



## ارزیابی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه گندم در رژیم‌های آبیاری تحت تاثیر محلول پاشی سولفات منگنز

فرهاد فرحوش<sup>۱\*</sup>، فاطمه هاشم‌زاده<sup>۲</sup> و فرشاد سرخی لاله‌لو<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۹/۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۰

### چکیده

به منظور بررسی تاثیر محلول پاشی سولفات منگنز بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام هگزاپلوئید (پیشگام و الوند) و تتراپلوئید (چهل دانه و ساجی) گندم تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در پاییز سال ۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش عبارتند از رژیم‌های مختلف آبیاری در ۳ سطح شامل آبیاری با دور ۷ روز (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله طویل شدن ساقه (کد ۳۰ مقیاس زادوکس) و قطع آبیاری در مرحله آبستنی (کد ۴۵ مقیاس زادوکس)، فاکتور فرعی کود سولفات منگنز در ۳ سطح شامل عدم محلول پاشی سولفات منگنز، محلول پاشی ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده پس از تجزیه خاک (با غلظت پنج در هزار) و همچنین فاکتور فرعی در چهار سطح شامل دو رقم هگزاپلوئید پیشگام و الوند و دو رقم گندم تتراپلوئید چهل دانه و ساجی. نتایج نشان داد که رژیم‌های مختلف آبیاری تاثیر معنی داری بر میزان انتقال ماده خشک از میانگه برگ پرچم، مقدار نسبی آب برگ، طول دوره پر شدن و سرعت پر شدن دانه، مقدار پرولین برگ، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه داشتند. قطع آبیاری در هر دو مرحله و همچنین عدم محلول پاشی کود سولفات منگنز سبب کاهش عملکرد دانه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گردید. قطع آبیاری در مرحله طویل شدن ساقه گندم مقدار نسبی آب برگ را ۳۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. همچنین، قطع آبیاری منجر به افزایش مقدار پرولین برگ گردید، به طوری که قطع آبیاری در مرحله طویل شدن ساقه گندم مقدار پرولین برگ را از ۵/۳۵ به ۸/۳۴ میکرومول بر گرم وزن تر افزایش داد. در رژیم‌های مختلف آبیاری مشخص شد که تیمارهایی که با فواصل ۷ روز آبیاری شده بودند در مقایسه با تیمارهای تحت قطع آبیاری، دوره پر شدن دانه طولانی‌تر (۳۶ روز) داشتند. بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۰۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب) نیز با حجم کل آب مصرفی ۲/۴ مترمکعب برای هر کرت فرعی تحت آبیاری با فاصله ۷ روز به دست آمد.

**واژگان کلیدی:** آبیاری، سولفات منگنز، گندم، محلول پاشی.

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. (\* نگارنده‌ی مسئول) farahvash@iaut.ac.ir  
۲- دانش آموخته‌ی دکترای زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.  
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میاندوآب، دانشگاه آزاد اسلامی، میاندوآب، ایران.

## مقدمه

خشکی و شوری جزو تنش‌های غیرزنده هستند که تولید محصولات زراعی و کیفیت دانه را در سرتاسر جهان تحت تاثیر قرار می‌دهند. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جهانی برای تولید مواد غذایی است. علاوه بر این تغییرات آب و هوا و افزایش جمعیت جهان ابعاد این مشکل را گسترده‌تر می‌نمایند (Kumar, 2014). گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیا است که در بین غلات از نظر تولید و سطح زیر کشت در رتبه اول قرار دارد (Bushuk and Rasper, 1994). با توجه به این که بخش زیادی از اراضی زیر کشت غلات در جهان و از جمله ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است، بنابراین، به علت کمبود منابع آب و در نتیجه خشکی محیط عملکرد گندم شدیداً کاهش می‌یابد. خشکی می‌تواند کیفیت محصولات را نیز تحت تاثیر قرار دهد (Hlavinka et al., 2009). در مناطق با آب و هوای مدیترانه‌ای (نظیر قسمت اعظم مناطق ایران) مرحله پر شدن دانه گندم اغلب با وقوع تنش خشکی همراه است (Austin et al., 2001; Richards et al., 1980)، که از طریق کاهش سرعت فتوسنتز، کاهش اندازه منبع (پیری برگ‌ها) و ظرفیت مخزن فیزیولوژیک (تعداد سلول‌های آندوسپرم و فعالیت آنزیمی دانه) و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Royo et al., 2000; Yang and Zhang, 2006). سطح زیر کشت گندم دیم استان آذربایجان شرقی در سال زراعی ۱۳۹۲ بیش از ۳۴۰ هزار هکتار با میانگین تولید ۲/۱ تن در هر هکتار و گندم آبی با بیش از ۹۵ هزار هکتار با عملکرد بیش از چهار تن در هر هکتار بوده است.

احمدی‌لاهیجانی و امام (Ahmadi-Lahijani and Emam, 2013) در تحقیقی نشان دادند که قطع آبیاری پس از گلدهی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، شاخص افت دمای سایه‌انداز گیاهی، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و محتوای آب نسبی برگ‌پرچم گندم شد. نمروری و همکاران (Namarvari et al., 2012) در آزمایشی نشان دادند که قطع آبیاری بر صفات عملکرد دانه، وزن خشک تک بوته و شاخص برداشت گندم معنی‌دار بود. کاهش رطوبت خاک در دوره پر شدن دانه گندم نه فقط در زراعت دیم که زراعتی کاملاً وابسته به نزولات جوی است، بلکه در زراعت فاریاب نیز به دلایلی نظیر محدودیت منابع آب و رقابت سایر بخش‌های مصرف‌کننده آب و حتی زیر بخش‌های کشاورزی و همچنین عدم تمایل برخی از کشاورزان به آبیاری در دوره مذکور، ممکن است عملکرد دانه گندم به‌وسیله سرعت و مدت پر شدن دانه تعیین شود (Quarrie and Jones, 1981). محیط روی سرعت پر شدن دانه و نیز روی طول دوره پر شدن دانه مؤثر است. تحت شرایط خشکی به‌علت کاهش شدید فتوسنتز جاری گیاه، انباشت مواد حاصل از این فرآیند در دانه محدود می‌گردد، در چنین شرایطی ممکن است طول دوره پر شدن دانه کاهش یابد (Johnson et al., 2003). اهدایی و وینز (Ehdaie and Waines, 1996) گزارش کردند که میانگین درصد انتقال مجدد در شرایط تنش (۴۴/۶ درصد) از میانگین انتقال در شرایط مطلوب آب (۲۹/۵ درصد) بیشتر است. نتایج آزمایش شریفی (Sharifi, 1997) نیز نشان داد که اعمال تنش رطوبت در مرحله پر شدن دانه گندم سبب کاهش

