

اثر محلول پاشی روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم در شرایط کمبود آب

جواد طباطبائی^۱

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم در شرایط کمبود آب، آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل شرایط رطوبتی مختلف از قبیل آبیاری معمول، تنش رطوبتی انتهایی فصل رشد با قطع آبیاری از زمان گرده‌افشانی تا انتهای رشد و تنش رطوبتی انتهایی فصل رشد با قطع آبیاری از زمان شیری تا انتهای رشد و کرت‌های فرعی شامل سه ژنوتیپ گندم مهدوی، شیراز و پیشناز و سه غلظت مختلف (۰، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) سولفات روی بودند. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش رطوبتی، عملکرد دانه، مقدار ماده خشک و شاخص برداشت کاهش و پروتئین دانه افزایش یافت. اگر چه با افزایش تنش رطوبتی، عملکرد دانه در همه رقم‌ها کاهش نشان داد، اما با قطع آب در مرحله گرده افشانی، رقم پیشناز با ۶۱۰۷ کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد دانه را نشان داد و در شرایط آبیاری کامل همه رقم‌ها به ویژه رقم مهدوی عملکرد بالایی داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد سولفات روی تأثیر مثبت معنی‌داری روی اکثر صفات داشت، به طوری که مصرف سولفات روی به میزان ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شرایط آبیاری کامل باعث افزایش ۲۷ درصدی عملکرد دانه شد. همچنین با مصرف سولفات روی، غلظت روی در دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، پروتئین، گندم، سولفات روی، تنش رطوبتی.

مقدمه

کم آبی از جمله مهم ترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. کشور ایران با میانگین نزولات جوی ۲۴۰ میلی متر در سال در زمره این مناطق طبقه بندی می گردد. بارش نامنظم در نواحی خشک دنیا محصولات را در معرض شدت های مختلف تنش خشکی با شرایط کمبود آب قرار می دهد.

با توجه به این که بخشی از اراضی آبی گندم نان (*Triticum aestivum* L.) و غالب دیمزارها در کشور با مشکل کمبود آب روبرو هستند، بنابراین دور از انتظار نیست که تنش خشکی از جمله عوامل محدود کننده تولید گندم در کشور به شمار آید (Gupta, 1998). در شرایط محدودیت آب موجود که سیستم تولید گندم بیشتر به بارندگی های فصلی بستگی دارد، می بایستی از منابع آب به بهترین نحو استفاده شود. برخی از کشاورزانی که گندم آبی کشت می نمایند نیز به دلیل نداشتن آب کافی در بهار نمی توانند به میزان کافی مزارع گندم آبی را آبیاری کنند و در نهایت نتیجه مطلوب از کشت ارقام پرتوقع آبی به دست نمی آورند. هم چنین ممکن است در نتیجه کم آبیاری مخصوصاً در مراحل پایانی پر شدن دانه، بذر غیر استاندارد و چروکیده تولید نمایند (Cakmak, 2009). افزایش جمعیت و افزایش استانداردهای زندگی، باعث ایجاد فشار مضاعف بر منابع طبیعی آب، خاک و انرژی می گردد. از مهم ترین آثار تنش های خشکی می توان به کاهش آب قابل استفاده گیاه، فعالیت اندک در گیاه، ناهنجاری های تغذیه ای، کاهش رشد و کیفیت محصول اشاره نمود. در شرایط تنش خشکی، غلظت سدیم معمولاً بیش از غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف بوده و این امر موجب می شود در گیاهان تحت تنش خشکی، عدم تعادل تغذیه ای از جهات گوناگون بروز کند. این مطالعات بیانگر آنست که بخش عمده مشکلات تغذیه ای گیاهان در شرایط تنش خشکی و شوری، از طریق تغییر در قابلیت استفاده عناصر غذایی امکان پذیر است (Molabashi et al., 2007).

تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش ها نقش بسزایی دارد. در این میان عنصر روی یکی از دو عنصر ضروری شرکت کننده در مجموعه مکانیزم های حفاظتی گیاه و ترمیم سریع تر زخم ها و یکی از مواد معدنی کمیاب است که پس از آهن بیشترین میزان را در

بافت های گیاهی دارا است (Khan et al., 2008). عنصر روی در ساختمان ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین مشارکت داد و کمبود آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتازها، الکل دی هیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز و پلیمراز RNA و DNA را کاهش می دهد (Graham, 2004). در نتایج برخی مطالعات نشان داده است که در گیاهان مواجه با شرایط شوری و خشکی، مصرف مقادیر بالاتر عنصر روی موجب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی و شوری و عملکرد آن می شود (Chker et al., 2009). محققین گزارش کردند که تنش خشکی و کمبود عنصر روی دو عامل اصلی محدود کننده عملکرد تولید گندم در مناطق نیمه خشک بوده است (Peleg et al., 2008).

