش آهن برگ پرچم نسبت به شاهد شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی آهن و روی باعث افزایش جذب عناصر غذایی و دوام سطح برگ می‌شود، طول دوره استفاده از مواد افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه آن انتقال مواد به دانه نیز افزایش می‌یابد (۸). تحقیق روی روش‌های به‌کاربردن آهن در یک خاک آهکی روی گیاه گندم نشان داد که کاربرد محلول‌پاشی آهن سبب افزایش جذب آهن در اندام هوایی می‌شود و همچنین سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت می‌گردد (۱۰). تیموری و همکاران (۵۰) در یک بررسی مشاهده کردند که محلول‌پاشی آهن چه در زمان قبل از گلدهی و چه بعد از گلدهی باعث افزایش غلظت آهن گندم نسبت به شاهد شد. سدری و ملکوتی (۴۴) نیز گزارش کردند مصرف کودهای روی، آهن و مس علاوه بر افزایش ۲۰ درصدی عملکرد دانه، سبب افزایش غلظت این عناصر در دانه و اندام هوایی و کلش گندم شد و درصد پروتئین دانه از ۱۰/۶ به ۱۴ درصد افزایش داد. ونگ (۵۳) نیز بیان کرد که گندم در شرایط کمبود آهن (یک میلی مولار) نسبت به تیمار شاهد غلظت آهن در ریشه و اندام هوایی به ترتیب ۴۵ و ۵۱ درصد کاهش یافت. نتایج این آزمایش با یافته‌های بالا مطابقت دارد.

غلظت روی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای محلول‌پاشی و زمان محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمار محلول‌پاشی × زمان محلول‌پاشی بر غلظت روی برگ معنی‌دار شد (جدول ۲).

اثر برهمکنش تیمار محلول‌پاشی × زمان محلول‌پاشی نشان داد که بین تیمارهای محلول‌پاشی عناصر مورد بررسی، بیش‌ترین مقدار غلظت روی برگ با متوسط ۶۳/۹۸ پی‌پی‌ام در تیمار محلول‌پاشی روی در زمان پر شدن دانه به‌دست آمد و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد در زمان پنجه‌زنی به دست آمد (جدول ۳). در طی پژوهشی، محلول‌پاشی عناصر آهن، روی، منگنز و منیزیم مقدار روی در اندام‌هوایی و کربوهیدرات‌های دانه، عملکرد دانه و اجزای عملکرد در گندم را افزایش داده است (۱۵،۲۳). از طرف دیگر محققان بر این نکته تاکید دارند که کاربرد روی موجب افزایش عنصر روی در اندام هوایی و دانه و آرد گندم شد (۲۹). تحقیقات خوشگفتارمنش و همکاران (۲۶) انیز نشان داد، مصرف کود روی موجب افزایش معنی‌دار غلظت روی در اندام هوایی گندم شد. نتایج محققین فوق با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

درصد نیتروژن در برگ

در این تحقیق بین تیمارهای محلول‌پاشی و زمان محلول پاشی و اثر متقابل هر دو بر درصد نیتروژن برگ در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). برهمکنش تیمارهای محلول‌پاشی در زمان محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین درصد نیتروژن برگ در تیمار محلول‌پاشی همزمان آهن و روی در مراحل فنولوژیکی پر شدن دانه (۱/۹۵درصد) و ساقه‌دهی (۱/۹۲درصد) مشاهده شد. که البته با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. کاربرد آهن و روی در افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز موثر است و انجام محلول پاشی باعث افزایش درصد نیتروژن و میزان پروتئین گردید. محلول‌پاشی روی و آهن با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (۱،۴۰). بنابراین می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار محلول‌پاشی آهن و روی در گیاهان درصد نیتروژن کل و پروتئین‌سازی اندام هوایی افزایش یابد. به‌طورکلی تیمار محلول‌پاشی عناصر روی و آهن نسبت به تیمار محلول‌پاشی آب (شاهد) باعث افزایش درصد نیتروژن برگ گردید. نتایج این تحقیق با نتایج محققین دیگر (۲۷،۳۷) مطابقت دارد.