بعد از گرده‌افشانی در اندام‌های رویشی ذخیره می‌شوند، یک بافر مهم برای تعدیل تغییرات عملکرد دانه گندم در شرایط بروز تنش در دوره پر شدن دانه به‌شمار می‌رود ( Flood *et al.*, 1995). گیاهان در هنگام تنش خشکی با تغییراتی که در برخی از خصوصیات فیزیولوژیک خود ایجاد می‌کنند به تنش‌های محیطی پاسخ می‌دهند، یکی از این پاسخ‌ها تجمع پرولین است. افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در گندم (Keyvan, 2010) گزارش شده است. طبق نتایج آزمایش گیانکارلا و همکاران (Giancarla *et al.*, 2011) تجمع پرولین با توانایی گیاه برای زنده ماندن در شرایط کمبود آب مرتبط می‌باشد. در مطالعه‌ای روی دو وارسته حساس و مقاوم گندم دوروم مشاهده شد که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در رقم مقاوم به خشکی در مقایسه با پرولین شاخص مناسب‌تری برای نشان دادن مقاومت به خشکی است، زیرا پرولین تحت تنش خشکی کمتر افزایش یافت و میزان افزایش آن در هر دو وارسته حساس و مقاوم یکی بود ( Kameli and Losel, 1993). گیاهان مقاوم به خشکی دارای خصوصیات مورفولوژیک و متابولیک خاصی هستند که آنها را قادر می‌سازد در شرایط کمبود آب مقدار بیشتری آب در بافت‌هایشان ذخیره سازند. بوته‌های قطع شده ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی در مقایسه با انواع حساس آن، با سرعت کمتری رطوبت خود را ازدست می‌دهند. مصرف عناصری نظیر منگنز در فرآیند تولید محصولات زراعی علاوه بر افزایش تولید، بهبود کمیت و کیفیت محصولات و غنی‌سازی آنها را نیز به دنبال دارد و در این راستا هدف از اجرای این تحقیق، بررسی ارقام مختلف گندم از نظر پتانسیل

طول دوره گرده افشانی تا رسیدگی و عملکرد دانه گردید.

امروزه به سبب پایین بودن غلظت عناصر ریزمغذی در دانه گندم که غذای اصلی مردم ایران می‌باشد، ظهور و گسترش بسیاری از بیماری‌ها مانند سنگ کلیه، کم‌خونی، خستگی مفرط و بیماری‌های گوارشی در کشور شایع شده است (Malakoti and Lutfolahi, 1999). سادانا و نایار (Sadana and Nayyar, 1991) اعلام کردند مصرف خاکی و محلول‌پاشی سولفات منگنز می‌تواند عملکرد دانه گندم را از ۱/۶ به ۲/۴ تن در هکتار افزایش دهد. منگنز به عنوان عنصر غذایی ضروری گیاه در مرحله‌ی فتوسنتز (واکنش هیل) و ساخت پروتئین، قند و چربی مورد نیاز می‌باشد (Gholamin and Khayatnezhad, 2012). در اثر کاهش فتوسنتز میزان کربوهیدرات‌های محلول به خصوص در ریشه‌ها به میزان زیادی کاهش می‌یابد. کاهش کربوهیدرات موجب کاهش عملکرد می‌گردد ( Marschner and Rommheld, 1995; Wiedenhoef, 2006). گندم از گیاهانی است که بیشترین حساسیت را به کمبود منگنز نشان می‌دهد (Graham *et al.*, 1988). یکی از روش‌های مؤثر برای استفاده به‌نژادگران در معرفی ژنوتیپ‌های پرمحصول گندم برای مناطق خشک، شناخت بهتر صفات فیزیولوژیک مانند میزان انتقال ماده خشک از میانگره برگ پرچم، طول دوره و سرعت پر شدن دانه، مقدار پرولین برگ و عملکرد دانه است. به موازات رشد دانه گندم، کربوهیدرات‌های محلول بیشتری از بافت‌های مختلف گیاه به سمت دانه حرکت می‌کنند. این حرکت از نظر مقدار و سهم آن در وزن دانه در شرایط خشکی از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین، توزیع مجدد کربوهیدرات‌هایی که قبل و

(C<sub>3</sub>)-ساجی (C<sub>4</sub>) بود. قبل از انجام آزمایش به منظور تعیین مقادیر برخی عناصر موجود در خاک، نمونه برداری از خاک محل در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر آزمایش انجام گرفت. آمار هواشناسی و نتایج تجزیه خاک به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است.

تعداد کرت‌های اصلی آزمایشی ۹ عدد و هر کرت فرعی شامل ۴ ردیف کاشت به صورت جوی و پشته به طول ۵/۲ متر و با فاصله ۱۵ سانتی‌متر با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. در ضمن فاصله کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های اصلی در یک بلوک یک متر و فاصله بین بلوک‌ها یک و نیم متر در نظر گرفته شد. بذر گندم از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (مراغه) و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) تهیه شده و قبل از کاشت با قارچ‌کش ویتاواکس ضدعفونی گردید. به منظور ارزیابی میزان ماده خشک انتقال یافته از میانگه برگ پرچم در دو مرحله گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، نمونه‌هایی از میانگه برگ پرچم برداشته شده و سپس وزن خشک با قرار دادن نمونه‌ها در یک پاکت و در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت با ترازوی حساس به دقت اندازه‌گیری شد و مقدار ماده خشک انتقال یافته از میانگه برگ پرچم با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Papakosta and Gagianas, 1991).

ماده خشک برگ پرچم در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک- ماده خشک برگ پرچم در مرحله گرده افشانی= میزان انتقال ماده خشک از میانگه برگ پرچم

برای تعیین مقدار نسبی آب (RWC) برگ از فرمول زیر استفاده گردید.

$$RWC = (F_w - D_w) / (S_w - D_w) \times 100$$

(Ritchie and Nguyen, 1990).

عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک مانند سرعت و طول دوره پر شدن دانه بود.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی سولفات منگنز (MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O) حاوی ۲۶ درصد منگنز بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام هگزاپلوئید و تتراپلوئید گندم (*Triticum spp.*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در پاییز سال ۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه در این پژوهش عبارت از فاکتور اصلی (A) رژیم‌های مختلف آبیاری در ۳ سطح شامل آبیاری با دور ۷ روز (شاهد) (a<sub>1</sub>)، قطع آبیاری در مرحله طویل شدن ساقه (کد ۳۰ مقیاس زادوکس) (a<sub>2</sub>) و قطع آبیاری در مرحله آبستنی (کد ۴۵ مقیاس زادوکس) (a<sub>3</sub>) (Zadoks et al., 1974) و پس از قطع تا پایان دوره، آبیاری صورت نگرفت. فاکتور فرعی B شامل سولفات منگنز در ۳ سطح صفر درصد (شاهد یا عدم محلول‌پاشی سولفات منگنز، تنها با آب مقطر به علت مشابه‌سازی شرایط پایه) (b<sub>1</sub>)، ۵۰ درصد مقدار توصیه شده پس از آزمون خاک (b<sub>2</sub>) و محلول‌پاشی ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده پس از آزمون خاک (b<sub>3</sub>) (با غلظت پنج در هزار کود سولفات منگنز) در نظر گرفته شد. محلول‌پاشی از مرحله ۱۰-۹ برگی طبق تیمارهای آزمایشی شروع گردید. لازم به ذکر است که مقدار سطح بحرانی منگنز در خاک ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شد. همچنین، فاکتور فرعی C در چهار سطح شامل دو سطح هگزاپلوئید (پیشگام (C<sub>1</sub>)- الوند (C<sub>2</sub>)) و دو سطح گندم تتراپلوئید (چهل‌دانه

## نتایج و بحث

### میزان انتقال ماده خشک از میانگه

**برگ پرچم:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که قطع آبیاری تاثیر معنی داری بر انتقال ماده خشک از میانگه برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). میزان انتقال ماده خشک از میانگه برگ پرچم در تیمارهایی که در معرض قطع آبیاری قرار گرفته بوده اند نسبت به هر دوره قطع آبیاری بیشتر بود (جدول ۴). توان بالقوه ذخیره سازی مواد فتوسنتزی در ساقه و سپس کارایی انتقال آنها به دانه دو خصوصیت مؤثر در ثبات عملکرد تحت شرایط تنش خشکی می باشد. طوری که محققان از این پدیده به عنوان خاصیت بفری ساقه نام برده اند (Flood *et al.*, 1995). در این تحقیق تحت شرایط قطع آبیاری وزن میانگه برگ پرچم یک روند نزولی داشت. با توجه به اینکه پر شدن سلول های آندوسپرمی دانه گندم تقریباً دو هفته پس از گلدهی شروع می شود تا این موقع مخزن های قوی مواد فتوسنتزی هنوز فعال نشده اند، لذا مواد فتوسنتزی جاری برگ ها در ساقه تجمع می یابد (Schnyder, 1993). روند کاهش بعدی در میانگه برگ پرچم مبین آن است که این مواد ذخیره شده در مراحل بعدی تحت شرایط تنش خشکی مورد استفاده گیاه قرار می گیرند. در غلات شروع حداکثر تجمع مواد ذخیره ای ساقه در مرحله قبل از پر شدن دانه می باشد. از مرحله شروع پر شدن دانه به بعد، شکل گیری مقصدهای قوی و در نتیجه نیاز بالا به مواد فتوسنتزی، از یک سو و کاهش اندازه مبدا فتوسنتزی به دلیل وجود محدودیت های بیرونی و درونی (محدودیت های عوامل محیطی و پیری و ...) و در نتیجه عرضه پایین مواد فتوسنتزی از سوی دیگر شرایط محدودیت مبدا را ایجاد

$F_w$ : وزن تر برگ،  $D_w$ : وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون و  $S_w$ : وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت دوره پر شدن دانه نیز از شروع هفته دوم پس از گرده افشانی (تقریباً با شروع پر شدن دانه) تا زمان توقف رشد، زمانی که افزایشی در وزن خشک دانه در دو مرحله نمونه برداری متوالی مشاهده نشد، در نظر گرفته شد. سرعت پر شدن دانه از طریق تقسیم کردن وزن نهایی دانه به دوره پر شدن به دست آمد (Egli, 1999). برای تعیین عملکرد دانه بعد از جدا کردن دانه ها از بوته (۱۰ بوته رقابتی) آنها را در آون ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و سپس با استفاده از ترازوی حساس ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. کارایی مصرف آب از رابطه زیر تعیین گردید:

$L$  آب مصرفی برای هر کرت (g) عملکرد دانه در هر کرت = کارایی مصرف آب (WUE)

نحوه اندازه گیری آب وارد شده به هر کرت از طریق نصب کنتور آب در مقطع ورودی آب به مزرعه و ثبت مقدار آب وارد شده به مزرعه (هر کرت ۰/۲ مترمکعب معادل ۲۰۰ لیتر آب بر حسب تیمار) بود. مقدار پرولین نیز در ۱۰ برگ پرچم در مرحله گرده افشانی بر اساس واکنش با معرف نین هیدرین و اسپکتروفتومتری تعیین شد (Bates *et al.*, 1973). جهت نمونه برداری و تهیه جامعه آماری تحقیق برای بررسی صفات مورد نظر، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی برداشت شد. تجزیه آماری داده های حاصل از صفات مورد مطالعه توسط نرم افزارهای SPSS 16 انجام گردید. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم شکل ها از نرم افزار Excel 2007 استفاده گردید.