کمبود روی در گیاهان و خاک در طیف گسترده ای مشاهده می گردد و در این رابطه کمبود این عنصر خاک های با واکنش قلیایی (به خاطر فراهمی کم عنصر روی)، خاک های شنی و در خاک های شدیداً آبشویی یافته شیوع بیشتری دارد (Chker et al., 2009). در ایران کمبود عنصر روی در خاک عمدتاً ناشی از آهکی بودن خاک های زراعی، pH بالا، حضور بی کربنات فراوان در آب های آبیاری، مصرف فراوان و بیش از نیاز کودهای فسفاته و در نهایت عدم رواج مصرف کودهای محتوی عنصر روی است (Movahedy-Danesh et al., 2009). غلظت بحرانی روی در حدود ۱۵ تا ۲۰ میلی گرم در هر کیلوگرم وزن خشک برگ است (Khan et al., 2008) که با توجه به شرایط فیزیکی و خواص شیمیایی حاکم بر اکثر خاک های کشور ما که به آن ها اشاره شد، تأمین این عنصر ضروری می باشد. محققین چنین بیان می کنند که بالا بودن pH آهکی بودن و پایین بودن ماده آلی در خاک مشکل اساسی کشاورزی مناطق مدیترانه ای می باشد و به کمبود شدید دو عنصر ریز مغذی روی و آهن در گیاهان زراعی و درختان میوه آبدار اشاره و مصرف خاکی یا محلول پاشی با سولفات آهن و سولفات روی به میزان ۵ در هزار در چند مرحله را راه حل آن می داند (Graham, 2004).

مدیریت آبیاری، کود و تراکم گیاهی بطور پایدار موجب افزایش عملکرد گندم خواهد می شود (Khan et al., 2008). محققین در بررسی اثر کمبود آب بر عملکرد و صفات فیزیولوژیکی ارقام جو نشان دادند که بروز تنش کمبود آب

ترتیب برابر با ۷۷/۸ و ۱۶۶/۷ میلی‌متر بود. خاک محل آزمایش لومی سیلتی با قابلیت هدایت الکتریکی ۳/۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر، اسیدیته ۷/۵ و ۰/۷۷ درصد مواد آلی و ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم عنصر روی بود. برای ارزیابی اثر کمبود آب و کاربرد سولفات روی بر سه رقم گندم مهدوی (V_1)، شیراز (V_2) و پیشتاژ (V_3)، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. رژیم‌های مختلف تنش رطوبتی شامل شرایط آبیاری معمول (W_1)، شرایط تنش رطوبتی انتهایی فصل رشد با قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی تا زمان رسیدگی (W_2) و شرایط تنش رطوبتی انتهایی فصل رشد با قطع آبیاری مرحله شیری گیاه تا زمان رسیدگی (W_3) بودند. در هنگام اعمال تنش رطوبتی از شلتر استفاده شد. مقدار آبیاری از طریق پارشال فلوم اندازه‌گیری شد.

کاربرد سولفات روی در این آزمایش در مرحله پنجه‌زنی (۷۰ روز پس از کاشت) به صورت محلول‌پاشی روی اندام هوایی انجام شد و این تیمارها شامل سه سطح ذیل بود:

Z_1 : عدم کاربرد سولفات روی (شاهد)

Z_2 : کاربرد ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی در مرحله پنجه‌زنی (۵ کیلوگرم در هکتار)

Z_3 : کاربرد ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی در مرحله پنجه‌زنی (۱۰ کیلوگرم در هکتار)

در این تحقیق کرت‌های اصلی شامل سه رژیم مختلف رطوبتی مذکور و نه کرت فرعی شامل آرایش فاکتوریل رقم و محلول‌پاشی سولفات روی بودند. هر کرت آزمایشی شامل ۸ ردیف کاشت به طول سه متر بود که فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم بذر در حدود ۴۰۰ بذر در متر مربع برای هر رقم در نظر گرفته شد. از اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عمق خاک نمونه‌برداری صورت گرفت که میانگین خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک محل اجرای آزمایش به شرح جداول ۱ و ۲ می‌باشد. کاشت بذر در سال‌های اول و دوم آزمایش در تاریخ ۱۵ آبان ماه صورت گرفت و بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام گردید.