درصد نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر صفت درصد کل ازت دانه معنی‌دار شدند (جدول ۲)بیشترین درصد نیتروژن دانه با مقدار ۲/۰۶ درصد و ۲/۰۴ درصد به ترتیب مربوط به تیمار آهن و تیمار توام روی و آهن در مرحله فنولوژیکی ساقه‌دهی مشاهده شد. و از نظر آماری هر دو در یک گروه قرار داشتند، و تیمارهای شاهد از کمترین درصد نیتروژن دانه برخوردار بودند (جدول ۳). تیموری و همکاران (۵۰) در یک بررسی مشاهده کردند که با مصرف کودهای محتوی آهن عملکرد دانه، غلظت ازت دانه، درصد پروتئین گیاه گندم به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی باعث افزایش درصد نیتروژن دانه می‌شود که علت آن به دلیل جذب و حلالیت بیش‌تر عناصر کم مصرف در گیاه گندم بود. یکی از مزایایی مهم محلول‌پاشی عناصر غذایی از جمله آهن و روی سبب افزایش محتوی عناصر دانه و باروری و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (۷،۳۹،۵۰).

عنصر آهن، نقش مهمی در متابولیسم نیتروژن دارد، بنابراین می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن در گیاه گندم نیتروژن اندام هوایی و نیتروژن دانه افزایش یابد. به‌طوری که محققین متعددی بیان کردند که محلول‌پاشی عناصر (مس، روی و آهن) بر روی گندم موجب افزایش محتوی کلروفیل، غلظت آهن، نیتروژن، روی، پروتئین و عملکرد دانه می‌شود (۸،۱۴،۴۱). مطالعات بسیاری نشان دهنده اثر آهن به تنهایی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

یا همراه با دیگر عناصر ریزمغذی در محتوی کلروفیلی فتوسنتز و فاکتورهای عملکرد در گیاه می‌باشند (۵،۴۵).

شاخص کلروفیل برگ (SPAD)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص کلروفیل برگ به طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی شده قرار گرفت. اما از لحاظ زمان‌های محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین اثر برهمکنش تیمارهای محلول‌پاشی × زمان محلول‌پاشی در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۲).

در این پژوهش کمترین مقدار کلروفیل نیز مربوط به شرایط شاهد ملاحظه گردید و کاربرد توام روی و آهن در مرحله ساقه‌دهی با متوسط ۲۸/۷ واحد اسپد و مصرف آهن در مرحله ساقه‌دهی با متوسط ۲۶/۴۵ واحد اسپد به ترتیب بیشترین مقدار کلروفیل را نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی برخوردار بودند (جدول ۳). به طور کلی شرایط محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن و توام روی+آهن از شاخص کلروفیل بالاتری در مقایسه با شاهد برخوردار بودند.

از مهم‌ترین دلایل کاهش در شرایط شاهد بدلیل تخریب کلروفیل به وسیله گونه‌های اکسیژن فعال و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل است که تحت شرایط تنش دیم و کمبود ریزمغذی خاک (آهن و روی) است. زیرا محتوی کلروفیل یکی از مهم‌ترین عواملی است که ظرفیت فتوسنتزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۲). مصرف عنصر روی و آهن میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد و سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش سطح برگ و عملکرد می‌گردد (۱،۵۰). 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 و کاروتنوئید در ارقام گنبد و کریم نسبت به شرایط شاهد شد. عباسی و همکاران (۱) در تحقیقی دریافتند که محلول‌پاشی عنصر روی و آهن می‌تواند موجب افزایش کلروفیل در گیاه گندم شود که این امر می‌تواند به علت نقش این عنصر در متابولیسم نیتروژن و سنتز پروتئین و ساخت کلروفیل باشد. نتایج این مطالعه با یافته‌های محققین فوق مطابقت دارد. بنابراین بهبود شرایط تغذیه‌ای با کاربرد کلات روی و کلات آهن می‌تواند در فتوسنتز و افزایش کلروفیل در گندم موثر باشد.