آبیاری می‌گردد. بنابراین، یکی از مهم‌ترین تغییرات ناشی از تنش خشکی، کاهش مقدار نسبی آب برگ می‌باشد. این صفت می‌تواند توانمندی گیاه در مواجهه با تنش خشکی را نشان دهد. با افزایش تنش رطوبتی، مقدار نسبی آب برگ پرچم در برگ‌های گندم کاهش پیدا می‌کند. این نتایج با نتایج حاصل پژوهش شون‌فیلد و همکاران (Schonfeld *et al.*, 1988) مطابقت دارد. همچنین، نتایج تحقیقی نشان داد که مقدار نسبی آب برگ گندم تحت شرایط اعمال تنش خشکی در دوره زایشی در مقایسه با آبیاری مطلوب به شدت کاهش یافته بود (Jafarnezhad *et al.*, 2013).

**طول دوره پر شدن دانه: طول دوره پر شدن دانه تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳).** با مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف آبیاری مشخص شد که تیمارهایی که با فواصل ۷ روز آبیاری شده بوده‌اند در مقایسه با تیمارهای تحت قطع آبیاری، دوره پر شدن دانه طولانی (۳۶ روز) داشته‌اند. درحالی‌که، طول این دوره در تیمارهایی که تا مرحله آبستنی و طولی شدن ساقه آبیاری شده بودند به ترتیب ۳۳ و ۲۴ روز بود (جدول ۴). محیط روی طول دوره پر شدن دانه مؤثر است، طوری که تحت شرایط قطع آبیاری طول دوره پر شدن دانه کاهش پیدا می‌کند (Gebeyhou *et al.*, 2001). در شرایط تنش خشکی بعد از گرده افشانی، به علت کاهش شدید فتوسنتز جاری گیاه، انباشت مواد حاصل از این فرآیند در دانه محدود می‌گردد، در چنین شرایطی طول دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد (Johnson *et al.*, 2003). همچنین، در تنش‌های شدیدتر کاهش طول دوره پر شدن به دلیل کاهش محتوای آب

می‌کند. در این حالت انتقال مجدد مواد ذخیره میانگه برگ پرچم جهت جبران محدودیت مبدا رخ می‌دهد. تنش رطوبتی در این مرحله سهم مواد حاصل از انتقال مجدد را افزایش می‌دهد (Schnyder, 1993). این نتایج با بررسی بسیاری از محققین که استفاده از ذخایر ساقه را برای رشد دانه گزارش کرده‌اند، هم‌هنگ است (Ehdaiee, 1998; Ahmadi, 2000).

#### مقدار نسبی آب برگ: مطابق نتایج جدول

۳ مقدار نسبی آب برگ فقط تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. مطابق مقایسات میانگین جدول ۴ محتوای نسبی آب برگ تحت رژیم‌های آبیاری با دور ۷ روز ۶۶/۴۹ درصد، قطع آبیاری در مرحله طولی شدن ساقه ۴۴/۵ درصد و قطع آبیاری در مرحله آبستنی ۵۲/۶۱ درصد بود. بالا بودن مقدار نسبی آب تحت رژیم‌های آبیاری با دور ۷ روز حاکی از بهتر بودن وضعیت رطوبتی برگ از شرایط قطع آبیاری بود. ولی مقدار آن از مقادیر ارایه شده از سوی سایر پژوهشگران، ۸۷ درصد در گندم (Ahmadi and Baker, 2001)، ۷۶ درصد در گندم (Dhanda and Sethi, 2002) و ۹۰ درصد در نخود (Moinuddin and Khannu, 2004) کمتر بود. این تفاوت در نتایج ممکن است به دلیل شرایط متفاوت آزمایش، زمان اندازه‌گیری مقدار نسبی آب و یا سن گیاه باشد. قطع آبیاری در این تحقیق موجب کاهش مقدار نسبی آب گردید. می‌توان گفت که با کاهش آب در خاک، میزان آب موجود در گیاه از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رساند تا آب با نیروی بیشتری وارد گیاه شود. همین امر سبب کاهش آب در درون بافت‌ها در شرایط قطع آبیاری نسبت به شرایط بدون قطع

دارند. کمترین سرعت پر شدن دانه نیز مربوط به تیمار  $b_1c_1$  (عدم محلول پاشی سولفات منگنز در رقم پیشگام) بود. بنابراین، استنباط می شود که واکنش ارقام مختلف گندم نسبت به کود سولفات منگنز در سرعت پر شدن دانه متفاوت بوده است و رقم چهل دانه بدون محلول پاشی توانسته است سرعت بیشتری در پر شدن دانه داشته باشد. همچنین، محلول پاشی کود سولفات منگنز در رقم پیشگام تاثیر به سزایی در افزایش سرعت پر شدن دانه داشته است. احتمال می رود دلیل این افزایش تاثیر مثبت کود سولفات منگنز در فعالیتهای فیزیولوژیکی این رقم باشد.

#### مقدار پرولین برگ پرچم: نتایج تجزیه

واریانس بیانگر آن است که مقدار پرولین برگ پرچم تحت تاثیر رژیم های مختلف آبیاری و کود سولفات منگنز در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۳). مقدار پرولین برگ پرچم در تیمارهای با دور آبیاری ۷ روزه، کمتر بود. طوری که با مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی مشخص شد که بیشترین مقدار پرولین ( $8/34$  میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمارهایی بود که آبیاری فقط تا مرحله طویل شدن ساقه انجام گرفت (جدول ۴). گیاهان در هنگام تنش خشکی با تغییراتی که در برخی از خصوصیات فیزیولوژیک خود ایجاد می کنند به تنش های محیطی واکنش نشان می دهند، یکی از این واکنش ها تجمع پرولین است (Kameli and Losel, 1993). تجمع پرولین در گیاهان در معرض کم آبی تنها نتیجه ی تنش نبوده بلکه قسمتی از سیستم دفاعی متابولیک بر علیه تنش غیرزنده می باشد (Turkan, 2011). در این تحقیق نیز با قطع آبیاری در مرحله طویل شدن ساقه میزان پرولین به شدت افزایش یافت. البته تجمع

دانه و یا توقف فعالیت متابولیکی مخزن می تواند باشد (Ahmadi and Baker, 2001). پاک نژاد و همکاران (Paknejad et al., 2007) نیز در ارزیابی تاثیر تنش خشکی در طول دوره پر شدن دانه گندم نیز شاهد کاهش طول این دوره بودند که با نتایج این آزمایش در یک راستا قرار دارد. همچنین، نتایج به دست آمده با نتایج کواری و جانز (Quarrie and Jones, 1981) که اعلام نمود وقوع تنش در مرحله گلدهی و دانه بندی گندم دوره پر شدن را ۱۰ تا ۱۱ روز کوتاه تر می کند، مطابقت دارد.