در این تحقیق صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، غلظت روی در دانه و مقدار پروتئین در دانه ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، در زمان رسیدگی کامل، بوته‌های مربوط به هر کرت

موجب کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد شد و کمبود آب موجب افزایش درجه حرارت داخل سایه‌انداز و کاهش میزان کلروفیل شده و اثر آبیاری روی کارایی فتوشیمیایی معنی‌دار بود (Mamnouie et al., 2006). همچنین محلول‌پاشی عنصر روی اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان داشت (Thalooth et al., 2005). محققین به این نتیجه رسیدند که کاربرد محلول‌پاشی عنصر روی ۲٪ موجب افزایش عملکرد بادام زمینی و صفات کیفی آن شد (Khan et al., 2008). حد بحرانی عنصر روی در خاک‌های زراعی در سه سطح کم، متوسط و زیاد به ترتیب کمتر از ۰/۵، ۳-۱/۱ و بیش از ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است (Malakouti and Tehrani, 2001) غالباً در محلول‌پاشی عنصر روی از دو ترکیب رایج یعنی سولفات روی^۱ و کلات روی^۲ استفاده می‌شود که در این بین سولفات روی به علت ارزان‌تر بودن از اولویت بیشتری برخوردار است. محققین نشان دادند که بین اثر این دو منبع روی تفاوت معنی‌داری در گندم مشاهده نشد و بنابراین می‌توان از سولفات روی ارزان‌تر به جای کلات روی استفاده کرد (Peleg et al., 2008).

در راستای هدایت تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی بر مبنای استراتژی‌های اقلیمی و خشکسالی و با توجه به افت شدید منابع آبی و جدی‌تر شدن بحران آب، انجام آزمایشی بر روی ارقام گندم آبی تحت شرایط کم آبیاری یا آبیاری محدود همراه با کاربرد عنصر روی به صورت محلول‌پاشی سولفات روی به عنوان یک روش بسیار مؤثر برای جذب بهتر عنصر روی ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی ارقام گندم نان از لحاظ عملکرد اقتصادی و اجزای عملکرد تحت شرایط تنش کم آبی در انتهای فصل و همچنین بررسی اثر کاربرد سولفات روی تحت شرایط تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی ارقام گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو فصل زراعی طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد واقع در ۲۴ کیلومتری شرق شهرستان اصفهان انجام شد. میانگین دراز مدت بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به ترتیب ۱۱۲ میلی‌متر و ۱۵/۸ درجه سلسیوس و جمع بارش در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به

¹ ZnSO₄

² Zn EDTA

طباطبائیان. اثر محلول پاشی روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم در شرایط کمبود آب

۹۲۷۹ کیلوگرم در هکتار رسید (۲۷ درصد افزایش). البته با قطع آبیاری در مرحله گرده افشانی (W_2) عملکرد دانه ۲۲ درصد کاهش یافت، اما با مصرف سولفات روی به میزان ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، عملکرد دانه از ۷۲۸۶ به ۶۳۱۳ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. به عبارت دیگر، با مصرف سولفات روی ۹ درصد، کاهش عملکرد جبران شده است. گراهام (Graham, 2004) بیان کرد که غالباً عنصر روی در گیاه به صورت یون آزاد و یا به صورت یک کمپلکس محلول با وزن مولکولی کم وجود دارد و عنصر روی محلول در آب به طور گسترده بیشترین حالت فیزیولوژیکی فعال را دارد. سولفات روی، در حفظ فعالیت فتوسنتزی شامل حفظ فعالیت چندین آنزیم متحمل به تنش خشکی نقش مؤثر دارد و از این طریق در بهبود وضعیت گیاه و افزایش صفات عملکرد دانه و اجزای وابسته آن تأثیر داشته است. محققین محلول پاشی ریز مغذی‌ها بخصوص روی را در شرایط تنش خشکی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه مؤثر می‌دانند (Sakaro et al., 2007).

عملکرد بیولوژیکی با مصرف ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی در شرایط آبیاری کامل به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (جدول ۴). این امر از آنجا ناشی می‌شود که مصرف روی سبب انتقال بهتر آب از خاک به گیاه شده و باعث افزایش ماده خشک کل می‌شود. چاکماک (Cakmak, 2009) نیز گزارش کرد که مصرف سولفات روی باعث افزایش ریشه و اندام هوایی گندم گزارش می‌شود.

