مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره سی و یک، ۱۳۹۶

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

تاثیر میکوریزا و محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم تحت شرایط تنش کم‌آبی

منوچهر سیاح فر[۱]، بهرام میرشکاری[۲]، مهرداد یارنیا [۲]، فرهاد فرح وش[۳]، محسن اسماعیل‌زاده مقدم[٤]

تاریخ دریافت:۱۳۹٤/۱۲/۸ تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۳/۲۲

چکیده

این پژوهش در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به صورت اسپلیت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه خرم‌آباد اجرا شد. عوامل مورد مطالعه شامل تنش کم‌آبی انتهای فصل در کرت‌های اصلی شامل: آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید (به ترتیب آبیاری بر اساس ٤۰، ٦۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی آب قابل استفاده گیاه در خاک) و کود زیستی میکوریزا و محلول‌پاشی متانول در چهار سطح (بدون تلقیح قارچ میکوریزا+ محلول‌پاشی آب مقطر (شاهد)، تلقیح قارچ میکوریزا+ محلول‌پاشی آب مقطر، بدون تلقیح قارچ میکوریزا+ محلول‌پاشی متانول و تلقیح قارچ میکوریزا + محلول‌پاشی متانول) و عامل رقم شامل سه رقم گندم آبی افلاک، دنا و الوند بود. نتایج تجزیه مرکب دو ساله نشان داد که تنش کم‌آبی موجب کاهش وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد. تلقیح قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید موجب کاهش و تعدیل اثرات منفی تنش رطوبتی گردید. واکنش ارقام به تنش کم‌آبی متفاوت بود، کاهش عملکرد در رقم گندم نان الوند در شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید، بیشتر از ارقام افلاک و دنا بود. رقم گندم دوروم دنا در شرایط تنش شدید دارای عملکرد بیشتری نسبت به دو رقم دیگر بود. نتایج نشان داد تلقیح قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی متانول می‌توانند برای جبران خسارات ناشی از تنش کم‌آبی انتهای فصل رشد در زراعت گندم آبی مورد توجه و استفاده قرار گیرند.

واژهای کلیدی: تنش شدید، شاخص برداشت، کود زیستی

سیاح فر، م.، ب. میرشکاری، م. یارنیا، ف. فرح وش و م. اسماعیل‌زاده مقدم. ۱۳۹٦. تأثیر میکوریزا و محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم تحت شرایط تنش کم‌آبی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۱: ۵۳-٦٦.

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران مسول مکاتبات. پست الکترونیک:bmmi2002@yahoo.com

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

٤- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

گندم به عنوان مهم‌ترین غله در بسیاری از مناطق جهان است و غذای اصلی اکثر مردم را تشکیل می‌دهد (رائوف، ۲۰۰۷؛ شری، ۲۰۰۹). اغلب مناطق تولید گندم در جهان در بخشی از فصل رشد با کمبود آب مواجه هستند. خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی بوده که ۴۰ تا ۶۰ درصد زمین‌های کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (رینالد و همکاران، ۲۰۰۰). تنش خشکی یک پدیده محیطی مهم و مؤثر بر عملکرد غلات می‌باشد و اغلب در طول دوره پر شدن دانه در گندم اتفاق می‌افتد و موجب کاهش محصول در بیشتر مناطق مورد کشت در دنیا می‌شود (آلتنباچ و همکاران، ۲۰۰۳). در ایران بخش قابل توجهی از ۲/۴ میلیون هکتار گندم آبی در اثر تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه آسیب می‌بیند (جلال کمالی و همکاران، ۱۳۹۱). تنش خشکی در مرحله گلدهی موجب کاهش تعداد دانه به دلیل کاهش تعداد گرده‌های بارور می‌شود (جی و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهشگران زیادی معتقدند که حساس‌ترین مراحل نمو گندم به تنش خشکی، مرحله زایشی می‌باشد (جانستون و فولر، ۱۹۹۲؛ مصطفی و همکاران، ۱۹۹۶).

همزیستی میکوریزایی علاوه بر بهبود تغذیه گیاه، قادر است بسیاری از اثرهای نامطلوب تنش‌های محیطی در گیاه میزبان را کاهش دهد. قارچ‌های میکوریزای ویسکولار ـ آربیسکولار (VAM) قادرند با بسیاری از گیاهان رابطه همزیستی برقرار نمایند. کاهش آثار تنش خشکی در گیاه میزبان از جمله اثرهای مفید این قارچ‌ها هستند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷؛ نادیان و همکاران، ۱۳۹۰؛ هتریک و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریزا در طی دوره تنش خشکی با افزایش پتانسیل آب برگ، افزایش سرعت مصرف دی‌اکسید کربن، افزایش میزان تعرق و نیز افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه گیاه میزبان قادرند اثر تنش خشکی در گیاه را کاهش دهند (صالح راستین، ۱۳۸۰؛ چن و همکاران، ۲۰۰۶). میشرا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند در بسیاری موارد، همزیستی میکوریزی در ریزوسفر، نقش واسطه‌ای را بین ریشه گیاه و توده خاک عهده‌دار است و به گیاه در جهت جذب آب و عناصر غذایی (بویژه فسفر) از خاک کمک می‌نماید.

تحقیقات سال‌های اخیر نشان داده است که رشد و عملکرد گیاهان سه کربنه با محلول‌پاشی متانول افزایش پیدا می‌کند و متانول به عنوان یک منبع کربن برای این گیاهان محسوب می‌شود. بطور کلی نقش عمده‌ای که این مواد دارند، جلوگیری از کاهش اثر تنش‌های القا شده به گیاهان زراعی در انجام تنفس نوری آنهاست (داونی و همکاران، ۲۰۰۴). در گیاهانی که با تنش خشکی مواجه هستند محلول‌پاشی متانول سبب جلوگیری از کاهش بیوماس در آنها می‌شود (راجلا و همکاران، ۱۹۹۸). برخی از بررسی‌هایی که تاکنون در زمینه اثر مثبت محلول‌پاشی متانول بر رشد و عملکرد گیاهان صورت گرفته است، نشان داده‌اند که مصرف تیمارهای متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که دارای کمبود آب هستند، موجب افزایش بیوماس آنها می‌گردد در حالی که تیمار کردن گیاهان زراعی دارای آب کافی با متانول، بیوماس آنها را کاهش می‌دهد (نانومیورا وبنسون، ۱۹۹۲؛ زبیک و همکاران، ۲۰۰۳؛ رامیرز و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش قابل ملاحظه رشد گندم، تربچه، نخود، بادام زمینی و گوجه‌فرنگی نیز پس از محلول‌پاشی متانول بر روی آنها گزارش شده است (صفرزاده ویشکاهی، ۱۳۸۴؛ دولین و همکاران، ۱۹۹۴). هدف از این پژوهش تعیین اثر تنش کم‌آبی انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و بررسی واکنش ارقام مختلف گندم به تنش کم‌آبی جهت تعیین ارقام حساس و متحمل به تنش کم‌آبی انتهای فصل رشد و همچنین بررسی و تعیین تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم جهت کاهش و تعدیل اثرات منفی تنش کم‌آبی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ در منطقه خرم‌آباد با مختصات عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۷۱ متر به صورت اسپلیت فاکتوریل با طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد مطالعه شامل تنش کم‌آبی انتهای فصل در کرت‌های اصلی شامل: آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید (به ترتیب آبیاری بر اساس ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی آب قابل استفاده گیاه در خاک) و کود زیستی میکوریزا و محلول‌پاشی متانول در چهار سطح (بدون تلقیح قارچ میکوریزا+ محلول‌پاشی آب مقطر (شاهد)، تلقیح قارچ میکوریزا+ محلول‌پاشی آب مقطر، بدون تلقیح قارچ میکوریزا+ محلول‌پاشی متانول و تلقیح قارچ میکوریزا+ محلول‌پاشی متانول) و عامل رقم شامل سه رقم گندم آبی افلاک، دنا و الوند بود.