#### سرعت پر شدن دانه: بر اساس نتایج

تجزیه واریانس داده ها مشخص شد که سرعت پر شدن دانه تحت تاثیر رژیم های مختلف آبیاری و سولفات منگنز در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دو جانبه کود سولفات منگنز و ارقام گندم در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۳). مقایسات میانگین سطوح مختلف آبیاری نشان داد که تیمارهایی که تا آخر مرحله رشد و نمو گندم آبیاری شده بودند، سرعت بیشتری در پر کردن دانه داشتند (جدول ۴). بنابراین، قطع آبیاری سبب کاهش معنی دار سرعت پر شدن دانه شد. چنین نتیجه ای توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Ahmadi and Baker, 2001). کاهش در میزان عرضه مواد فتوسنتز، افزایش آبسیدیک اسید و یا کاهش در فعالیت آنزیم های درگیر در سنتز نشاسته می تواند در کاهش سرعت پر شدن دخیل باشد (Ahmadi and Baker, 2001). همچنین، از لحاظ سرعت پر شدن دانه تیمارهای  $b_1c_3$  (عدم محلول پاشی کود سولفات منگنز در رقم چهل دانه) و  $b_2c_1$  (محلول پاشی ۵۰٪ کود سولفات منگنز در رقم پیشگام) در گروه آماری مشابه و بالاتری قرار

توسط کانوپی تاثیر منفی بر عملکرد دانه داشته است و با توجه به این که کارایی مصرف آب از نسبت عملکرد دانه به آب مصرفی به دست می‌آید، بنابراین کاهش این مؤلفه منجر به کاهش کارایی مصرف آب گردیده است. مجیدیان و قدیری (Majidian and Gadiri, 2002) نتیجه گرفتند که آبیاری معادل نیاز آبی گیاه ذرت دارای بیشترین کارایی مصرف آب بود و اختلاف معنی‌داری با بقیه سطوح آبیاری داشت و با افزایش میزان تنش خشکی کارایی مصرف آب نیز کاهش پیدا کرد. لیل و بوردوسکی (Lyle and Bordvoskey, 1995) نیز گزارش کردند، در صورتی که مقدار آب آبیاری ثابت و فاصله آبیاری‌ها از شش روز به نه تا دوازده روز برسد عملکرد به میزان ۳۰ درصد کاهش می‌یابد که این خود دارای اثر مستقیم بر کارایی مصرف آب است. کاهش کارایی مصرف آب در ذرت تحت شرایط تنش خشکی توسط ال‌کیسی و یین (Al-Kaisi and Yin, 2003) نیز گزارش شده است. محلول‌پاشی سولفات منگنز نیز در سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد باعث افزایش شدید صفت مذکور در مقایسه با عدم محلول‌پاشی کود گردید (جدول ۵). بنابراین تاثیر مثبت سولفات منگنز در کارایی مصرف آب در این تحقیق را می‌توان به بهبود نور جذب شده توسط کانوپی و فتوسنتز که منجر به افزایش عملکرد دانه شده است، نسبت داد.

#### عملکرد دانه در هکتار: عملکرد دانه در

هکتار، تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری، کود سولفات منگنز و اثر متقابل رژیم‌های مختلف آبیاری و کود سولفات منگنز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های مختلف آبیاری و کود سولفات منگنز نشان داد که آبیاری با دور ۷ روز

پرولین تحت تاثیر گونه گیاهی و ژنوتیپ قرار می‌گیرد به طوری که، افزایش ۳ تا ۳۰۰ برابری پرولین در گونه‌های مختلف گیاهی تحت تنش خشکی گزارش شده است (Dlauney and Verma, 1993)، از آن جمله می‌توان به افزایش معنی‌دار آن در اثر تنش در گندم (Baji et al., 2001) در نخود (Sanchez et al., 1998)، در یونجه (Safarnejad, 1996) و در کلزا (Moradshahi et al., 2004) اشاره نمود. افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش خشکی، حاکی از توانایی نسبی گیاه در تنظیم اسمزی می‌باشد. مقایسات میانگین سطوح مختلف سولفات منگنز نشان داد که با محلول‌پاشی کود سولفات منگنز (۵۰ و ۱۰۰ درصد) مقدار پرولین برگ پرچم افزایش یافته است. این افزایش نسبت به عدم محلول‌پاشی کود سولفات منگنز تقریباً ۱۶ درصد بود (جدول ۵). عناصر ریزمغذی به‌ویژه منگنز در امر تنظیم اسمزی (به دلیل افزایش میزان پرولین) نقش دارند (Dlauney and Verma, 1993). بنابراین، می‌توان نقش عنصر ریزمغذی منگنز را در افزایش پرولین، در کمک به تنظیم اسمزی نسبت داد.

#### کارایی مصرف آب: رژیم‌های مختلف

آبیاری و کود سولفات منگنز تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف آب داشتند (جدول ۳). نتایج جدول ۴ بیانگر آن است که آبیاری با فاصله ۷ روز در ۱۲ نوبت توانست بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۰۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب) را نسبت به دو سطح دیگر آبیاری از آن خود بکند. از نتایج به دست آمده استنباط می‌شود که در این تحقیق احتمالاً قطع کردن آبیاری در زمان‌های مختلف رشد از طریق کاهش سطح برگ و به دنبال آن کاهش نور جذب شده



همچنین، با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین نقش‌های منگنز در گیاهان دخالت در فرآیند فتوسنتز می‌باشد (Noiee-Gargari, 2009)، بنابراین می‌توان گفت در این تحقیق شرایط آبیاری ۷ روزه همراه با محلول‌پاشی سولفات منگنز توانسته است تاثیر سینرژیستی مثبتی بر فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد دانه گندم داشته باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق، آبیاری کافی و محلول‌پاشی عنصر ریزمغذی منگنز، برخی از خصوصیات کمی ارقام گندم را تحت تاثیر قرار داد. آبیاری با فاصله ۷ روز توانست تاثیر مثبتی در افزایش مقدار نسبی آب برگ، طول دوره و سرعت پر شدن دانه و کارایی مصرف آب داشته باشد. محلول‌پاشی سولفات منگنز نیز در رژیم‌های آبیاری نرمال، موجب بهبود عملکرد دانه گردید. بنابراین، مدیریت بهینه زراعی نظیر آبیاری کافی، مصرف ریزمغذی منگنز و انتخاب ارقام مناسب گندم باعث افزایش پتانسیل تولید خواهد شد.