دمای کانوپی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فاکتورهای مورد مطالعه دمای کانوپی (دمای سایه انداز T) معنی‌دار بود (جدول ۲). اثرات متقابل محلول‌پاشی در زمان محلول‌پاشی نشان داد که از بین تیمارهای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی همزمان روی+ آهن در مرحله فنولوژیکی ساقه‌دهی با میانگین دمای ۲۳/۷۵ درجه سانتی‌گراد، کمترین دما را به خود اختصاص داد. و تیمارهای شاهد (آب خالص) در مراحل پنجه‌دهی و پر شدن دانه بالاترین دما را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). برخی از پژوهشگران بر این عقیده‌اند که میزان رطوبت و عناصر غذایی و وضعیت تعرق در گیاه، نقش مهمی در تنظیم دمای گیاه در شرایط تنش خشکی ایفا می‌کند و کاهش دمای اندام-های گیاه نسبت به محیط با مقدار تبخیر و تعرق اثر خنک‌کنندگی این فرآیندها و نیز هدایت‌گرمایی سایه‌انداز گیاهی مرتبط است. در یافته‌های متعدد، همبستگی بین کاهش دمای کانوپی با عملکرد به اثبات رسیده است (۵۱). طی این تحقیق، کاهش دمای کانوپی به عنوان یک صفت فیزیولوژیک نشان داد که تحت تنش عناصر غذایی و شرایط دیم دمای داخل کانوپی افزایش یافت. در حالی که در محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و آهن دمای کانوپی کاهش یافت. به‌طورکلی شرایط محلول‌پاشی موجب کاهش دمای کانوپی در مقایسه با شرایط شاهد شد. در همین رابطه فیتر و های (۱۶) بیان کردند که افزایش دما از طریق تخریب کلروفیل‌ها و همچنین بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش میزان فتوسنتز برگ می‌گردد که تاثیر مستقیمی بر روی عملکرد گیاه دارد. محققین زیادی گزارش کردند علت کاهش مقدار کلروفیل در برگ‌های تنش دیده در ارقام گندم را در نتیجه خسارت به غشاء کلروپلاست طی شرایط تنش (رطوبتی و تغذیه‌ای) اعلام کردند (۲،۴۰). بنابراین مصرف عناصر ریزمغذی روی و آهن در شرایط کمبود رطوبت و موادمغذی می‌تواند موجب افزایش کلروفیل و کاهش دمای کانوپی در گیاه گندم بشود. که علت این امر می‌تواند به علت نقش این عناصر در متابولیسم ازت و ساخت کلروفیل باشد.

درصد نشت الکترولیت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای محلول پاشی، زمان محلول‌پاشی و همچنین اثر برهمکنش این تیمارها بر درصد نشت الکترولیت معنی‌دار شد (جدول ۲).

برهمکنش تیمار محلول‌پاشی در زمان محلول‌پاشی نشان داد که کمترین درصد نشت‌یونی مربوط به محلول‌پاشی آهن در زمان ساقه‌دهی با ۷۸/۰۷ درصد و بیشترین درصد نشت یونی با ۱۴۵/۳۲ درصد متعلق به محلول‌پاشی آب (شاهد) در زمان پنجه‌دهی بود (جدول ۳). از آنجایی که نشت یونی با پایداری غشا سیتوپلاسمی رابطه عکس دارند، بنابراین تیمارهای محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و توام آهن+ روی (در شرایط دیم) از پایداری غشاء بیشتر و نشت یونی کمتری نسبت به شرایط شاهد برخوردار بودند.

نتایج به دست آمده از تحقیقی روی ژنوتیپ‌های گیاه گندم نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل‌تر (به شرایط تنش آبی و مواد ریزمغذی) گندم دارای غشاء سیتوپلاسمی پایدارتر (EC پایین‌تر) و غلظت کلروفیل بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس‌تر برخوردار بودند (۱۸). میرزاخانی (۳۲) در آزمایش خود روی گندم نتیجه مشابهی مبنی بر افزایش میزان نشت الکترولیت در شرایط تنش گزارش دادند. تنش خشکی باعث ایجاد اختلال در سیستم‌های آنزیمی کاهش‌دهنده فعالیت اکسیژن فعال و افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها در غشاء و در نتیجه خسارت به غشای سلولی می‌شود و میزان نشت الکترولیت افزایش می‌یابد. زاگو و اوتزیا (۵۴) اظهار داشتند محلول‌پاشی آهن و روی با افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش رطوبتی و تغذیه‌ای موجب شد گیاه دیرتر با شرایط تنش مواجه شود و در نتیجه درصد نشت کمتری داشته باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

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

Table 2. Results of Analysis of variance on studied traits under foliar application