دو رقم گندم افلاک و الوند از نوع گندم نان و به ترتیب دارای تیپ رشد بهاره و بینابین و رقم دنا از نوع گندم دوروم و

Archive of SID

www.SID.ir

دارای تیپ رشد بهاره بود (سعیدی و همکاران، ۱۳۸٤). این ارقام در سال‌های گذشته توسط سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی جهت کشت در مناطق معتدل، گرمسیر و نیمه گرمسیر کشور معرفی شدند. کود زیستی میکوریزا شامل تلفیقی از دو گونه قارچ میکوریزا *Funnelifomis mosseae* و *Rhizophagus intraradices* که دارای ۱۵ اسپور در هر گرم و ۹۳۰ هیف از قارچ میکوریزا در هر سانتی‌متر مکعب بود. قبل از کاشت در کرت‌های مربوط به تیمار تلقیح کود زیستی میکوریزا، شیارهایی به عمق ٦ تا ۷ سانتی‌متر حفر شد و کود میکوریزا به میزان لازم و به صورت یکنواخت در داخل آنها ریخته شد و سپس عملیات کشت در این شیارها انجام شد. تراکم بوته در واحد سطح ٤۰۰ بذر در مترمربع بود. هر کرت فرعی آزمایش شامل ٦ خط کاشت به طول ٦ متر و با فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر و مساحت هر کرت ۷/۲ مترمربع بود.

قبل از کاشت، از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه تعیین شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج آزمون خاک، کودهای شیمیایی اوره، سوپرفسفات تریپل و کلرور پتاسیم به مقادیر به ترتیب ۲۵۰، ۱۳۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. عملیات آبیاری تا قبل از زمان شروع اعمال تیمارهای تنش، با توجه به میزان بارندگی منطقه، در صورت نیاز بر اساس عرف منطقه برای تمام کرت‌های آزمایشی بصورت یکنواخت انجام شد. از مرحله ظهور سنبله گندم، تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش اعمال شد. انجام آبیاری در تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش بر اساس تخلیه رطوبت آب قابل استفاده گیاه در خاک در محدوده ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم بود. جهت تعیین درصد تخلیه رطوبت خاک از دستگاه تعیین رطوبت خاکTDR مدل تریم که درصد حجمی رطوبت خاک را در عمق مورد نظر تعیین می کند، استفاده شد. محلول‌پاشی متانول با استفاده از متانول صنعتی (۹۸ درصد) و تهیه محلول مناسب با غلظت ۲۰ درصد حجمی از زمان شروع سنبله‌دهی (شروع اعمال تیمارهای تنش) و جمعاً سه مرتبه با فاصله زمانی هر ۱۰ روز انجام شد. ضمناً به ازای هر لیتر متانول یک گرم اسید آمینه گلایسین و یک میلی‌گرم ترا هیدروفولیت در محلول متانول استفاده شد.

جدول ۱- نتایج آزمون خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	درصد ذرات خاک			pH	EC (dS/m)	O.C (٪)	N (٪)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
	شن	لای	رس						
لومی رسی	۲۰	۵۷	۲۳	۷/۷	۰/۷۷	۱/۰۲	۰/۰۹۸	۸/۸	۳۳۲

جهت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، از چهار ردیف وسط به مساحت نیم مترمربع، ابتدا تعداد سنبله شمارش گردید سپس تمام بوته‌ها گندم کف بر شد و از نمونه مربوطه تعداد ۱۰ سنبله به طور تصادفی انتخاب و تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلک در سنبله شمارش گردید. سپس کل بوته‌ها به مدت ٤۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک گردید و وزن خشک کل اندازه‌گیری شد و بعد تمامی دانه‌ها از سنبله‌ها جدا گردیده و وزن دانه‌ها نیز توزین شد و شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. برای اندازه-گیری عملکرد دانه در زمان رسیدگی کامل با حذف حاشیه‌ها، سه مترمربع از چهار ردیف وسط هر کرت برداشت شد و دانه‌ها توزین گردید و عملکرد دانه در هکتار محاسبه گردید. داده‌های به دست آمده برای دو سال آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC تجزیه واریانس مرکب گردید و میانگین‌های دو سال آزمایش با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد مقایسه گردید و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب واریانس نشان داد که اثر میکوریزا- متانول و اثر رقم بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به تیمار تلقیح قارچ میکوریزا با میانگین ۵۷۳/۳ سنبله در مترمربع و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۵۳٦/٤ سنبله در مترمربع بود. بین تیمار شاهد و تیمار محلول-پاشی متانول اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). با توجه به این که تعداد سنبله در واحد سطح در گندم معمولاً در زمان پنجه‌زنی شکل می‌گیرد و تثبیت می‌شود و با توجه به زمان اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متانول در مرحله سنبله‌دهی در این پژوهش، عدم تأثیر معنی‌دار این عوامل بر تعداد سنبله در واحد سطح منطقی به نظر می‌رسد. کریم زاده سورشجانی و همکاران (۱۳۹۱) نتیجه گرفتند در تنش خشکی

Archive of SID

www.SID.ir

انتهای فصل به علت زمان وقوع تنش، تعداد سنبله در واحد سطح تحت تأثیر قرار نگرفت و تفاوت موجود فقط مربوط به اختلاف پتانسیل ژنتیکی ارقام در پنجه‌زنی بود. بحرانی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی واکنش گندم پاییزه به تلقیح قارچ-های میکوریزایی گزارش کردند که تلقیح ریشه با این نوع قارچ-ها تعداد سنبله در واحد سطح را بطور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. سایر محققین نیز نتایج مشابهی مبنی بر عدم تأثیر تنش خشکی آخر فصل بر تعداد سنبله در مترمربع گزارش کردند (امام و همکاران، ۱۳۸٦).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برای عامل رقم نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به رقم الوند با میانگین ۵۷۱/٦ سنبله در مترمربع و کمترین آن مربوط به رقم دنا با میانگین ٥٤٠/٩ سنبله در مترمربع بود (جدول ۳). تعداد سنبله در مترمربع در دو رقم الوند و افلاک و همچنین دو رقم افلاک و دنا اختلاف معنی‌داری نداشت. علت اختلاف ارقام در صفت تعداد سنبله در مترمربع را می‌توان به اختلاف ژنتیکی و همچنین اختلاف تیپ رشد آنها و بنابراین توانایی متفاوت آنها در پنجه-زنی و تولید پنجه‌های بارور ذکر کرد. پتانسیل پنجه‌زنی ارقام گندم دوروم معمولاً کمتر از ارقام گندم نان می‌باشد و در این پژوهش نیز رقم گندم دوروم دنا به علت قدرت پنجه‌زنی کمتر، تعداد سنبله در واحد سطح کمتری نسبت به دو رقم گندم نان افلاک و الوند تولید نمود.