### سپاس‌گزاری

این مقاله از طرح تحقیقاتی که با بودجه پژوهشی و حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به انجام رسیده است، استخراج شده است.

در شرایط محلول‌پاشی کود سولفات منگنز توانسته است عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشته باشد، طوری که تیمارهای آبیاری با دور ۷ روزه در شرایط محلول‌پاشی ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود سولفات منگنز از لحاظ صفت مذکور در گروه آماری مشابه و بالایی (تقریباً ۴۴۷۸/۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر تیمارها قرار گرفته‌اند. تنش خشکی از طریق تخریب منبع و مقصد فیزیولوژیک (با توجه به زمان تنش، شدت تنش و مرحله فنولوژیک گیاه) بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد. در شرایط تنش خشکی، تعداد و اندازه مقصد فیزیولوژیک کاهش می‌یابد و متعاقب آن از بین رفتن پنجه‌ها، ریزش گل‌ها، نابودی دانه‌های گرده و سقط تخمک مشاهده می‌گردد (Blum, 1996). سینگ و پتل (Singh and Patel, 1996) تاثیر تنش خشکی را در مراحل مختلف بررسی و نتایج نشان داد که عملکرد دانه و مدت پر شدن دانه تحت تاثیر خشکی قرار می‌گیرد. هر عامل محیطی به‌ویژه تنش خشکی که دوره پر شدن دانه را کوتاه‌تر کند موجب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و در نتیجه موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Quarrie and Jones, 1981). در این تحقیق نیز با قطع آبیاری طول دوره پر شدن و سرعت پر شدن دانه تحت تاثیر قرار گرفت و منجر به کاهش عملکرد دانه گردید.

جدول ۱- میانگین دما و بارندگی محل انجام آزمایش در طی فصل رشد سال ۱۳۹۳ (آمار هواشناسی استان آذربایجان شرقی)

Table 1- Mean of temperature and rainfall of experimental site during growing season (2011)

ماه Month	فروردین Apr-Mar	اردیبهشت Mar-May	خرداد May-Jun	تیر Jun-Jul	مرداد Jul-Agu
میزان بارندگی (mm) Precipitation(mm)	6.20	2.50	7.10	18	3.1
متوسط دمای هوا (°C) Mean tem (°C)	10.5	17.9	22	27.1	28.2

جدول ۲- نتایج برخی خصوصیات خاک محل آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Results of Some soil characteristics of research site (Depth 0-30 cm)

منگنز	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	اسیدیته	بافت خاک
(Mn)(mg/kg)	(N)(%)	(P)(mg/kg)	(K) (mg/kg)	pH	Soil texture
4.5	0.16	62.4	194	7.8	شنی - لومی Sandy-loam

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گندم

Table 3- Analysis of variance for studied treats in wheat

منابع تغییر (S.O.V)	میانگین مربعات Mean square								
	درجه آزادی (d.f)	میزان انتقال ماده خشک		طول دوره پر شدن دانه		سرعت پر شدن دانه Grain filling rate	مقدار پرولین برگ amount of leaf proline	کارایی مصرف آب WUE	عملکرد دانه در هکتار Grain yield per Hectar
		برگ پرچم Transfer amount of dry matter of flag leaf	مقدار نسبی آب RWC	Grain filling phase	Grain filling rate				
بلوک (Block)	2	0.012	13.656	26.56	0.0001	6.634	0.0000002	240573.8	
رژیم‌های مختلف آبیاری (Irrigation regimes)	2	0.548**	4450.041**	1426.3**	0.0057**	87.347**	0.000001**	114494445.8**	
خطای اول (Error a)	4	0.005	97.29	9.884	0.0002	4.066	0.000001	277209.6	
سولفات منگنز (Manganese sulfate)	2	0.007	27.489	1.509	0.001**	17.201**	0.000001**	4166361.3**	
سولفات منگنز × رژیم‌های مختلف آبیاری (Manganese sulfate × Irrigation regimes)	4	0.017	54.731	21.99	0.0001	0.967	0.0000001	1716935.1**	
ارقام گندم (Wheat cultivars)	3	0.008	33.267	15.543	0.0002	5.914	0.00000008	444786.4	
ارقام گندم × رژیم‌های مختلف آبیاری (Wheat cultivars × Irrigation regimes)	6	0.005	78.292	10.58	0.0001	1.106	0.00000004	352983.3	
ارقام گندم × سولفات منگنز (Wheat cultivars × Manganese sulfate)	6	0.012	59.113	10.089	0.0005*	1.047	0.0000001	600084	
ارقام گندم × سولفات منگنز × رژیم‌های مختلف آبیاری (Wheat cultivars × Irrigation regimes × Manganese sulfate)	12	0.007	83.977	28.89	0.0001	0.843	0.0000001	502150.2	
خطای دوم (Error b)	66	0.011	58.612	18.798	0.0002	2.522	0.0000001	357096.7	
CV% ضریب تغییرات	-	49.107	13.918	13.928	13.968	22.49	27.30	29.93	

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns: non significant \* and \*\* significant at level of 5% and 1%, probability, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات مورد بررسی در گندم

**Table 4-** Mean comparison of Irrigation regimes effects on studied treats in wheat

تیمار treatment	انتقال ماده خشک میانگره برگ پرچم Transfer of dry matter of flag leaf internode (g)	مقدار نسبی آب RWC RWC(%)	طول دوره پر شدن دانه Grain filling phase(day)	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate(g/day)	مقدار پرولین برگ amount of leaf proline( $\mu\text{mol/g}$ )	کارایی مصرف آب WUE ( $\text{kg/m}^3$ )
رژیم‌های مختلف آبیاری (Irrigation regimes)						
Irrigation regimes(7 day)						
آبیاری با دور ۷ روز (تیمار شاهد، a <sub>1</sub> )	0.07 b	66.49 a	36.11 a	0.05 a	5.35 b	0.0018 a
(Cutting irrigation at elongation phase)						
قطع آبیاری در مرحله طویل شدن (a <sub>2</sub> )	0.29 a	44.5 c	24.06 c	0.02 c	8.34 a	0.0015 b
(Cutting irrigation at pregnant period)						
آبیاری در مرحله آبستنی (a <sub>3</sub> )	0.27 a	52.61 b	33.22 b	0.03 b	7.44 ab	0.0013 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.  
Means of containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to Duncan's test.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کود سولفات منگنز بر صفات کارایی مصرف آب و مقدار پرولین برگ پرچم در گندم