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		آهن برگ پرچم	روی برگ پرچم	نیتروژن برگ پرچم	شاخص کلروفیل	دمای کانوپی	نشت الکترولیت	نیتروژن دانه	عملکرد پروتئین دانه	عملکرد دانه
تکرار	۳	۵۲/۲^{ns}	۴۴/۵^{ns}	۰/۰۰۰۸۹^{ns}	۰/۷۳^{ns}	۱/۵^{ns}	۱/۲۵^{ns}	۰/۰۷۷^{ns}	۶۷۸۳۹/۹۷^{ns}	۷۶۷۴۳۰/۵۶^{ns}
محلول پاشی	۳	۵۶۶۲۵/۵۸**	۲۶۰۰/۵۶**	۱/۴۴**	۴۲/۵۳**	۱۷/۸۹**	۲۹۷۶/۰۲**	۰/۸۰**	۴۸۹۴۶۳/۵۳**	۱۳۱۴۱۸۷۵**
زمان محلول پاشی	۲	۵۳۷۳/۶۶**	۲۲۵۶/۵**	۰/۸۸**	۲۲/۱۱^{ns}	۴/۱۹**	۳۷۹۵/۸۳**	۰/۶۰**	۱۴۳۵۵۹/۱۹**	۳۶۰۸۳۳/۳۳^{ns}
محلول پاشی × زمان	۶	۱۸۲۰۷/۴۸**	۱۶۳۳/۱۶**	۰/۶۵**	۱۷/۵۸*	۵/۹**	۱۵۱۲/۶۴**	۰/۳۵**	۱۷۲۵۱۲/۴۸**	۳۹۵۰۶۶۲/۸۸**
خطا	۳۳	۱۳۶/۸۷	۳۷/۷	۰/۰۰۶۹	۷/۹۲	۰/۲۹	۰/۸۲	۰/۰۷	۲۵۰۸/۰۲	۷۲۰۰۰۵/۳۴
ضریب تغییرات (درصد) CV (٪)		۴/۸۳	۲۸/۳۹	۱/۹۰	۱۱/۶۲	۲/۱۲	۰/۸۳	۱۵/۸۸	۲۲/۳	۱۲/۲۹

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

Table 3. Mean comparison results of interaction effects of foliar application Zn, Fe and Zn+ Fe in Time foliar application

تیمار		آهن برگ پرچم	روی برگ پرچم	نیتروژن برگ پرچم	شاخص کلروفیل	دمای کانوپی	نشت الکترولیت	نیتروژن دانه	عملکرد پروتئین دانه	عملکرد دانه
محلول پاشی	زمان محلول پاشی	(ppm)	(ppm)	(%)	(SPAD)	(ċ)	(%)	(%)	(Kg ha^{-1})	(Kg ha^{-1})
شاهد	پنجه‌زنی	۱۵۱^{f}	۷/۴۸^{e}	۰/۸۸^{i}	۲۱/۴۸^{cd}	۲۷/۵^{a}	۱۴۵/۳۲^{a}	۱/۳۵^{ef}	۴۹۶/۰ ^{ef}	۵۹۰۰^{ed}
	ساقه‌دهی	۱۵۵/۵^{f}	۸/۰۱^{e}	۰/۸۹^{i}	۲۲/۸۸^{bcd}	۲۶/۲۵^{b}	۱۱۱/۲۷^{e}	۱/۳۵^{ef}	۴۹۵/۲ ^{ef}	۵۸۵۷^{ed}
	پر شدن دانه	۱۵۱/۰^{f}	۸/۵۰^{e}	۰/۹۰^{i}	۲۱/۰۰^{dd}	۲۷/۲۵^{a}	۱۲۰/۸۸^{d}	۱/۰۸^{f}	۳۷۴/۸^{f}	۵۶۵۰^{e}
محلول پاشی روی	پنجه‌زنی	۲۰۵/۳^{e}	۱۲/۹۸^{de}	۱/۳۰^{f}	۲۴/۳۵^{bcd}	۲۵/۲۵^{cd}	۱۳۲/۲۶^{b}	۱/۶۰^{cde}	۶۲۶/۹^{de}	۶۳۷۵^{bcde}
	ساقه‌دهی	۲۷۳/۵^{cd}	۲۰/۷۰^{d}	۱/۸۴^{b}	۲۴/۲۲^{bcd}	۲۴/۵^{def}	۱۰۱/۲۹^{g}	۱/۹۳ ^{abc}	۷۴۷/۹^{bcd}	۶۱۷۵^{cde}
	پر شدن دانه	۱۹۴/۳^{e}	۶۳/۹۸^{a}	۱/۶۸^{c}	۲۳/۳۰^{bcd}	۲۵/۷۵^{bc}	۱۱۰/۰۳^{e}	۱/۶۲^{cde}	۶۹۶/۳^{cde}	۶۸۷۵^{bcde}
محلول پاشی آهن	پنجه‌زنی	۲۶۲/۰^{d}	۱۰/۴۶^{e}	۱/۲۱^{g}	۲۳/۲۸^{bcd}	۲۵/۰۰^{cde}	۱۰۱/۹۷^{g}	۱/۶۷^{bcde}	۶۱۷/۵^{de}	۷۱۵۰^{bc}
	ساقه‌دهی	۳۱۷/۰^{b}	۱۰/۱۴^{e}	۱/۴۶^{e}	۲۶/۴۵^{ab}	۲۴/۲۵^{ef}	۷۸/۰۷^{g}	۲/۰۶^{a}	۹۳۷/۰^{ab}	۶۹۲۵^{bcd}
	پر شدن دانه	۳۰۵/۳^{b}	۹/۱۱^{e}	۱/۵۳^{d}	۲۴/۶۸^{abcd}	۲۴/۲۵^{ef}	۸۴/۸۲^{i}	۱/۵۴^{de}	۶۷۷/۶^{cde}	۷۰۷۵^{bcd}
روی+ آهن	پنجه‌زنی	۲۷۰/۵^{cd}	۱۰/۸۲^{e}	۱/۰۷^{h}	۲۵/۳۵^{abc}	۲۵/۰۰^{cde}	۱۲۵/۱۰^{c}	۱/۸۵^{abcd}	۸۷۹/۲۰^{abc}	۷۶۰۰^{ab}
	ساقه‌دهی	۲۸۶/۶^{c}	۴۲/۵۵^{c}	۱/۹۲^{a}	۲۸/۷۰^{a}	۲۳/۷۵^{f}	۹۴/۲۱^{h}	۲/۰۴^{ab}	۱۰۹۳/۷^{a}	۸۶۰۰^{a}
	پر شدن دانه	۳۳۴/۶^{a}	۵۴/۷۴^{b}	۱/۹۵^{a}	۲۴/۸۳^{abcd}	۲۴/۲۵^{ef}	۱۰۴/۰۶^{f}	۱/۶۱^{cde}	۸۶۶/۹^{abc}	۸۶۲۵^{a}