اثر متقابل سولفات روی و تنش رطوبتی بر مقدار روی در دانه از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). تجزیه داده‌ها نشان داد که در آبیاری کامل و تنش رطوبتی (W_3)، افزایش غلظت محلول پاشی سولفات روی تا ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم تأثیر مثبتی بر مقدار روی در دانه داشت، به‌گونه‌ای که میزان ذخیره عنصر روی بیش از ۵۵ درصد افزایش نشان داد. در حالی که ذخیره عنصر روی با قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی (W_2) و غلظت ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Z_2) حداکثر بود (جدول ۴). ظاهراً غلظت زیاد ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شرایط کم‌آبی شدید (W_2) با کشتن سلول‌هائی که در معرض برخورد با آن قرار می‌گیرند، از جذب و هدایت بخشی از عنصر روی به طرف دانه جلوگیری می‌کند به همین دلیل، غلظت روی در دانه با مصرف ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمی کمتر از ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم شده است. خان و

آزمایشی با حذف اثر حاشیه (یک متر مربع) برداشت و عملکرد بر حسب گرم در متر مربع محاسبه شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی بر حسب درصد به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری مقدار روی در دانه، بعد از خشک شدن کامل، دانه‌ها را با آسیاب خرد کرده و از روش خاکستری خشک، میزان عنصر روی اندازه‌گیری شد. بدین منظور دو گرم ماده خشک آسیاب شده و در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس به مدت دو ساعت در کوره سوزانده شد. خاکستر حاصل با ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک دو نرمال گرم شد و با آب مقطر گرم، صاف کرده و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس با دستگاه جذب اتمی مدل 680AA مقدار عنصر روی در دانه تعیین و محاسبه گردید (Helrich et al., 1990). هم‌چنین برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه با روش کج‌لدال، مقدار نیتروژن دانه را در هر تیمار بدست آورده و با اعمال ضریب ۶/۲۵ درصد، پروتئین دانه محاسبه گردید (Helrich et al., 1990). برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به صورت تجزیه مرکب، از نرم افزار Mstac، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار "Microsoft Excel" و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

بین سال‌های آزمایش از نظر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). به‌علت بهتر بودن شرایط اقلیمی، صفات عملکرد در سال دوم بیشتر از سال اول بود. نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس مرکب دو سال آزمایش نشان داد که قطع آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و پروتئین دانه ارقام گندم در سطح احتمال ۱٪ اثر گذار بوده است (جدول ۳). هم‌چنین کارآیی سولفات روی بر همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد و بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب (دو ساله) بین رقم‌ها بجز شاخص برداشت، در بقیه صفات اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳).

اثر متقابل تنش رطوبتی و سولفات روی بر اکثر صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که سولفات روی به میزان ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در سطوح مختلف تنش رطوبتی به ویژه در عدم تنش رطوبتی باعث افزایش مقدار اکثر صفات مورد بررسی شد (جدول ۴). به‌طوری که عملکرد دانه در مقایسه با غلظت صفر (شاهد) به

اثر متقابل تنش رطوبتی و رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین شاخص برداشت نشان داد که در شرایط عدم تنش، رقم مهدوی با شاخص برداشت ۴۳ درصد بود و با افزایش تنش، شاخص برداشت آن به شدت کاهش یافت، در حالی که شاخص برداشت رقم پیشتاز چه در هنگام فراهمی آب و چه در هنگام تنش، در حد ۳۸ درصد ثابت بود (شکل ۲). به نظر می‌رسد برتری نسبی ضریب انتقال مواد فتوسنتزی به دانه رقم مهدوی در شرایط عدم تنش برتر از دیگر ارقام بوده است. در حالی که رقم پیشتاز نشان داد که هم در شرایط فراهمی آب و هم در شرایط تنش، تسهیم ماده خشک خود را بین دانه و کاه حفظ نموده است. سالمی و همکاران (Salemi et al., 2006) گزارش نمودند که تنش آبی یکنواخت در طول فصل رشد سبب کاهش شاخص برداشت رقم مهدوی و بهبود شاخص برداشت پیشتاز شد.