**Table 5-** Mean comparison of Manganese sulfate effects on water efficiency and proline content in flag leaf treats in wheat

تیمار treatment	کارایی مصرف آب WUE ( $\text{kg/m}^3$ )	مقدار پرولین برگ پرچم amount of leaf prolin ( $\mu\text{mol/g}$ )
سولفات منگنز (Manganese sulfate)		
(No foliar application)(control) عدم محلول پاشی کود (شاهد، b <sub>1</sub> )	0.0013 b	6.26 b
(foliar application 50% of manganese sulfate) محلول پاشی ۵۰٪ سولفات منگنز (b <sub>2</sub> )	0.0016 a	7.45 a
(foliar application 100% of manganese sulfate) محلول پاشی ۱۰۰٪ سولفات منگنز (b <sub>3</sub> )	0.0017 a	7.48 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.  
Means of containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to Duncan's test.

## References

## منابع مورد استفاده

- Ahmadi, A. 2000. Effect of short term water stress on photoassimilates distribution and their chemical partitioning in wheat plants during grain development. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 31(3):655-665. (In Persian).
- Ahmadi, A., and D.A. Baker. 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. *Journal of Agriculture Science*. 130:257-269.
- Ahmadi-Lahijani, M., and Y. Emam. 2013. Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. *Journal of Crop Production and Processing*. 3(9):163-176. (In Persian).
- Al-Kaisi, M.M., and X. Yin. 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate and plant population on corn yield and water use efficiency. *Agronomy Journal*. 95: 1475-1482.
- Austin, R.B., C.L. Morgan, M.A. Ford, and R.D. Blackwell. 1980. Contribution to grain yield from pre anthesis assimilation in tall and dwarf barley genotypes in two contrasting seasons. *Annual of Botany*. 45: 309-314.
- Baji, M., J.M. Kinet, and S. Lutts. 2001. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Regulation*. 10:1-10.
- Bates, L.S., R.P. Waldren, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207.
- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Journal of Plant Growth Regulator*. 20: 135-148.
- Bushuk, W., and V.F. Rasper. 1994. Wheat: Production properties and quality. Blackie/Chapman and Hall, London, 239 PP.
- Dhanda, S.S., and G.S. Sethi. 2002. Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars. *The Journal of Agricultural Science*. 139(03): 319-326.
- Dlauney, A.J., and D.P.S. Verma. 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant Journal*. 4: 215-223.
- Egli, D.B. 1999. Seed Biology and the yield of grain crops, CAB International.UK. 149pp.
- Ehdaie, B. 1998. Genetical variations for stem reserve and transfer it to grain in spring wheat under drought stress. Abstract book of 5<sup>th</sup> Iranian Agronomy and Plant Breeding Congress. Pp.1-25. (In Persian).
- Ehdaie, B., and J.G. Waines. 1996. Genetic variation for contribution of pre-anthesis assimilates to grain yield in spring wheat. *Journal of Genetic and Breeding*. 50: 47-56.
- Flood, R.G., P.G. Martin, and W.K. Gardner. 1995. Dry matter accumulation and partitioning and its relationships to grain yield in wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 35: 495-502.

- Gebeyhou, G., D.R. Knott, and R.J. Baker. 2001. Rate and duration of filling in durum wheat cultivars. *Journal of Crop Science*. 22: 337-340.
- Gholamin, R., and M. Khayatnezhad. 2012. Effect of different levels of manganese fertilizer and drought stress on yield and agronomic use efficiency of fertilizer in durum wheat in Ardabil. *Journal of Food & Environment*. 10(2):1326-1328.
- Giancarla, V., E. Madosa, R. Sumalan, S. Ciulca, B. Nicoleta, P. Cerasela, P. Irina, and C. Iuliana. 2011. Proline accumulation in some barley genotypes exposed to drought. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 15(14): 48-54.
- Graham, R.D., R.J. Hannam, and Uren, N.C. 1988. Manganese in soil and plants. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, the Netherland. pp 21-29.
- Hlavinka, P., M. Trnka, D. Semeradovaa, M. Dubrovsky, Z. Zalud, and M. Mozny. 2009. Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149: 431-442.
- Jafarnezhad, A., H. Agaie, and G. Zangafian. 2013. Effective characteristics on seed yield of wheat genotypes under optimum irrigation and drought stress in generative stages. *Improvement of Crops and Garden Plants Journal*. 1:11-22.
- Johnson, R.C., R.E. Witters, and A.J. Ciha. 2003. Daily patterns of apparent photosynthesis and evapotranspiration in developing winter wheat crop. *Journal of Agronomy*. 73: 414-418.
- Kameli, A., and D.M. Losel. 1993. Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. *New Phytologist*. 125: 609- 614.
- Keyvan, S. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 8(3): 1051-1060.
- Kumar, R. 2014. Role of microRNAs in biotic and abiotic stress responses in crop plants. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 174(1):93-115.
- Lyle, W.M., and J.P. Bordvosky. 1995. Leap corn irrigation with limited water supplies. *Transaction of the Asae*. 38: 455-462. In *Field Crop Abstract*. 1996 (49)8: 715.
- Majidian, M., and H. Gadiri. 2002. Effect of humidity stress and different contents of N-fertilizers in different stages of growth on yield and components of yield, Water Use Efficiency and physiological characters of maize. *Iranian Agriculture Science Journal*. 33(3): 512-523. (In Persian).
- Malakoti, M., and G. Lutfolahi. 1999. Role of zinc in qualitative and quantitative increasing of crops and community health improvement. Agricultural Educational Press. Agriculture Ministry, Karaj, Iran. (In Persian).
- Marschner, H., and V. Rommheld. 1995. Strategiest of plants for acquisition of iron. *Iron Nutrition in Soil and Plants*. Kluwer Academic Publishers. 375-388.
- Moinuddin, R., and M. Khannu-Chopra. 2004. Osmotic adjustment in chickpea in relation to seed yield and yield parameters. *Crop Science*. 44: 449-455.