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

عملکرد پروتئین دانه

نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها نشان داد که اثرات تیمارهای محلول‌پاشی شده، زمان محلول‌پاشی و اثرات متقابل هر دو بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه‌میانگین برهمکنش تیمارهای محلول‌پاشی در زمان محلول‌پاشی بر روی عملکرد پروتئین‌دانه گندم نشان داد که محلول‌پاشی توام روی+ آهن در زمان ساقه‌روی افزایش معنی‌داری در این صفت ایجاد کرد و در مقایسه با تیمارهای دیگر از بالاترین مقدار عملکرد پروتئین دانه برخوردار بود. (جدول ۳). سلیسپور (۴۶) با بررسی اثرات مصرف آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی نتیجه گرفت که درصد پروتئین دانه تحت تاثیر تیمارهای کودی قرار می‌گیرد. نتایج محققین دیگر نیز (۴۰،۴۷) نشان داد که مصرف آهن و روی به صورت محلول‌پاشی باعث افزایش عملکرد پروتئین‌دانه و عملکرد دانه گردید. که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

کاربرد آهن و روی در افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز موثر است و انجام محلول‌پاشی در زمان ساقه‌دهی که بیشترین جذب مواد غذایی در این مرحله صورت می‌گیرد باعث افزایش رشد رویشی گیاه و سبب افزایش نیتروژن برگ و دانه گندم و در نتیجه باعث افزایش عملکرد پروتئین دانه گردید. بنابراین می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن و روی در گیاهان، پروتئین‌سازی و عملکرد دانه افزایش یابد. در این پژوهش محلول‌پاشی با روی و آهن و مخلوط روی و آهن باعث افزایش مقدار عملکرد پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد شد.

عملکرد دانه

عملکرد گندم و افزایش آن با اثر ترکیبی عوامل مهم رشد مانند نور، حرارت، رطوبت و تغذیه تعیین می‌گردد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمار محلول‌پاشی × زمان محلول‌پاشی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت. اما عملکرد دانه از لحاظ زمان محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد (جدول ۲).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

برهمکنش تیمارهای محلول‌پاشی در زمان محلول‌پاشی بر روی رقم گندم از لحاظ صفت عملکرد دانه نشان داد که بالاترین مقدار عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی توام روی و آهن در زمان پر شدن دانه . که از لحاظ آماری با تیمار محلول‌پاشی در زمان ساقه‌دهی در یک گروه قرار داشتند (جدول ۳). نتایج این تحقیق با یافته‌های جلال و همکاران (۲۳) که در محلول‌پاشی روی و آهن در گندم بالاترین عملکرد دانه را گزارش کرد، مطابقت دارد. محمد و همکاران (۳۶)، نیز گزارش نمودند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در گندم در مرحله سبزشدن، ساقه‌رفتن و رسیدن، حداکثر عملکرد دانه در مرحله ساقه‌رفتن بدست آمده که از نظر آماری با محلول‌پاشی در زمان رسیدن یکسان بوده است. به‌علاوه در پژوهش دیگری نیز، محلول‌پاشی توام روی و آهن با غلظت سه در هزار موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه گندم در زمان دانه‌بندی گردید (۴۸).