نتایج تجزیه مرکب واریانس نشان داد اثر تنش کم‌آبی، اثر رقم، اثر میکوریزا – متانول و اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری مطلوب، تعداد دانه در سنبله رقم الوند بیشتر از دو رقم دیگر بود و دو رقم افلاک و دنا اختلاف معنی‌داری نداشتند. در شرایط تنش ملایم هر سه رقم با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی تعداد دانه در سنبله در رقم الوند نسبت به آبیاری مطلوب به میزان ۱۰/۵ درصد کاهش یافت اما دو رقم افلاک و دنا نسبت به آبیاری مطلوب اختلاف معنی‌داری نداشتند. در شرایط تنش شدید تعداد دانه در سنبله رقم افلاک کمتر از دو رقم دیگر بود و همچنین نسبت به شرایط آبیاری مطلوب ١٤/٩ درصد کاهش یافت. تعداد دانه در سنبله رقم دنا در شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به آبیاری مطلوب اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱ الف). این تفاوت به دلیل تفاوت ژنتیکی ارقام بود. بنابراین می-توان نتیجه گرفت که حساسیت صفت تعداد دانه در سنبله نسبت به تنش کم‌آبی در رقم گندم دوروم کمتر از ارقام گندم نان است.

کریم‌زاده سورشجانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند تعداد دانه در سنبله در ارقام گندم نان در شرایط آبیاری معمولی بیشتر از ارقام گندم دوروم بود ولی در شرایط تنش خشکی انتهایی، تعداد دانه در سنبله ارقام گندم دوروم بیشتر از ارقام گندم نان بود. قدسی و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی ارقام مختلف گندم نتیجه گرفتند بین ارقام تفاوت ژنوتیپی برای اجزای سنبله وجود داشت و ارقام مختلف از نظر تعداد دانه در سنبله، سنبلک در سنبله و گلچه در سنبلک با هم متفاوت بودند. اعمال تنش در مرحله گرده‌افشانی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد که می‌تواند دلیلی برای کاهش تعداد دانه در سنبله‌ها باشد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۱).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برای عامل میکوریزا–متانول نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار تلقیح قارچ میکوریزا با میانگین ۳۷ دانه در سنبله و کمترین آن مربوط به تیمارهای شاهد و محلول‌پاشی متانول به ترتیب با میانگین‌های ٣٤ و ٣٣/٤ دانه در سنبله بود (جدول ۳). تیمار تلقیح میکوریزا به تنهایی و همچنین تیمار تلفیقی تلقیح میکوریزا و محلول‌پاشی متانول موجب افزایش تعداد دانه در سنبله گردید اما با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین تیمار محلول‌پاشی متانول و شاهد با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تیمار تلقیح قارچ میکوریزا موجب افزایش تعداد دانه در سنبله گردیده است و محلول‌پاشی متانول چه به تنهایی و چه در تیمار تلفیقی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله نداشته است. یوسفی و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه گرفتند که تلقیح با قارچ‌های میکوریزایی به تنهایی یا همراه با سایر عوامل موجب افزایش ماده خشک، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گردید. الکاراکی و همکاران (٢٠٠٤) در آزمایشی عکس‌العمل گندم به تلقیح قارچ‌های میکوریزایی را در شرایط تنش خشکی در مزرعه مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تلقیح با قارچ میکوریزایی موجب افزایش تعداد دانه در سنبله نسبت به شاهد شد. برخی محققین دیگر نیز گزارش کردند که تلقیح قارچ میکوریزا در گندم موجب افزایش تعداد دانه در سنبله شده است (ابوقلیا، ۲۰۰۸).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه مرکب واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش کم‌آبی، میکوریزا- محلول‌پاشی متانول و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (تجزیه مرکب دو ساله)

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار (r)	۲	۳۸۱۶/۷۳	۱۱۴/۶۷	۱۱۳/۴۷	۲۲۷۶۹۰/۰۲	۴۵۱۶۴۸۳/۹۰	۱۹/۷۶
سال (Y)	۱	۳۰۵۰۹/۲۷ ns	۵۴۶/۲۶ ns	۸۸۴/۹۲ ns	۱۷۳۵۱۵۶۰/۶۳ ns	۸۹۱۶۹۸۷۲/۰۲ *	۴/۰۱ ns
r×y	۲	۳۳۵۳۹/۱۱	۸۱/۲۸	۱۳۳/۲۱۲	۲۶۱۱۳۱/۸۸	۷۹۹۲۴۵۴/۹۰	۱۰/۲۰
تنش کم‌آبی (S)	۲	۳۷۸۴/۵۶ ns	۲۹۲/۴۶*	۲۸۹۳/۵۱ **	۵۶۷۱۱۴۹۱/۲۶ **	۱۴۸۸۳۴۶۸۸/۰۷ **	۴۰۱/۸۷ *
Y×S	۲	۲۱۴۵/۶۲ ns	۱۸۸/۲۷ ns	۱۱۴/۷۸ ns	۲۸۲۲۷۱۷۱۷ ns	۱۵۸۳۶۹۸۲/۹۱ *	۲۲/۱۹ ns
خطای اصلی (a)	۸	۱۱۱۱۱/۸۷	۴۸/۷۵	۴۸/۵۱ ns	۰۸۹۴۶۸۰۹	۲۲۸۰۵۲۸/۳۷	۵۰/۵۹
میکوریزا- متانول (M)	۳	۱۵۹۹۳/۱۶*	۲۲۶/۸۵ **	۲۵۶/۱۱**	۵۰۲۴۷۱۳/۸۶**	۹۷۲۷۷۷/۶۰ **	۶۲/۱۳**
Y×M	۳	۸۱۵۲/۳۹ ns	۴۹/۰۱ ns	۲۳/۶۸ ns	۴۶۶۱۲۲/۴۲ ns	۲۱۵۸۲۸۴/۷۱ ns	۷/۹۲ ns
S×M	۶	۱۰۹۷۴/۳۸ ns	۵۰/۵۱ ns	۴۰/۱۳ **	۷۸۳۰۰۵/۶۲ **	۱۸۳۶۴۷۸/۱۱ ns	۱۲/۵۴*
Y×S×M	۶	۹۷۹۲/۸۴ ns	۳۶/۶۳ ns	۱۶/۴۱ns	۳۲۳۱۲۱/۱۹ ns	۱۶۲۴۷۶۵/۰۳ ns	۵/۳۸ ns
رقم (V)	۲	۱۸۴۷۵/۲۲*	۲۷۷/۴۲ **	۲۲۳۲/۰۲**	۴۳۶۹۲۲۷۱/۴۵ **	۱۴۰۱۵۳۳۹۶/۴۷ **	۲۵۶/۳۴ **
Y×V	۲	۵۸۲/۰۹ ns	۳۱/۲۳ ns	۲۷/۸۷ ns	۵۴۵۱۹۳/۲۲ ns	۹۹۹۳۰۵/۲۱ ns	۵/۸۳ ns
S×V	۴	۳۳۹۰/۸۸ ns	۱۰۱/۱۲ *	۱۹۴/۰۴**	۳۸۰۰۵۷۳/۸۱**	۲۳۹۲۴۷۳۹/۶۶ **	۱۰/۱۴ ns
Y×S×V	۴	۴۶/۶۲۵۴ ns	۳۷/۹۳ ns	۵/۶۷ ns	۱۱۱۰۲۳/۴۴ ns	۱۶۹۱۲۲۶/۷۱ns	۰/۶۶ ns
M×V	۶	۶۱۲۵/۷۲ ns	۳۶/۷۲ ns	۳۰/۵۳*	۵۹۶۰۲۸/۲۱ *	۱۹۰۱۸۹۳/۸۰ ns	۳/۲۰ ns
Y×M×V	۶	۴۳۲۹/۸۱ ns	۲۲/۷۶ ns	۷/۱۵ ns	۱۴۲۱۵۳/۶۵ ns	۵۳۹۵۴۳/۰۱ ns	۰/۴۳ ns
S×M×V	۱۲	۴۹۹۹/۵۵ ns	۴۵/۵۴ ns	۲۰/۱۳ ns	۳۹۵۰۶۰/۴۲ ns	۶۷۸۹۴۳۹۶ ns	۴/۵۷ ns
Y×S×M×V	۱۲	۵۰۴۹/۷۴ ns	۹/۹۹ ns	۱۵/۷۰ ns	۳۰۶۱۰۴/۵۸ns	۱۰۸۷۳۸۱/۶۰ ns	۲/۴۳ ns
خطای فرعی (bc)	۱۳۲	۵۵۴۹/۲۶	۳۶/۴۱	۱۱/۴۵ ns	۲۲۵۱۶۶/۶۳	۱۰۴۰۳۹۵/۴۲	۴/۶۲ ns
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۴۶	۱۶/۷۷	۸/۵۸	۸/۶۰	۷/۴۷	۵/۳۶