اثر متقابل سولفات روی و رقم بر پروتئین دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که در همه غلظت‌های سولفات روی، رقم مهدوی بیشترین مقدار پروتئین را داشت. هم‌چنین با مصرف سولفات روی، در همه رقم‌ها افزایش پروتئین مشاهده شد (شکل ۳). بیشترین واکنش به سولفات روی در رقم مهدوی مشاهده داد، به طوری که با مصرف ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی، پروتئین آن به ۱۴/۶ درصد رسید، اما افزایش مصرف آن تا ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم فایده‌ای در بر نداشت و حتی همانند رقم پیشتاز سبب کاهش غیر معنی‌دار پروتئین دانه شد. با این حال در رقم شیراز مصرف اضافی سولفات روی تأثیر مضر نشان نداد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج آزمایش دو ساله برای کلیه صفات در شرایط محیطی نرمال، رقم مهدوی بیشترین مقدار را نشان داد، اما در شرایط تنش شدید، رقم پیشتاز در کلیه صفات برتری خوبی از خود نشان داد. هم‌چنین کاربرد سولفات روی باعث افزایش تمام صفات مورد بررسی شد که در این میان غلظت ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی بیشترین تأثیر روی صفات مورد مطالعه داشت. مصرف سولفات روی به میزان ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در سطوح مختلف تنش رطوبتی و به ویژه در شرایط بدون تنش رطوبتی باعث افزایش عملکرد دانه شد، به طوری که مصرف این مقدار از سولفات روی نسبت به غلظت صفر در شرایط بدون تنش، باعث

همکاران (Khan et al., 2004) گزارش کردند که در مناطق فقیر از عنصر روی مواجه با تنش خشکی، تغذیه روی می‌تواند نقش مهمی در بهبود وضعیت گیاه و مقدار ذخیره روی در دانه داشته باشد.

اثر متقابل تنش رطوبتی و سولفات روی بر مقدار پروتئین دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که در شرایط بدون تنش رطوبتی (W_1) و قطع آب در مرحله گرده‌افشانی (W_2)، با افزایش غلظت سولفات روی مقدار پروتئین دانه به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت، اما به نظر می‌رسد که در شرایط عدم تنش رطوبتی، اثر کاربرد سولفات روی در افزایش پروتئین دانه بیشتر از شرایط (W_2) بود، به گونه‌ای که مصرف سولفات روی در شرایط بدون تنش ۲۷ درصد، اما در (W_2) فقط ۶ درصد باعث افزایش پروتئین دانه شد. این نتیجه نشان می‌دهد که سولفات روی با وجود فراهمی آب تأثیر بیشتری بر اسیدهای آمینه و RNA در رابطه با پروتئین سازی داشته و افزایش پروتئین در شرایط (W_2) بیشتر در ارتباط با کاهش آندوسپرم و افزایش نسبی سبوس دانه بوده است. از طرف دیگر هاسلت و همکاران (Haslet et al., 2001) بیان کردند که غالباً در محلول‌پاشی عنصر روی از دو ترکیب رایج یعنی سولفات روی ($ZnSO_4$) و کلات روی (Zn EDTA) استفاده می‌شود که نقش مؤثری در جهت ساختن اکسین (IAA) از اسید آمینه تریپتوفان، افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی و افزایش قابل ملاحظه پروتئین دانه دارد.

اثر متقابل تنش رطوبتی و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که در شرایط عدم تنش رطوبتی، همه رقم‌ها به ویژه مهدوی عملکرد بالایی داشتند. اگرچه با افزایش تنش رطوبتی، عملکرد دانه در همه رقم‌ها کاهش نشان داد، اما ملاحظه شد که با قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی (W_2) رقم پیشتاز با میزان ۶۱۰۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت (شکل ۱). رقم پیشتاز به عنوان یک رقم متحمل، به دلیل داشتن پتانسیل ژنتیکی مناسب در شرایط تنش نسبت به رقم مهدوی عملکرد بالاتری داشت. سالمی و همکاران (Salemi et al., 2006) گزارش کردند که تنش آبی یکنواخت در طول فصل رشد سبب کمترین و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در رقم مهدوی (۶۱۵۵ کیلوگرم در هکتار) و رقم پیشتاز (۷۴۱۲ کیلوگرم در هکتار) گردید.

