نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۲۷–۲۹ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

پاسخ رشدی و فتوسنتزی گندم به محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله گیاهچه‌ای

سپیده قطب‌زاده کرمانی
استادیار، پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، پژوهشگاه افضلی‌پور، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.
رایانامه: sghotbzadeh@uk.ac.ir

چکیده

تغذیه مناسب گیاه با عناصر ریزمغذی نقش مهمی در بهبود رشد و کارایی فتوسنتزی گیاهان زراعی، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد، ایفا می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی برگی آهن و روی بر صفات رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گندم در مرحله گیاهچه‌ای تحت شرایط گلخانه‌ای انجام شد. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار شامل شاهد، محلول‌پاشی آهن (۲ در هزار) و محلول‌پاشی روی (۵/۱ در هزار) و چهار تکرار اجرا گردید. محلول‌پاشی برگی در مرحله ۲ تا ۳ برگی انجام شد و برداشت گیاهان چهار هفته پس از کشت صورت گرفت .نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای تغذیه‌ای بر کلیه صفات مورد بررسی شامل وزن تر و خشک گیاه، طول ساقه و ریشه، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار آهن بیشترین تأثیر را بر افزایش کلروفیل‌ها و رشد اندام هوایی داشت، در حالی که تیمار روی موجب افزایش معنی‌دار طول ریشه گیاه شد. افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در تیمارهای آهن و روی بیانگر بهبود کارایی دستگاه فتوسنتزی و وضعیت تغذیه‌ای گیاهچه‌های گندم بود.

واژگان کلیدی: آهن، رنگیزه‌های فتوسنتزی، روی، گندم، محلول‌پاشی.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان، نقش کلیدی در تأمین امنیت غذایی و تغذیه انسان ایفا می‌کند. با افزایش جمعیت و محدودیت منابع تولید، بهبود رشد و کارایی فتوسنتز گندم به‌ویژه در مراحل اولیه رشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا، مدیریت تغذیه گیاه و تأمین متعادل عناصر کم‌مصرف می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر در افزایش کارایی فیزیولوژیک گیاهان زراعی مطرح شود (Aziz et al., 2019). آهن و روی از عناصر ریزمغذی ضروری برای گیاهان هستند که نقش مهمی در فرایندهای فیزیولوژیک از جمله سنتز کلروفیل، انتقال الکترون در فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و تنظیم رشد ایفا می‌کنند. کمبود آهن معمولاً با کاهش کلروفیل و بروز کلروز برگی همراه است و مستقیماً ظرفیت فتوسنتزی گیاه را محدود می‌کند، در حالی که روی در پایداری غشاها، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و توسعه سیستم ریشه نقش اساسی دارد. نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که محلول‌پاشی برگی آهن و روی می‌تواند به‌طور معنی‌داری موجب افزایش کلروفیل a و b، کاروتنوئیدها و بیوماس گیاهان زراعی از جمله گندم شود (Arif et al., 2024). مرحله گیاهچه‌ای یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گندم به تنش‌های تغذیه‌ای محسوب می‌شود و تأمین مناسب ریزمغذی‌ها در این مرحله می‌تواند اثرات مثبتی بر رشد بعدی گیاه داشته باشد. با وجود این، گزارش‌های متفاوتی در خصوص شدت و نوع پاسخ‌های رشدی و فتوسنتزی گندم به کاربرد آهن و روی وجود دارد که لزوم انجام مطالعات بیشتر تحت شرایط کنترل‌شده گلخانه‌ای را نشان می‌دهد (Ramzan et al., 2020).

بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر محلول‌پاشی برگی کودهای آهن و روی بر صفات رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گندم در مرحله گیاهچه‌ای تحت شرایط گلخانه‌ای است. انتظار می‌رود نتایج این تحقیق بتواند اطلاعات مفیدی در زمینه بهینه‌سازی تغذیه ریزمغذی‌ها و بهبود کارایی فتوسنتزی گندم در مراحل ابتدایی رشد فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت گلخانه‌ای و در مرحله گیاهچه‌ای گندم نان انجام شد. بذرهای گندم رقم اوج از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرمان تهیه گردید. آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی واقع در دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. شرایط محیطی گلخانه شامل دمای ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد و نور طبیعی بود .کشت گیاهان در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر حاوی مخلوط خاک، ماسه و کود دامی پوسیده به نسبت مساوی انجام گرفت. پس از سبز شدن، تعداد بوته‌ها در هر گلدان به ۲ عدد تنک گردید .کودهای آهن (۹ درصد) و روی (۱۲ درصد) به‌صورت کلاته از شرکت خضرا تهیه شدند.