در این تحقیق افزایش عملکرد دانه نسبت به شرایط شاهد نشان‌دهنده بهبود ظرفیت مخزن در اثر کاربرد ریزمغذی روی و آهن در مراحل پر شدن دانه و ساقه‌دهی است. که سبب افزایش توان فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه شده است (۳). گزارش شده، کاربرد آهن، روی و منگنز عملکرد دانه را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۵۵) پورجمشید (۳۸) گزارش دادند که کاربرد مجزا و تلفیقی آهن، روی و منگنز موجب افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود. همچنین بیان کردند، افزایش عملکرد دانه درنتیجه کاربرد آهن، روی و منگنز را با نقش این عناصر در افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز (۵۲) و درنتیجه کاهش تجمع ROS و تولید اتیلن مرتبط دانست. محققین متعددی افزایش عملکرد دانه را با محلول‌پاشی ریزمغذی روی و آهن در گندم گزارش کرده‌اند (۳۹،۱۹). بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده متوسط 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 مرحله پر شدن دانه است. به‌طورکلی، محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی روی و آهن در شرایط دیم و کمبود عناصر ریزمغذی در خاک توانست باعث بهبود و افزایش شاخص کلروفیل و پایداری غشای سلولی گیاه گندم شود. که این امر می‌تواند به علت نقش این عناصر به‌ویژه آهن در متابولیسم نیتروژن و سنتز پروتئین و ساخت کلروفیل باشد. و در نهایت سبب افزایش صفات کیفی، عملکرد پروتئین دانه و عملکرد دانه گندم نسبت به شرایط شاهد (محلول‌پاشی آب خالص) گردید. اما اظهار نظر قطعی در مورد زمان‌های محلول‌پاشی نیاز به آزمایش‌های تکمیلی بیشتری دارد.

تشکر و قدردانی

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

منابع

1. Abbasi, N., J. Cherayhi and S. Hajinia. 2019. Effect of iron and zinc micronutrient foliar application as nano and chemical on physiological traits and grain yield of two bread wheat cultivars. Scientifi Journal of Crop Physiology, 11(43): 85-104 (In Persian).
2. Abbasi, A. and F. Shekari. 2016. Effect of zinc sulfate on growth and yield of wheat under soil zinc deficiency and drought stress, 6(2): 145-158 (In Persian).
3. Abdoli, M., E. Esfandiari, S.B. Mousavi and B. Sadeghzadeh. 2014. Effects of foliar of zinc application sulfate at different phenological stages on yield formation and grain zinc content of bread wheat (*cv. Kohdasht*). Journal of Agriculture, 1(1): 11-17.
4. Ahmadi, K., H. Qolizadeh, H.R. Ebadzadeh, R. Hosseinpour, F. Hatami, B. Fazli, A. Kazemian and M. Rafii. 2020. Agricultural Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy for Planning and Economy. Information and Communication Technology Center. First volume. Crops, cropping year 2018-2019. 117 pp (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 Science, 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 Process and Function, 8(29): 1-13 (In Persian).
7. Cakmaka, I. and U.B. Kutmanb. 2018. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. European journal of soil science, 69: 172-180.
8. 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 lodine in food prepared from agronomically biofortified wheat and rice and impact of cofertilization with zinc and selenium. Journal of Agricultural Food chem, 68(6): 1525-1535.
9. 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.
10. Demirkiran, A.R. 2009. Determination of Fe, Cu and Zn contents of wheat and corn grains from different growing site. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8(8): 1563-1567.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