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و معنی‌دار در سطح ۱ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی تنش کم‌آبی، میکوریزا- محلول‌پاشی متانول و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (میانگین دو ساله)

سال (Y)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
سال اول (Y1)	٥٦٥/٥ a	٣٤/٤ a	٣٧/٤ a	٥٢٣٤/٩ a	١٣٠٠٨/٩ a	٣٩/٩ a
سال دوم (Y2)	٥٤١/٧ a	٣٧/٦ a	٤١/٤ a	٥٨٠١/٧ a	١٤٢٩٤/١ b	٤٠/٦ a
تنش کم‌آبی (S)						
آبیاری مطلوب (S1)	٥٤٥/٢ a	٣٨/١ a	٤٥/٥ a	٦٣٧٣/٣ a	١٥٠١٢/٦ a	٤٢/٧ a
تنش ملایم (S2)	٥٥٨/٢ a	٣٥/٩ a	٣٩/٧ b	٥٥٨٠/١ b	١٣٧٩٤/١ b	٤٠/٣ b
تنش شدید (S3)	٥٥٧/٤ a	٣٣/٩ a	٣٢/٩ c	٤٦٠١/٥ c	١٢١٤٧/٨ c	٣٧/٦ c
میکوریزا- متانول (M)						
شاهد- محلول‌پاشی آب مقطر (M1)	٥٣٦/٤ b	٣٤/٣ b	٣٧/٤ c	٥٢٣٣/١ c	١٣٢٦٥/٥ c	٣٨/٩ c
تلقیح میکوریزا+ محلول‌پاشی آب مقطر (M2)	٥٦٢/٣ ab	٣٨/٢ a	٣٩/٨ b	٥٥٧٤/٣ b	١٣٦٨٥/٢ b	٤٠/٥ b
محلول‌پاشی متانول+ بدون تلقیح میکوریزا (M3)	٥٤٢/٤ b	٣٤/٢ b	٣٨/٢ c	٥٣٤٢/٧ c	١٣٤٢٢/٥ bc	٣٩/٥ c
تلقیح میکوریزا+ محلول‌پاشی متانول (M4)	٥٧٣/٤ a	٣٧/٢ a	٤٢/٣ a	٥٩٢٣/٠ a	١٤٢٣٢/٨ a	٤١/٤ a
رقم (V)						
افلاک (V1)	٥٤٨/٤ ab	٣٤/١ b	٤١/٩ b	٥٨٦٩/٤ b	١٤٤٣٠/٩ a	٤٠/٥ b
دنا (V2)	٥٤٠/٩ b	٣٥/٨ b	٤٣/٣ a	٦٠٥٩/٩ a	١٤٤٨٢/٩ a	٤١/٧ a
الوند (V3)	٥٧١/٦ a	٣٨/١ a	٣٣/٠ c	٤٦٢٥/٥ c	١٢٠٤٠/٧ b	٣٨/٠ c

میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

میانگین‌ها مربوط به مجموع دو سال آزمایش می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج تجزیه مرکب واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی، اثر میکوریزا- متانول، اثر رقم، اثر متقابل تنش کم‌آبی و متانول- میکوریزا، اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم و اثر متقابل میکوریزا- متانول و رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و میکوریزا- متانول نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار تلفیقی در شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ٤٧/٤ گرم و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد در شرایط تنش شدید با میانگین ۲۸/۷ گرم بود (شکل ۱ ب). در شرایط آبیاری مطلوب تیمار محلول‌پاشی متانول موجب کاهش وزن هزار دانه گردید. برخی محققین هم گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول در شرایط بدون تنش رطوبت نه تنها هیچ تأثیری بر رشد و عملکرد گندم نداشت؛ بلکه در برخی موارد نیز موجب خسارت در گندم شد (ایکز و همکاران، ۱۹۹٦؛ میلتون و همکاران، ۱۹۹۵). در شرایط تنش ملایم، وزن هزار دانه در تیمار تلفیقی و در شرایط تنش شدید، در تیمار تلقیح میکوریزا، محلول‌پاشی متانول و تیمار تلفیقی بیشتر از شاهد بود که بیشترین وزن هزار دانه نیز مربوط به تیمار تلفیقی بود. در شرایط تنش ملایم نسبت به آبیاری مطلوب، وزن هزار دانه در تیمارهای تلقیح میکوریزا، محلول‌پاشی متانول و تیمار تلفیقی (به ترتیب ۱۲/۹، ۹/۹ و ۹/۷ درصد) و در شرایط تنش شدید نسبت به آبیاری مطلوب (به ترتیب ۲٦/۲، ۲۵/۲ و ۲۲/۷ درصد) به مقدار کمتری نسبت به تیمار شاهد (به ترتیب ۱۷/۳ و ۳۷/۲ درصد) کاهش یافت. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد تنش کم‌آبی انتهای فصل که مصادف با دوره پر شدن دانه است وزن دانه را به شدت تحت تأثیر قرار داده و موجب کاهش آن می‌گردد اما تلقیح قارچ میکوریزا و محلول-پاشی متانول و تیمار تلفیقی آنها موجب تعدیل و کاهش خسارت ناشی از اثر تنش کم‌آبی بر وزن هزار دانه شد که در تیمار تلفیقی این اثر مثبت بیشتر بود. برخی پژوهشگران نیز کاهش وزن دانه گندم را در اثر تنش خشکی گزارش کرده‌اند (امام، ۱۳۹۰؛ بویر، ۱۹۹٦). الکاراکی و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند در شرایط تنش خشکی، کاهش عملکرد دانه و وزن دانه در گیاهان تیمار شده با قارچ میکوریزا نسبت به شاهد کمتر بود.