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با سه تیمار شامل: ۱) شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، ۲) محلول‌پاشی آهن با غلظت ۲ گرم در لیتر و ۳) محلول‌پاشی روی با غلظت ۵/۱ گرم در لیتر و با چهار تکرار انجام شد. آبیاری گلدان‌ها به‌صورت یکنواخت و بر اساس نیاز رطوبتی گیاه انجام گرفت .محلول‌پاشی برگی در مرحله ۲ تا ۳ برگی گندم، حدود دو هفته پس از کشت، انجام شد. محلول‌پاشی با استفاده از اسپری تا حد خیس شدن یکنواخت سطح برگ‌ها صورت گرفت. برای جلوگیری از تبخیر سریع، محلول‌پاشی در صبح زود حدود ساعت ۷:۳۰ انجام شد .برداشت گیاهان در چهار هفته پس از کشت (حدود ۱۴ روز پس از محلول‌پاشی) انجام شد. در زمان برداشت، گیاهان به‌دقت از گلدان خارج و ریشه‌ها با آب شستشو داده شدند. طول ساقه و ریشه با خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن تر کل گیاه بلافاصله پس از برداشت اندازه‌گیری گردید. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰±۲ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند .اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی بر اساس روش لیچن تالر (۱۹۸۷) انجام شد. مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم بافت برگی پس از ساییده شدن در ۱۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد همگن گردید. پس از سانتریفوژ، جذب محلول رویی در طول‌موج‌های ۲/۶۶۳، ۸/۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد و غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از معادلات استاندارد زیر (معادله ۱-۴) محاسبه گردید. در نهایت مقدار رنگیزه‌ها بر اساس میلی گرم بر گرم ماده تر بیان شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار محلول‌پاشی آهن و روی بر تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده در گندم معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر تیمار بر صفات وزن تر، وزن خشک، طول ساقه و طول ریشه در سطح احتمال یک درصد ($P\leq0.01$) معنی‌دار شد که بیانگر پاسخ رشدی قابل‌توجه گندم به تغذیه برگی آهن و روی می‌باشد. معنی‌دار شدن این صفات نشان می‌دهد که کاربرد این عناصر در مرحله ۲ تا ۳ برگی توانسته است رشد رویشی و توسعه اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه را به‌طور محسوسی تحت تأثیر قرار دهد .همچنین، اثر تیمار بر صفات فیزیولوژیک شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید نیز در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). این نتایج حاکی از آن است که محلول‌پاشی آهن و روی نقش مؤثری در بهبود وضعیت رنگیزه‌های فتوسنتزی داشته و ظرفیت فتوسنتزی گیاهچه‌های گندم را افزایش داده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای تغذیه‌ای اعمال‌شده توانسته‌اند تغییرات معنی‌داری در صفات رشدی و فتوسنتزی گندم ایجاد کند.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای تغذیه‌ای آهن و روی تأثیر معنی‌داری بر صفات رشدی و فیزیولوژیک گندم در مرحله گیاهچه‌ای داشتند. در میان تیمارها، هر دو عنصر آهن (۷/۲۰ و ۸/۳۶ درصد) و روی (۳/۱۹و ۹/۳۱ درصد) موجب افزایش معنی‌دار وزن تر و وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شدند، به‌طوری‌که بیشترین مقادیر این صفات به‌ترتیب در تیمار آهن و روی مشاهده شد. افزایش بیوماس گیاهچه‌ها در اثر کاربرد این عناصر بیانگر بهبود وضعیت تغذیه‌ای و افزایش کارایی متابولیکی گیاه است .در صفات مورفولوژی، تیمارهای آهن و روی موجب افزایش معنی‌دار طول ساقه و طول ریشه شدند. بیشترین طول ساقه در تیمار آهن معادل ۲۷/۱۷ سانتیمتر و بیشترین طول ریشه در تیمار روی برابر با ۱۸/۱۴ سانتیمتر مشاهده شد اگرچه تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۱)، احتمالا آهن بیشتر بر توسعه اندام‌های هوایی و روی نقش پررنگ‌تری در رشد ریشه دارد؛ موضوعی که با نقش فیزیولوژیک روی در تقسیم سلولی، توسعه مریستم ریشه و فعالیت آنزیم‌ها سازگار است. از نظر رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاربرد آهن و روی باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید شد (شکل ۱).