11. Dimkpa, C.O. and P.S. Bindraban. 2016. Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. Agronomy for Sustainable Development, 36(1): 1-26.
12. Ebrahimnia, R., E. Bijanzadeh, A. Behpouri and R. Naderi. 2020. Leaf chlorophyll content and grain protein and yield changes of three durum wheat (*Triticum durum*) cultivars under nano fertilizer application. Journal of plant Ecophysiology, 12(40): 152-165 (In Persian).
13. 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.
14. 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 Sciences, 7(1): 105-118.
15. Firoozi, Y., H. Feizi, A. Mehraban and M. Alipanah. 2018. Effects of foliar application time of nano-micronutrients on quantity and qualitive traits in rainfed durum wheat genotypes in moghan. Iranian Journal of field Crops Research, 16(1): 97-112 (In Persian).
16. Fitter, A.H. and R. Hay. 2002. Environmental. 3 rd Ed. Academic Press. San Diego, CA, USA.
17. Ghafari, H. and J. Razmjoo. 2015. Response of Durum wheat to foliar application of varied sources and rates of iron fertilizers. Journal of Agricultural Sciences Technology, 17: 321-331.
18. GharibEshghi, A., R. Adelzade, M.R. Shirii and K. Shahbazi. 2010. Effect of winter cold on membrane stability, chlorophyll Content and crown depth in some spring and winter wheat Genotypes in Ardabil Region. Electronic Journal of Crop Production, 3(2): 255-262 (In Persian).
19. Gomaa, M.A., F.I. Radwan, E.E. Kandil and S.M.A. EL-Zweek. 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.
20. Gupta, N.K., A. Khan, A. Maheshwari, S. Narayan, O.P. Chhapola, A. Arora and G. Singh. 2015. Effect of post anthesis high temperature stress on growth, physiology and antioxidative defense mechanisms in contrasting wheat genotypes. Indian. Journal of Plant Physiology, 20: 103-110.
21. Helrich, K. 1990. Association of official analytical chemists. Journal of AOAC, Incorporated, 15(1): 673.
22. Hossain, H., M.A.Z. Sarkera, M. Saifuzzamana, J.A. Teixeira, M.V. Silvab, M. Lozovskayac and M. Akhtera. 2013. Evaluation of growth, yield, relative performance and heat susceptibility of eight wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown under heat stress. International Journal of Plant Production, 7: 615-636.
23. 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.
24. 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.
25. Jomova, K. and M. Valko. 2011. Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. Toxicology Journal, 283: 65-87.
26. Khoshgoftarmanesh, A.H., H. Shariatmadari, N. Karimian and M.R. Khajehpour. 2006. Responses of wheat genotypes to zinc fertilization under saline soil conditions. Journal of Plant Nut, 29: 1543-1556.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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).
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. Mirzakhani, M. 2017. Evaluation of Electrical Conductivity, Chlorophyll and Seed Yield of Wheat under Water Stress with Zeolite Application. Journal of Crop Ecophsiology, 11(1): 111-126 (In Persian).
33. 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.
34. Mokhtarizadeh, A. and K. Taleshi. 2016. Comparison of application of livestock manure, biofertilizer and foliar application of zinc sulfate and ferrous sulfate on yield and yield components of dryland wheat in Khorramabad city. Journal of Agriculture, 9(1): 13-27 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