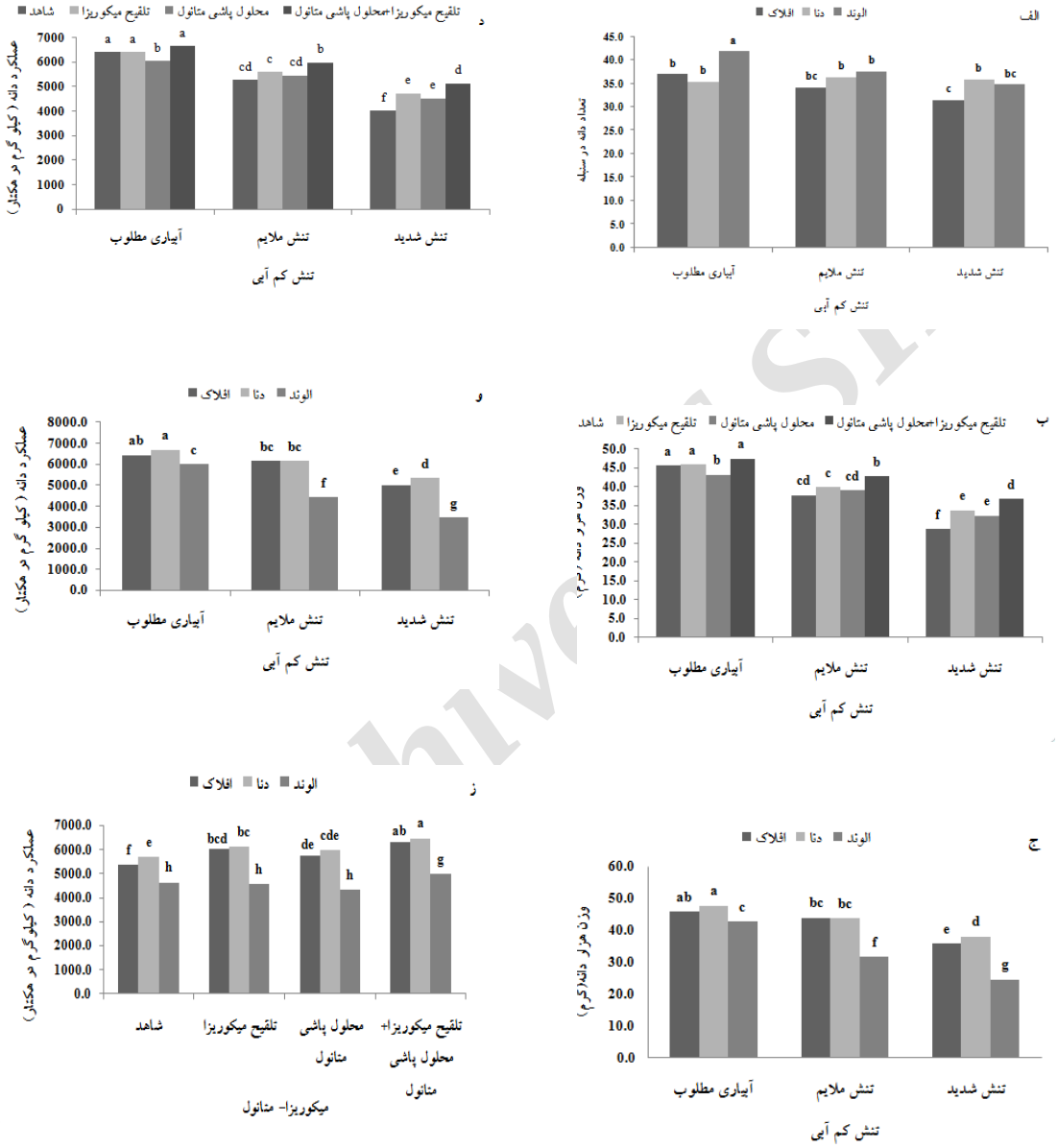
نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار رقم دنا در شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ٤٨/۷ گرم و کمترین آن مربوط به رقم الوند در شرایط تنش شدید با میانگین ٢٤/٦ گرم بود (شکل ۱ ج). در شرایط آبیاری مطلوب وزن هزار دانه رقم الوند کمتر از دو رقم افلاک و دنا بود. در شرایط تنش ملایم نسبت به آبیاری مطلوب، وزن هزار دانه دو رقم دنا و الوند به ترتیب به میزان ۸/۲ و ۲٦/۲ درصد کاهش یافت. در شرایط تنش شدید نیز وزن هزار دانه هر سه رقم کاهش یافت. بیشترین کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش ملایم و تنش شدید (به ترتیب ۲٦/۲ و ٤۲/۵ درصد) مربوط به رقم الوند بود (شکل ۳). امام و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که وزن هزار دانه ارقام گندم مورد مطالعه در اثر تنش خشکی انتهایی و قطع آبیاری پس از گلدهی ۳۱/۳ درصد کاهش یافت. کریم‌زاده سورشجانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند وزن هزار دانه ارقام گندم نان و دوروم در اثر تنش خشکی انتهای فصل کاهش یافت و این کاهش در ارقام گندم نان بیشتر از ارقام دوروم بود که نشان دهنده حساسیت بیشتر ارقام گندم نان نسبت به ارقام گندم دوروم است.

نتایج تجزیه مرکب واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی، اثر میکوریزا- متانول، اثر رقم، اثر متقابل تنش کم‌آبی و میکوریزا- متانول، اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم و اثر متقابل میکوریزا- متانول و رقم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و میکوریزا- متانول نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلفیقی در شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ٦٦٤۳/۳ کیلوگرم و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد در شرایط تنش شدید با میانگین ٤۰۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱ د). در شرایط آبیاری مطلوب عملکرد دانه در شاهد و تیمار تلقیح میکوریزا و تیمار تلفیقی اختلاف معنی‌داری نداشت ولی تیمار محلول‌پاشی متانول موجب ۵/۵ درصد کاهش عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. در شرایط تنش ملایم، عملکرد دانه در تیمار تلقیح میکوریزا و تیمار تلفیقی بیشتر از شاهد و محلول-پاشی متانول بود و بین تیمار شاهد و محلول‌پاشی متانول اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط تنش شدید بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلفیقی بود و تیمارهای تلقیح میکوریزا و محلول‌پاشی متانول اختلاف معنی‌داری نداشته اما عملکرد بیشتری نسبت به شاهد داشتند. کاهش عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح میکوریزا، محلول‌پاشی متانول و تیمار تلفیقی آنها در شرایط تنش ملایم و تنش شدید کمتر از تیمار شاهد بود؛ بطوری که بیشترین کاهش عملکرد دانه (۱۷/۳ درصد) در تیمار شاهد و کمترین کاهش عملکرد در تیمار تلفیقی (۹/۹ درصد) مشاهده شد. عملکرد دانه در شرایط تنش شدید نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت و بیشترین کاهش عملکرد دانه (۳۷/۲ درصد) در تیمار شاهد و کمترین کاهش عملکرد در تیمار تلفیقی (۲۲/۷ درصد) مشاهده شد. می‌توان چنین استنباط کرد که تلقیح

Archive of SID

www.SID.ir

میکوریزا و محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش رطوبتی ملایم و شدید تا حدودی از کاهش عملکرد دانه جلوگیری نموده و موجب کاهش و تعدیل خسارت ناشی از تنش کم‌آبی در گیاه گندم شده است. محلول‌پاشی متانول در شرایط بدون تنش رطوبتی (آبیاری مطلوب) نه تنها تأثیری در افزایش عملکرد دانه نداشت بلکه تاحدوی موجب کاهش آن نیز گردید. در شرایط تنش ملایم نیز تیمار محلول‌پاشی متانول اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت اما در شرایط تنش شدید موجب جلوگیری از کاهش شدید عملکرد دانه گردید.



شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم بر تعداد دانه در سنبله (الف)، اثر متقابل تنش کم‌آبی و میکوریزا- متانول بر وزن هزار دانه (ب)، اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم بر وزن هزار دانه (ج)، اثر متقابل تنش کم‌آبی و میکوریزا- متانول بر عملکرد دانه (د)، اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم بر عملکرد دانه (و) و اثر متقابل میکوریزا- متانول و رقم بر عملکرد دانه (ز). میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

گزارش‌های منتشر شده در مورد تأثیر محلول‌پاشی متانول بر رشد و عملکرد گندم در شرایط رطوبت مناسب و تنش خشکی ضد و نقیض است. برخی از محققین در بررسی‌های که در مورد محلول‌پاشی متانول داشتند گزارش کردند که محلول-پاشی متانول هیچ تأثیر معنی‌داری بر اکثر صفات مورد مطالعه گندم از جمله عملکرد دانه نداشت (میلتون و همکاران، ۱۹۹۵؛ ایکز و همکاران، ۱۹۹۶). در مقابل تعداد دیگری از محققین گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول موجب بهبود رشد و عملکرد گندم شد (نونومورا و بنسون، ۱۹۹۳؛ زنگ و همکاران، ۲۰۰۸). در این پژوهش محلول‌پاشی متانول در شرایط آبیاری مطلوب و فراهم بودن آب کافی در دسترس گیاه، موجب کاهش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد ولی در شرایط تنش شدید موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد و کاهش اثر منفی تنش کم‌آبی گردید. برخی مطالعات نشان داده‌اند که مصرف تیمارهای متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که دارای کمبود آب هستند موجب افزایش بیوماس آنها می‌گردد در حالی که تیمار کردن گیاهان زراعی دارای آب کافی با متانول، بیوماس آنها را کاهش می‌دهد (نانومیورا و بنسون، ۱۹۹۲؛ رامیرز و همکاران، ۲۰۰۶).

در شرایط تنش ملایم و شدید تیمارهای تلقیح میکوریزا دارای عملکرد بیشتری نسبت به شاهد بودند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شرایط تنش رطوبتی نقش میکوریزا مؤثر بوده و با توسعه هیف ها و میسیلیوم قارچ در اطراف ریشه، سطح جذب آب و مواد غذایی را در خاک افزایش داده و بنابراین تا حدودی از کاهش رشد و عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی جلوگیری نمود. قارچ‌های میکوریزا با ایجاد رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی موجب افزایش جذب عناصر غذایی، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (شارما، ۲۰۰۲). الکاراکی و همکاران (۲۰۰۴) نتیجه گرفتند که در شرایط آبیاری معمولی و تنش کم‌آبی، قارچ میکوریزایی موجب بهبود عملکرد دانه و بیوماس گندم شد و در کاهش اثرات تنش خشکی در گندم تحت شرایط مزرعه‌ای مؤثر بود. کاربرد میکوریزا به دلیل بهبود وضعیت جذب آب و عناصر غذایی، موجب بهبود و افزایش همه ویژگی‌های رشد گندم و بهبود مقاومت به خشکی گیاه گندم می‌شود (ابوقلیا و همکاران، ۲۰۰۸).

نتایج مقایسه میانگین برای اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار رقم دنا در شرایط آبیاری معمولی با میانگین ۶۶۹۲/۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به رقم الوند در شرایط تنش شدید با میانگین‌های ۳۴۴۹/۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱ و). در شرایط آبیاری مطلوب دو رقم افلاک و دنا از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی عملکرد رقم الوند کمتر از این دو رقم بود. در شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به آبیاری مطلوب، عملکرد دانه هر سه رقم کاهش یافت ولی کاهش عملکرد رقم الوند (به ترتیب ۲۶/۱ و ۴۲/۵ درصد) بیشتر از دو رقم افلاک (۴/۲ و ۲۲ درصد) و دنا (۸/۱ و ۲۰/۲ درصد) بود که یکی از دلایل آن دیررس‌تر بودن رقم الوند نسبت به دو رقم دیگر بود و این کاهش عملکرد نشان دهنده حساسیت بیشتر رقم الوند به تنش کم‌آبی انتهای فصل است. کریم‌زاده سورشجانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که ارقام گندم دوروم، به علت زودرس‌تر بودن، نسبت به ارقام گندم نان کاهش عملکرد کمتری در شرایط تنش خشکی انتهای فصل داشتند و کاهش عملکرد در ارقام حساس به تنش خشکی انتهای فصل بیشتر بود. محققین دیگری نیز کاهش عملکرد دانه را در اثر تنش خشکی انتهای فصل گزارش کردند (دستفال و نوابی، ۱۳۸۳؛ گونزالس و همکاران، ۲۰۱۰).

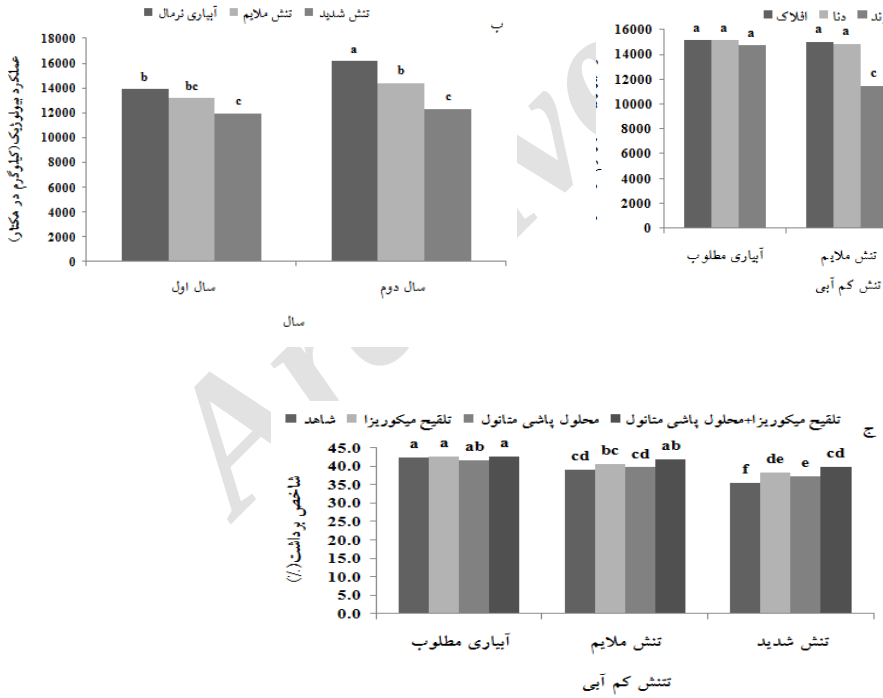
نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا- متانول و رقم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار رقم دنا در تیمار تلفیقی با میانگین ۶۴۷۱/۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار رقم الوند و محلول‌پاشی متانول با میانگین ۴۳۲۳/۸ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱ ز). در تیمار شاهد هر سه رقم از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری داشتند و بیشترین عملکرد مربوط به رقم دنا و کمترین عملکرد مربوط به رقم الوند بود. دو رقم افلاک و دنا واکنش خوبی به تلقیح قارچ میکوریزا نشان دادند بطوری که عملکرد آنها نسبت به شاهد به ترتیب ۱۲/۸ و ۷ درصد افزایش یافت ولی عملکرد رقم الوند در تیمار شاهد و تلقیح قارچ میکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت. واکنش ارقام به محلول‌پاشی متانول متفاوت بود. در تیمار محلول‌پاشی متانول عملکرد دانه دو رقم افلاک و دنا تفاوت معنی‌داری با هم نداشت ولی عملکرد رقم افلاک نسبت به شاهد ۷/۱ درصد افزایش داشت. ایکیز و همکاران (۱۹۹۶) نتیجه گرفتند که عملکرد دو رقم گندم آبی در تیمار محلول‌پاشی متانول هیچ تفاوت معنی‌داری نداشت. در تیمار تلفیقی، عملکرد دو رقم افلاک و دنا اختلاف معنی‌داری نداشت اما رقم الوند عملکرد کمتری نسبت به این دو رقم داشت. عملکرد هر سه رقم در تیمار تلفیقی نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. نتایج برخی

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیقات نیز بیانگر تفاوت ارقام مختلف گندم در پاسخ به تلقیح میکوریزا بود (ویرهلینگ و اوکامپو، ۱۹۹۱).