- Moradshahi, A., B. Salehi Eskandari, and B. Kholdbarin. 2004. Physiological responses of rape (*Brassica napus*) to drought stress in vitro conditions. *Iranian Journal of Science and Technology*. 28 (A1): 181. (In Persian).
- Namarvari, M., G. Fathi, A. Bakhshandeh, M. Gharineh, and S. Jafari. 2012. Interaction of end-season drought stress and organic fertilizers on yield of bread wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Crop Production and Proccesing*. 2(5): 163-173. (In Persian).
- Noiee Gargari, V. 2009. Effect of manganese sulphate and zinc sulphate on yield and components yield of forage corn. M.Sc. Thesis, Tabriz branch Islamic Azad University. (In Persian).
- Paknejad, F., E. Majidi, G. Noormohammadi, A. Seadat, and S. Vazan. 2007. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 13(1):137-149. (In Persian).
- Papakosta, D.K., and A.A. Gagianas. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Journal of Agronomy*. 83: 864–870.
- Quarrie, S.A., and H.G. Jones. 1981. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. *Annual Botany*. 44: 323- 332.
- Richards, R.A., A.G. Condon, and G.J. Rebetzke. 2001. Traits to improve yield in dry environments. In: Reynolds, M.P., J.I. Ortiz-Monasterio, and A. McNab (eds.). *Application of Physiology in Wheat Breeding*. CIMMYT, DF. Mexico.
- Ritchie, S.W., and H.T. Nguyen. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Journal of Crop Science*. 30: 105-111.
- Royo, C., M. Abaza, R. Blanco, and L.F. Moral. 2000. Triticale grain growth and morphology as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology*. 27: 1051-1059.
- Sadana, U.S., and V.K. Nayyar. 1991. Response of wheat on manganese deficient soils to the methods and rates of manganese sulphate application. *Fertilizer News*. 36: 55-71.
- Safarnejad, A. 1996. Improvement in salt and drought tolerance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) using tissue culture and molecular genetic techniques. Ph.D. Thesis, University of Liverpool.
- Sanchez, F.G., M. Manzanares, E.F Andres., Ternorio, J.L., L. Ayerbe, and E.F. De Andres. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 46 pea cultivars in response to water stress. *Journal of Field Crop Research*. 59: 225-253.
- Schnyder, H. 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relation of wheat and barley during grain filling –A review. *New phytologist*. 123: 233-245.

- Schonfeld, M.A., R.C. Johnson, B.F. Carver, and D.W. Mornhinweg. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Journal of Crop Science*. 28: 526-531.
- Sharifi, M. 1997. Investigation of developmental stages in three wheat cultivar in different planting time under Ahvaze climate conditions. M.Sc. Thesis of Agronomy. Shahid Chamran University. (In Persian).
- Singh, J., and A.L. Patel. 1996. Dry matter distribution different parts of wheat under water stress at various growth stage. *Field Crop Abstracts*. 49(11): 10 – 16.
- Takeda. S., and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. *Nature*. 9: 444-457.
- Turkan, I. 2011. Plant responses to drought and salinity stress. Development in a post Genomic era. *Advances in Botanical Research*. 593p. Volume 57, 1<sup>st</sup> edition.
- Wiedenhoeft, A.C. 2006. Micrunutrients. In: W.G. Hapkins (ed.), Plant Nutrition. Chelsea House Publications, pp: 14-36.
- Yang, J., and J. Zhang. 2006. Gran filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*. 169: 22-236.
- Zadoks, J.C., T.T. Change, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 14: 145-421.

## The Effect of Foliar Application of Manganese Sulfate on Some Physiological Characteristics and Grain Yield of Wheat under Different Irrigation Regimes

Farhad Farahvash<sup>1\*</sup>, Fatemeh Hashemzade<sup>2</sup>, and Farshad Sorkhilalelo<sup>3</sup>

Received: November 2016, Revised: 30 November 2016, Accepted: 1 November 2017

### Abstract

To study the effects of spraying manganese sulfate on some physiological characteristics and seed yield of tetraploid and hexaploid varieties of wheat under different irrigation regimes a factorial split plot experiment based on completely randomized design with three replications was conducted at the Research Station of Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Iran, in the fall of 2013. Irrigation regimes were considered as main factor in three levels, including irrigation at every 7 days (control), cutting off of irrigation at stem elongation (code 30 scale Zadoks) and cutting off of irrigation at booting stage (code 45 scale Zadoks), manganese sulfate fertilizer as sub factor including not spraying, spraying with 50% and 100% concentrations of recommended rate based on soil analysis (with 0.005 concentration) and sub sub factor in four levels, including two levels of each hexaploid (Pishgam and Alvand) and tetraploid (Cheheldaneh and Saji) wheats. The results showed that irrigation regimes significantly affected translocation of dry matter of flag leaf internode, leaf relative water content, duration and rate of seed filling, leaf proline content, water use efficiency and seed yield. Cutting off of irrigation at both stages and also not spraying of manganese sulfate reduced seed yield, rate and duration of seed filling. Cutting off of irrigation at stem elongation stage reduced leaf relative water content (by 33%) as compared to control treatment. Also, cutting off of irrigation increased praline content of leaf, cutting off of irrigation at stem elongation stage increased amount of leaf proline content from 5.35 to 8.34 micro moles per gram. Irrigation at 7 day intervals increased seed filling duration in comparison of cutting irrigation, by 36 days. The highest water use efficiency ( $0.0018 \text{ kg/m}^3$ ) with total volume water use ( $2.4 \text{ m}^3$ ) was achieved with the irrigation at 7 day intervals.

**Key words:** Irrigation, Manganese sulfate, Wheat, Spray.

1- Associate Prof. Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2- Former Ph.D. Student Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

3- Assistant Prof. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Miandoab Branch, Islamic Azad University, Miandoab, Iran.

\* Corresponding Author: farahvash@iaut.ac.ir