بیشترین مقادیر کلروفیل‌ها و کاروتنوئید در تیمار آهن مشاهده گردید، در حالی که تیمار روی نیز افزایش قابل‌توجهی در این صفات نسبت به شاهد نشان داد و تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار مشاهده نشد. افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در تیمار آهن به نقش مستقیم این عنصر در سنتز کلروفیل، انتقال الکترون در فتوسنتز و عملکرد پروتئین‌های فتوسیستم‌ها نسبت داده می‌شود. از سوی دیگر، افزایش کاروتنوئیدها در تیمارهای آهن و روی بیانگر بهبود ظرفیت حفاظتی دستگاه فتوسنتزی در برابر تنش‌های اکسیداتیو است. مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید تحت تاثیر آهن به ترتیب ۲/۳۰، ۵/۴۸، ۷/۳۵ و ۷/۴۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد. نتایج این پژوهش با یافته‌های رمضان و همکاران (۲۰۲۰) که نقش کلیدی آهن در سنتز کلروفیل و بهبود فتوسنتز را گزارش کرده است، هم‌خوانی دارد (Ramzan *et al.*, 2020). رحمان و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که روی از طریق تنظیم فعالیت آنزیم‌ها و توسعه سیستم ریشه، موجب بهبود رشد گیاهان زراعی می‌شود که با افزایش طول ریشه در این مطالعه مطابقت دارد (Rehman *et al.*, 2018). تیمار روی در این مطالعه موجب افزایش معنی‌دار ۲۱، ۵/۳۰، ۹/۲۳ و ۴/۱۹ درصدی به ترتیب در کلروفیلa، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید نسبت به شاهد شد. محققان دیگر نیز گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی برگی آهن و روی باعث افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی و بیوماس گندم شده است (Rehman *et al.*, 2018; Hafeez *et al.*, 2021). نتایج حاضر نیز این یافته‌ها را تأیید کرده و نشان می‌دهد که مرحله گیاهچه‌ای، مرحله‌ای حساس و مناسب برای مدیریت تغذیه ریزمغذی‌ها است.

نتایج این مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی برگی آهن و روی در مرحله ۲ تا ۳ برگی گندم موجب بهبود معنی‌دار صفات رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شد. اگرچه آهن بیشترین تأثیر را بر افزایش کلروفیل‌ها و رشد اندام هوایی داشت، در حالی که روی نقش مؤثرتری در توسعه ریشه ایفا کرد اما در سطح استفاده شده در این تحقیق این دو عنصر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. بنابراین، کاربرد هدفمند این عناصر ریزمغذی در مراحل اولیه رشد می‌تواند راهکاری مؤثر برای بهبود رشد اولیه و افزایش کارایی فتوسنتزی گندم در شرایط گلخانه‌ای و حتی مزرعه‌ای باشد.

شکل ۱- مقایسه میانگین صفات رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گندم تحت تاثیر تیمارهای آهن و روی. **صفات:** FW: وزن تر گیاه، DW: وزن خشک گیاه، LS: طول ساقه، LR: طول ریشه، Ca: کلروفیل a، Cb: کلروفیل b، tC: کلروفیل کل، car: کاروتنوئید. **تیمارها:** C: کنترل، Fe: آهن و Zn: روی.

منابع

Arif, L., Hamza, M., Iqbal, E., and Kaleem, Z. (2024). Role of Micronutrients (Vitamins & Minerals). International Journal of Multidisciplinary Sciences and Arts, 3(2): 333-337. DOI: 10.47709/ijmdsa.v3i1.3769.

Hafeez, M. B., Ramzan, Y., Khan, S., Ibrar, D., Bashir, S., Zahra, N. ... and Diao, Z. H. (2021). Application of zinc and iron-based fertilizers improves the growth attributes, productivity, and grain quality of two wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. Frontiers in Nutrition, 8: 779595. DOI: 10.3389/fnut.2021.779595.

Ramzan, Y., Hafeez, M. B., Khan, S., Nadeem, M., Batool, S., and Ahmad, J. (2020). Biofortification with zinc and iron improves the grain quality and yield of wheat crop. International Journal of Plant Production, 14(3): 501-510. DOI: 10.1007/s42106-020-00100-w.