35. 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 saflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 17(2): 153-164 (In Persian).
36. Muhamad, A., M. Aslam, A. Sajid, G. Rozina and K. Sajjad. 2006. Response of wheat to foliar application of Nutrients. Department of Agronomy, NWFP Agricultural University, Peshawar Pakistan. Agricultural Institute, Quetta Balochista Pakistan.
37. 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.
38. Pourjamshid, S.A. 2021. Investigation of the effect of foliar application of iron, zinc and manganese on morphological and agronomic traits of bread wheat (*Cultivar Chamran*) under different irrigation regimes. Environmental Stresses in Crop Sciences, 14(1): 109-118 (In Persian).
39. 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.
40. 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.
41. Rehman, A., M. Faroog, l. Ozturk, M. Asif and K.H.M. Siddigue. 2018. Zinc nutrition in wheat- based .cropping systems. Journal of Plant and soil, 422: 283- 315.
42. 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).
43. Reynolds, M.P., A. Pask and D. Mullan. 2012. Phsiological Breeding I: Iterdisciplinary Approaches to Improve Crop Adaptation, D.F: CIMMYT. Fisher, R.A. and R. Maurrer. 1978. Drought resistance in spring Wheat Cultivars, Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-903.
44. Sadri, M.H. and M.J. Malakooti. 1988. Investigating the effect of iron, zinc and copper consumption on improving the quantitative and qualitative characteristics of irrigated wheat. Journal of Soil and Water. Scientific Research Journal of Soil and Water Research Institute.
45. Safyan, N., M.R. Naderidarbaghshahi and B. Bahari. 2012. The effect of microelements spraying on growth, qualitative and quantitative grain corn in Iran. International Research Journal of Applications Basic Science, 3(S): 2780-2784.
46. Seilsepour, M. 2007. The study of Fe and Zn effects on quantitative and qualitative parameters of winter wheat and determination of critical levels of these elements in Varamin plain soils. Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 76: 123-133 (In Persian).
47. Shivay, Y.S., R. Prasad, R.K. Singh and M. Pal. 2015. Relative efficiency of zinc- coated urea and soil and foliar application of zinc sulphate on yield, nitrogen, phosphorus, potassium, zinc and iron biofortification in grains and uptake by basmati rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agricultural Science, 7: 161-169.
48. 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).
49. Suleiman, A.A., J.F. Nganya and M.A. Ashraf. 2014. Effect of cultivar and sowing date on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khartoum, Sudan. Journal of Forest Production and Industries, 3(4): 198-203.
50. 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).
51. Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf and M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. Envionmental and Experimental Botany, 61: 199-223.
52. Waraich, E.A., R. Ahmad, A. Halim and T. Aziz. 2012. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: A review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12: 221-244.
53. Wong, H.M. 2009. Probing the interactions between iron nutrition, salinity and ultraviolet-B radiation on the physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.). M. S. dissertation, Lincoln University.
54. Zago, M.P. and P.I. Oteiza. 2001. The antioxidant properties of zinc: Interactions with iron and antioxidants. Free Radical Biology and Medicin, 31: 266-274.
55. Zain, M., I. Khan, R.W. Khan Qadri, U. Ashraf, Hussain, S. Minhas, A. Siddique, M. Muzammil Jahangir and M. Bashir. 2015. Foliar application of micronutrients enhances wheat growth, yield and related attributes. American Journal of Plant Sciences, 6: 864-869.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]

Response of Physiological and Biochemical Characteristics of Aseman Wheat Cultivar to Foliar Application Zinc and Iron Micronutrient in Dryland Conditions

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, (Corresponding author: agri.ebrahimi@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Agriculture, Gonbad Kavous University, University of Agriculture
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: 21 November 2021 Accepted: 9 January 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Due to the lack of micronutrient elements and the urgent need for biofortification in important and strategic plants in the nutrition of human society such as wheat, it is necessary to evaluate any strategy to optimize the quality and production of this product. This has led researchers to investigate the effect of foliar application of zinc and iron at different stages of growth to evaluate grain yield and quality traits of wheat.

Material and Methods: In order to investigate the effect of foliar application of zinc and iron on the traits zinc and iron concentration and leaf chlorophyll content, nitrogen content in flag leaf, chlorophyll index, canopy temperature, Cytoplasmic membrane stability, grain nitrogen percentage, grain protein yield and grain yield of dry land wheat of Aseman cultivar, the experimental was carried out as a factorial based on randomized complete block design with 4 replications at the Agricultural Research Station And natural resources of Gonbad Kavous was done in 2019-2020 crop year. Experimental factors include foliar application at four levels (foliar application of zinc, foliar application of iron, simultaneous application of zinc and iron and foliar application of pure water as a control) and the second factor at three levels of foliar application time (tillering, shoot elongation and grain filling) Was considered.

Results: The results showed that foliar spraying with iron, foliar application of zinc and mixed use of iron + zinc had a significant effect on the studied traits. Also, foliar application at different stages of growth had a significant effect on the evaluated traits except chlorophyll index and grain yield. The interaction effect of foliar application at the time of foliar application also showed that the maximum amount of zinc in the flag leaf was related to the foliar application of zinc (at grain filling time) and the highest amount of iron in the flag leaf was related to the combined foliar application of zinc and iron (in Grain filling stage) and foliar application of iron (at the shoot elongation stage) were obtained. The highest percentage of grain nitrogen was obtained in foliar application of iron (2.06%) and foliar application simultaneous of zinc and iron (2.04%) at the time of shoot elongation foliar application. Who were statistically in a group? In addition, the grain protein yield in the simultaneous foliar application of zinc and iron at the time of shoot elongation had the highest amount compared to other treatments. Finally, the highest grain yield was obtained by simultaneous application of iron and zinc at grain filling time and shoot elongation.

Conclusion: In general, foliar application of zinc and iron micronutrients improved the quality traits of wheat and increased wheat grain yield compared to the control treatment. Also, foliar application of iron and zinc elements alone or in combination with each other increased grain yield and qualitative traits of dry land wheat in the climatic conditions of the region.

Keywords: Biofortification, Chlorophyll, Iron, Wheat, Zinc

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.53]