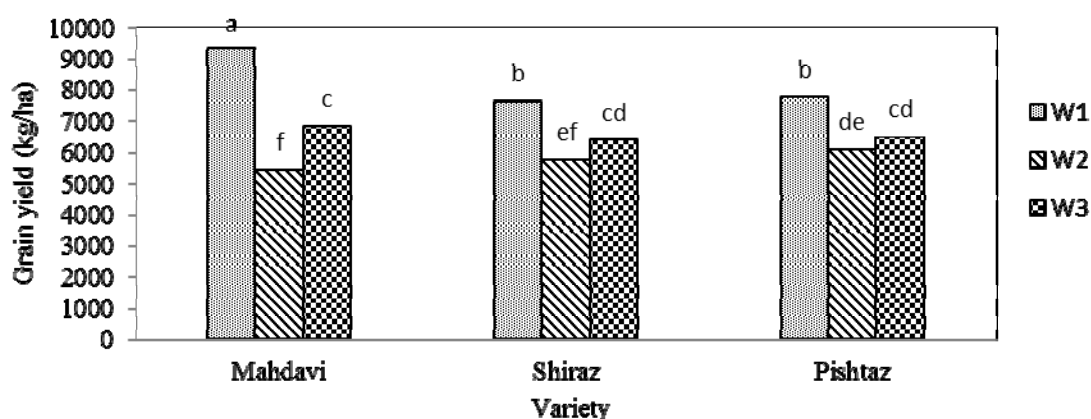
طباطبائیان. اثر محلول پاشی روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم در شرایط کمبود آب

قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در مجموع، تجزیه و تحلیل نتایج این پژوهش نشان داد که با کاربرد سولفات روی مقدار ذخیره عنصر روی در دانه بیش از ۵۵ درصد افزایش نشان داد.

سپاسگزاری

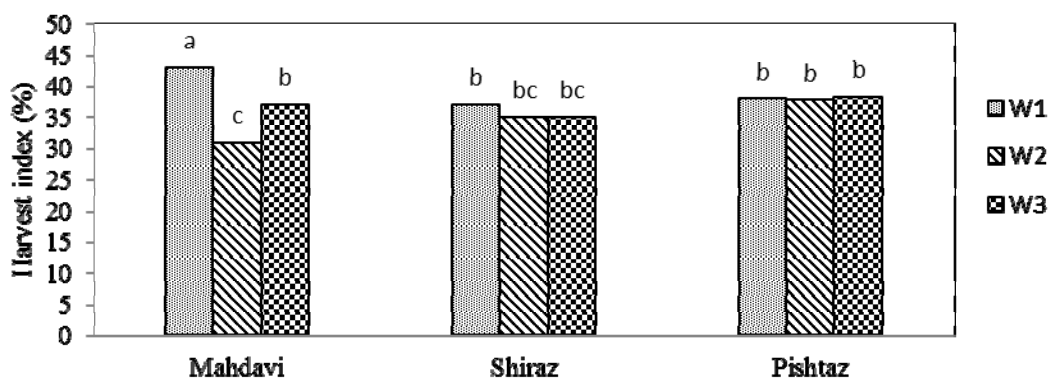
از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان به جهت همکاری در اجرای این طرح پژوهشی تشکر می شود.

افزایش ۲۷ درصدی عملکرد دانه شد. بطور کلی کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل رشد عمدتاً باعث کاهش پر شدن دانه، چروکیدگی و کوچکی اندازه دانه، کاهش فتوسنتز و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی حاصل از آن به دانه‌ها شد و با کاربرد سولفات روی تا حدی خسارت ناشی از تنش خشکی بهبود یافت. نتایج هم‌چنین نشان داد که در شرایط بدون تنش رطوبتی (W_1) و قطع آب در مرحله گرده‌افشانی (W_2)، مقدار پروتئین دانه با افزایش غلظت سولفات روی بطور



شکل ۱- اثر تنش رطوبتی بر عملکرد دانه ارقام گندم

Figure 1. Effects of water stress on grain yield of wheat cultivars



شکل ۲- اثر تنش رطوبتی بر شاخص برداشت ارقام گندم

Figure 2. Effects of water stress on harvest index of wheat cultivars

Table 1 - Chemical properties of soil

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک

PH	Electrical Conductivity (ds.m-1)	Organic Carbon (%)	P Absorption mg.kg ⁻¹	K Absorption mg.kg ⁻¹	Zinc Absorption mg.kg ⁻¹
7.5	3.2	0.77	11.6	230	0.5

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی لایه‌های مختلف خاک

Table 2- Physical properties of different layers of soil

Soil depth (cm)	Soil texture (%)			Soil texture class	Bulk density (g/cm ³)
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)		
0-30	10	58	32	Silty-Loam	1.47
30-60	22	46	30	Clay-Loam	1.46
60-90	40	35	25	Loam	1.42