نتایج تجزیه مرکب واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی، اثر میکوریزا – متانول، اثر رقم، اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم، و اثر متقابل سال و تنش کم‌آبی بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار رقم افلاک در شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ۱۵۱۶۱/۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به رقم الوند در شرایط تنش شدید با میانگین‌ها ۹۹۱۲/۹ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲ الف). در شرایط آبیاری مطلوب هر سه رقم از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری نداشتند اما در شرایط تنش ملایم و شدید عملکرد بیولوژیک دو رقم افلاک و دنا بیشتر از رقم الوند بود. در شرایط تنش ملایم عملکرد بیولوژیک رقم الوند ۲۲ درصد نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت. در شرایط تنش شدید عملکرد بیولوژیک هر سه رقم افلاک، دنا و الوند به ترتیب ۱۳/۶، ۱۱/٤ و ۳۲/۷ درصد کاهش یافت و این کاهش در رقم الوند بسیار شدیدتر از دو رقم دیگر بود. افلاک و دنا از ارقام اصلاح شده دارای تیپ رشد بهاره، زودرس و متحمل به خشکی و گرمای آخر فصل می‌باشند (سعیدی و همکاران، ۱۳۸٤)، و دلیل عملکرد بیشتر آنها در شرایط تنش شدید، زودرسی و بالاتر بودن میزان تحمل به خشکی آنها می‌باشد. ولی رقم الوند دیررس و دارای تیپ رشد بینابین بوده و مقاومت کمتری نسبت به خشکی و گرمای انتهای فصل رشد دارد. با توجه به این که تنش اعمال شده تنش انتهایی بود که از مرحله سنبله‌دهی اعمال شد و این که بعد از سنبله‌دهی در گندم رشد رویشی متوقف شده و بیشتر آسیمیلات حاصل از فتوسنتز به دانه‌ها انتقال می‌یابد، هرگونه تغییر در عملکرد دانه در اثر تنش کم‌آبی انتهای فصل موجب تغییر در عملکرد بیولوژیک خواهد شد، بنابراین تفاوت معنی‌دار عملکرد بیولوژیک به علت تغییر و کاهش عملکرد دانه در تیمارهای تنش ملایم و شدید بود. کاهش عملکرد بیولوژیک گندم در اثر تنش کم‌آبی در ارقام حساس به خشکی بیشتر از ارقام مقاوم است (قدسی و همکاران، ۱۳۸۳). در شرایط تنش خشکی، پیری زودرس اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه موجب کاهش کل زیست توده تولیدی می‌گردد (امام و همکاران، ۱۳۸٦؛ پیرواتلو و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و رقم بر عملکرد بیولوژیک (الف)، اثر متقابل تنش کم‌آبی و سال بر عملکرد بیولوژیک (ب) و اثر متقابل تنش کم‌آبی و میکوریزا- متانول بر شاخص برداشت (ج). میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج حاصل از مقایسه میانگین برای عامل میکوریزا- متانول نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار تلفیقی با میانگین ۱٤۲۳۲/۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۱۳۲٦۵/۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). عملکرد بیولوژیک در تیمار تلقیح میکوریزا با تیمار محلول-پاشی متانول اختلاف معنی‌داری نداشت ولی ۳/۲ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. در تیمار تلفیقی، عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد، تلقیح میکوریزا و محلول‌پاشی متانول به ترتیب ۷/۳، ٤ و ٦ درصد بیشتر بود. تلقیح میکوریزایی گندم موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک نسبت گیاهان غیر میکوریزایی می-شود (یعقوبیان و همکاران، ۱۳۹۱؛ بلترانو و رونکو، ۲۰۰۷).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و سال نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به سال دوم در شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ۱٦۱٤۰ و کمترین آن مربوط به تیمار تنش شدید در سال اول با میانگین ۱۱۹٦۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲ ب). در سال اول تیمار تنش شدید اختلاف معنی‌داری با آبیاری مطلوب داشت و دارای کمترین عملکرد بیولوژیک بود. تیمارهای تنش شدید و تنش ملایم و همچنین آبیاری مطلوب و تنش ملایم با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند اما در سال دوم هر سه تیمار آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید با هم اختلاف معنی‌داری داشتند که کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار تنش شدید بود. دلیل تفاوت تیمارهای تنش کم‌آبی در سال اول و دوم را می‌توان تأثیر شرایط اقلیمی متفاوت در دو سال آزمایش ذکر کرد.

نتایج تجزیه مرکب واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی، اثر میکوریزا– متانول، اثر متقابل تنش کم‌آبی و میکوریزا– متانول، و اثر رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). هر سه رقم از نظر شاخص برداشت با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین شاخص برداشت مربوط به رقم دنا با میانگین ٤۱/۷ درصد و کمترین شاخص برداشت مربوط به رقم الوند با میانگین ۳۸ درصد بود (جدول ۳). دلیل آن تفاوت ژنتیکی ارقام بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و میکوریزا- متانول نشان داد که بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار تلفیقی در شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ٤۲/۷ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد در شرایط تنش شدید با میانگین ۳۵/٤ درصد بود (شکل ۲ ج). شاخص برداشت در شرایط تنش ملایم و شدید به ترتیب ۵/٦ و ٦/۷ درصد نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت. در شرایط آبیاری مطلوب شاخص برداشت در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت اما در شرایط تنش ملایم تیمار تلفیقی دارای بیشترین شاخص برداشت بود و در شرایط تنش شدید نیز شاخص برداشت در تیمارهای تلقیح میکوریزا، محلول‌پاشی متانول و تیمار تلفیقی بیشتر از تیمار شاهد بود. کاهش شاخص برداشت در اثر خشکی آخر فصل توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (امام و همکاران، ۱۳۸٦). با توجه به این موضوع که در این آزمایش در تنش ملایم و شدید عملکرد دانه با شدت بیشتری (۲۷/۸ درصد) نسبت به عملکرد بیولوژیک (۱۳/۵ درصد) کاهش یافته است کاهش شاخص برداشت مشاهده شده است.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی انتهای فصل موجب کاهش عملکرد دانه گندم گردید. کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش کم‌آبی انتهای فصل، بیشتر از سایر اجزای عملکرد بود؛ بطوری که با افزایش شدت تنش این کاهش شدیدتر بود. قارچ میکوریزا و محلول متانول در شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید موجب کاهش و تعدیل اثرات منفی تنش رطوبتی گردید. واکنش ارقام به تنش کم‌آبی متفاوت بود، کاهش عملکرد در رقم گندم نان الوند در شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید بیشتر از ارقام افلاک و دنا بود و نشان دهنده حساسیت این رقم به تنش کم‌آبی انتهای فصل می‌باشد. رقم گندم دوروم دنا در شرایط تنش شدید دارای عملکرد بیشتری نسبت به دو رقم دیگر بود که نشان دهنده تحمل بیشتر این رقم نسبت به تنش کم‌آبی انتهای فصل می‌باشد. بطور کلی می توان نتیجه گرفت تلقیح قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی متانول می‌توانند به عنوان دو راهکار مدیریت زراعی برای جبران خسارات ناشی از تنش کم‌آبی انتهای فصل رشد در زراعت گندم آبی مورد توجه و استفاده قرار گیرند.

منابع

اهدایی، ب. ۱۳۷۷. تغییرات ژنتیکی برای ذخیره ساقه و انتقال آن به دانه گندم معمولی بهاره تحت شرایط خشکی انتهایی، مقالات کلیدی پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، صفحات ۲۵-۱.