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، مقدار روی در دانه و پروتئین دانه در ارقام مختلف گندم

Table 3. Combined analysis of variance for biological yield, grain yield, harvest index, grain Zn and grain protein in different varieties of wheat

S.O.V.	D.F.	Grain yield	Biological yield	Harvest index	Grain Zn	Grain protein
Year (Y)	1	6648627**	541780167**	938**	0.22 ^{ns}	0.07 ^{ns}
Replication*Year (R*Y)	4	2347330801 ^{ns}	17304002 ^{ns}	36 ^{ns}	41 ^{ns}	3.38 ^{ns}
Water deficit (W)	2	95793781**	309747549**	315**	20.28 ^{ns}	155.5**
Y*W	2	4245603*	23925798 ^{ns}	217*	0.022 ^{ns}	0/003 ^{ns}
Error 1 (E1)	8	568947	6037776	26	12.93 ^{ns}	6.7 ^{ns}
Zink sulfate (Z)	2	10500895**	33605487**	93*	2527.65**	20**
Y*Z	2	155844 ^{ns}	24080403*	90*	0.005 ^{ns}	0.001 ^{ns}
W*Z	4	6340566**	37208866**	41 ^{ns}	103.6*	21.9**
Y*W*Z	4	1054418*	19855305*	78*	0.058 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Variety (V)	2	3903971**	26813793*	63 ^{ns}	189.3**	6*
Y*V	2	374868 ^{ns}	26420359*	74 ^{ns}	0.033 ^{ns}	0.002 ^{ns}
W*V	4	6273167**	1662145 ^{ns}	195**	54.9 ^{ns}	1.49 ^{ns}
Y*W*V	4	1471503**	5480878 ^{ns}	8 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Z*V	4	64775 ^{ns}	1816051 ^{ns}	26 ^{ns}	19.96 ^{ns}	6.4**
Y*Z*V	4	111267 ^{ns}	6479006 ^{ns}	26 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.002 ^{ns}
W*Z*V	8	547255 ^{ns}	11621178*	42 ^{ns}	56.6 ^{ns}	4.1*
Y*W*Z*V	8	336074 ^{ns}	8294798 ^{ns}	31 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Error2 (E2)	96	407061	5664448	24	31.54	1.7
C.V. (%)	-	9	12	13	17	10

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

طباطبائیان. اثر محلول پاشی روی بر عملکرد کمی و کیفی گندم در شرایط کمبود آب

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تنش رطوبتی و کاربرد سولفات روی بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، مقدار روی در دانه و پروتئین دانه در دو سال

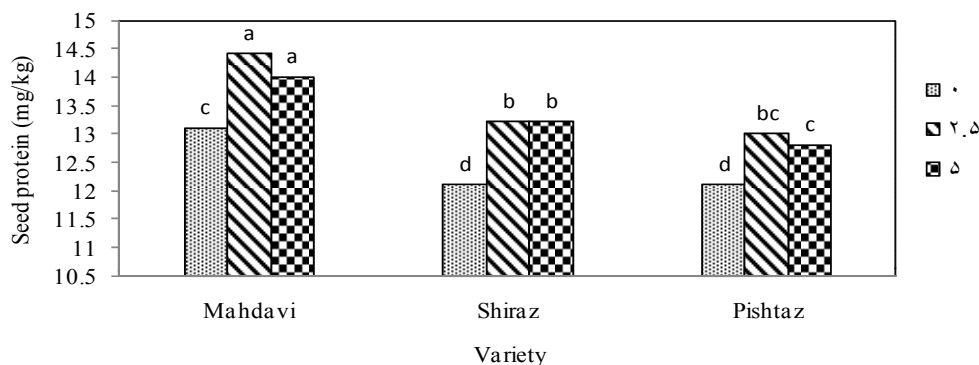
Table 4. Mean comparison for the effect of water deficit and zinc sulfate application on grain yield, biological yield, harvest index, grain Zn and grain protein in two years

Treatments	Grain yield (kg.ha-1)	Biological yield (kg.ha-1)	Harvest index (%)	Grain Zn (mg.kg-1)	Grain protein (mg.kg-1)
W ₁ Z ₁	7286 ^c	19981 ^{bc}	37 ^{bc}	26 ^{bc}	9 ^e
W ₁ Z ₂	9279 ^a	23994 ^a	39 ^{ab}	33 ^{ab}	11 ^d
W ₁ Z ₃	8590 ^b	20903 ^b	42 ^a	37 ^a	11.5 ^{cd}
W ₂ Z ₁	5707 ^e	17720 ^{de}	32 ^d	23 ^c	13.8 ^b
W ₂ Z ₂	6313 ^d	17830 ^{cde}	36 ^{bc}	38 ^a	14.1 ^{ab}
W ₂ Z ₃	5339 ^e	16147 ^e	34 ^{cd}	36 ^{ab}	14.7 ^a
W ₃ Z ₁	6637 ^d	17273 ^{bcd}	35 ^{bc}	26 ^{bc}	13.2 ^{bc}
W ₃ Z ₂	6686 ^d	17596 ^{de}	38 ^{abc}	34 ^a	13.6 ^b
W ₃ Z ₃	6414 ^d	17723 ^{de}	36 ^{bc}	39 ^a	13.9 ^b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% of probability level using Duncan's Multiple Range Test.

W₁: Complete irrigation, W₂: Halted irrigation after pollination, W₃: Halted irrigation after grain milk stage
Z₁: Zinc sulfate 0 mg.kg⁻¹, Z₂: Zinc sulfate 2.5 mg.kg⁻¹, Z₃: Zinc sulfate 5 mg.kg⁻¹



شکل ۳- اثر کاربرد سولفات روی بر مقدار پروتئین دانه در ارقام گندم

Figure 3. Effects of sulfate zinc on seed protein of wheat cultivars

References

- Cakmak I (2009) Enrichment of fertilizers with zinc: an excellent investment for humanity and crop production in India. *Journal of Trace Elements Medical Biological* 10: 10-16.
- Chker Al hosseini M, Mohtashami R, Oliyaie HR (2009) Effects of zinc source and method on yield and quality of rice of Cv. Cheram. *Journal of Agricultural Science* 5(1): 33-43.
- Graham AW (2004) Effects of zinc nutrition and high temperature on the growth, yield and grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Ph.D Thesis, University of Adelaide, USA.
- Gupta US (1998) Production and improvement of crops for dryland. First Edition (Translated by Koocheki, A). Jahad-e Daneshgahi Publications University of Mashhad, pp. 52-54. [In Persian With English Abstract].

- Haslett BS, Reid RJ, Rengel Z (2001) Zinc mobility in wheat: Uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. *Annals of Botany* 87: 379-386.
- Helrich K (1990) Association of official analytical chemists. 15th Edition. Volume 1. AoAc, Inc. 673 pp.
- Khan HR, McDonald GK, Rengel Z (2004) Zinc fertilization and water stress affects plant water relations, stomata conductance and osmotic adjustment in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant and Soil* 267: 271-284.
- Khan MA, Fuller MP, Baloch FS (2008) Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a Calcareous soil in Pakistan. *Cereal Research Communications* 36(4): 571-582.
- Malakouti MJ, Tehrani MM (2001) Effects of micronutrients on the yield and quality of agricultural products. (2nd edition). Tarbiat Modarres University Press, 299 pp. (In Persian).
- Mamnouie E, Fotohi Ghazvini R, Esfahany M, Nakhoda B (2006) The effects of water deficit on crop yield and physiological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Journal of Agricultural Science and Technology* 8: 211-219.
- Mollabashi A, Khorshidi M, Farboodi M (2007) Relationship between grain yield and dry matter after flowering with no stress and drought stress conditions in the last season in promising cultivars of winter wheat. *Journal of Agricultural Science, University of Tabriz*. 1(3): 67-78. [In Persian With English Abstract].
- Movahedy-Dehnavy M, Modarres-Sanavy SAM, Bidgoli M (2009) Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crop and Productions* 30: 82-92.
- Peleg Z, Saranga Y, Yazici A, Fahima T, Ozturk L, Cakmak I (2008) Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes. *Plant Soil* 306: 57-67.
- Salemi HR, Malek S, Afuni D (2006) Effect of limited irrigation on grain yield and qualitative traits of six new wheat cultivars in Kabouta-abad, Isfahan. *Journal of Agricultural Engineering Research* 27: 132-146.
- Sarkaro D, Mandel B, Kundu MC (2007) Increasing use efficiency of boron fertilizers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. *Plant Soil* 301: 77-85.
- Thalooth A, Badr NM, Mohamed MH (2005) Effect of foliar spraying with zinc and different levels of phosphatic fertilizer on growth and yield of sunflower plants grown under saline conditions. *Egyptian Journal of Agronomy* 27: 11-22.