Archive of SID

www.SID.ir

امام، ی.، ع. رنجبری و م. ج. بحرانی. ۱۳۸٦. ارزیابی دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم تحت تأثیر تنش خشکی پس از گل‌دهی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۱، شماره ۱: ۳۲۸-۳۱۷.

امام، ی.، و م. نیک نژاد. ۱۳۹۰. مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه)، چاپ دوم. انتشارات مرکز نشر دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.

سعیدی، ع.، ع. اکبری، ف. بختیار، م. مهرور و ز. ناطق. ۱۳۸٤. مشخصات ارقام گندم نان، گندم دوروم، جو، تریتیکاله و چاودار معرفی شده توسط بخش غلات. انتشارات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. صفحه ۵۹.

بینام. معرفی ارقام زراعی (امنیت و سلامت غذایی، جلد ۱). ۱۳۹٤. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۲۳٦ صفحه.

جلال کمالی، م ر.، ه. اسدی، ت. نجفی میرک و م. آقایی. ۱۳۹۱. گندم: راهبردهای تحقیقاتی و مدیریتی در ایران. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۲۵۰ صفحه.

سرمدنیا، غ. ۱۳۷۲. اهمیت تنش های محیطی در زراعت، مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج. صفحات ۱٦۹-۱۵۷.

دستفال، م.، م. رمضان پور. ۱۳۷۹. ارزیابی مقاومت به خشکی ارقام گندم در شرایط آب و هوایی داراب، خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، بابلسر. صفحه ۲۵۰.

صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کود های بیولوژیک در کشور. ٥٤-۱.

صفرزاده ویشگاهی، م. ن.، ق. نورمحمدی و ا. مجیدی هروان. ۱۳۸٦. اثر محلول‌پاشی متانول بر رشد بادام زمینی. مجله علوم کشاورزی، دوره ۱، شماره ۱: ۱۰۳ -۸۸

کوچکی، ع.، ل. تبریزی و ر. قربانی. ۱۳۸۷. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ٦، شماره ۱: ۱۳۷-۱۲۷.

کریمزاده سورشجانی ه.، امام ی. و س. موری ۱۳۹۱. واکنش عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های مقاومت به تنش در ارقام گندم نان و دوروم به تنش خشکی پس از گلدهی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۱: ۱٦۲-۱۵۱.

یعقوبیان، ی.، ه. پیردشتی، ا. محمدی گل تپه، و. فیضی اصل و ع. اسفندیاری. ۱۳۹۱. ارزیابی واکنش گندم دیم رقم آذر ۲ به همزیستی با قارچ های میکوریزای آربسکولار و شبه میکوریزا در سطوح مختلف تنش خشکی. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ٤، شماره ۱: ۷۳-٦۳.

Yousefi, A. A., K. Khavazi, A. A. Moezi, F. Rejali and H. Nadian. 2011. Phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi impacts on inorganic phosphorus fractions and wheat growth. ***j. world appl. Sci.*** 15 (9): 1310-1318.

Abo-ghalia, H. H. and A. A. Khalafallah. 2008. Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short-term water stress followed by recovery at three growth stages. ***J. of Applied Sci. Res.*** 4: 570-580.

Al-Karaki G. N., B. McMichael, J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza* 14:263-269.

Altenbach S. B., Du pont, F. M. Kothari, K. M. Chan, R. Johanson and D. Lieu. 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *Journal of Cereal Science* 37: 9-20.

Bahrani, A., J. Pourreza, M. Hagh Joo. 2010. Response of winter wheat to co-inoculation with azotobacter and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) under different sources of nitrogen fertilizer. Amer. Euras. ***J. Agric. Environ. Sci.*** 8: 95-103.

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for efficient crop production and fertilizer use. 16-20 october. 2006. Thailand. 11 pp.

Devlin M., P. C. Bhowmik and S. J. Karczmarczyk. 1994. Influence of methanol on plant germination and growth. ***Plant Growth Regul. Soc. Am.*** Q. 22: 102-108.

Downie A., S. Miyazaki, H. Bohnert, P. John, J. Coleman, M. Parry and R. Haslam. 2004. Expression profiling of the response of Arabidopsis thaliana to methanol stimulation. ***Phytochem.*** 65: 2305-2316.

Archive of SID

www.SID.ir

Gonzalez A., V. Bermejo and B. S. Gimeno. 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. *J. Agric. Sci. Cam.* 148: 319-328

Guttieri M.J., J. C. Stark, K. Obrien, and E. Souza. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Sci.* 41: 327–335.

Ji X., B. Shiran, J. Wan, D. C. Lewis, C. L. D. Jenkins, A. G. Condon, R. A. Richards and R. Dolferus. 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *Plant Cell Environ.* 33(6): 926–942.

Johnston, A. M., D. E. Fowler. 1992. Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. *Can. J. Plant Sci.* 72: 1075-1089.

Milton E., M. E. McGiffen, R.L. Green, J.A. Manthey, B.A. Faber, A. J. Downer, N. J. Sakovich, and J. Aguiar. 1995. Field tests of methanol as a crop yield enhancer. *Hort. Sci.* 30:1225–1228.

Mishra, R.R. 2007. Soil microbiology. Translated by: A. Fallah, H. Besharati, and H. Khosravi, Aeeizh publisher. 179 pp.

Moustafa, M.A., L. Boersma, W. E. Kronstand. 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Sci.* 36: 982-986.

Nonomura, A. M., and A. A. Beson. 1992. The path to carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 89: 9794-9798.

Pireivatlou, A. S., B. Dehdar Masjedlou T. A. Ramiz. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. *Afric. J. Agric. Res*. 5: 2829-2836.

Rajjala. A., K. Hakala, P. Makela, S. Muurinen and P. Peltonen-Sainio. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Res. 114: 263–271.

Ramirez, I., F. Dorta, V. Espinoza, E. Jimenez, A. Mercado and H. Pen a – Cortes. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of arabidopsis, tobacco and tomato plants. *J. Plant Growth Regul.* 25: 30-44.

Rauf, M., M. Munir, M. Hassan, M. Ahmad and M. Afzal. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growthstage. *African J. of Agric Res.* 6: 971-975.

Reynolds, M.P., M. I. Delgado, B. M. Gutiearrez- Rodroaguez and A. Larquea- Saavedra. 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment I: Genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Res.* 66: 37-50.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, 407 p.

Shewry, P.R. 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60: 1537-1553.

Vierheilig, H. and J. A. Ocampo. 1991. Susceptibility and effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizae in wheat cultivars under different growing conditions. Biol. Fert. Soils 11: 290-294.

Wang, Z. M., A. L. Wei, and D. M. Zheng. 2001. Photosynthetic characteristic of non leaf organs of winter wheat cultivar differing in ear type and their relationship with grain mass per ear. *Photosynthetica*, 39: 239-244.

Archive of SID

www.SID.ir

The effect of mycorrhiza and methanol foliar application on yield and yield components of wheat cultivars under water deficit stress conditions

M. Sayyahfar[1], B. Mirshekari[2], M. Yarnia[2], F.Farahvash[3], M. Esmaeilzadeh moghadam[4]

Received: 2016-2-27 Accepted: 2016-6-12

Abstract

A factorial experiment with split plot arrangement using the randomized complete blocks design with three replications was carried out in Khorramabad in the two crop years of 2012-2013 and 2013-2014. Water deficit stress in the main plots at the end of the growing season at three levels (desirable irrigation, mild stress, and severe stress equivalent to 40, 60, and 80% depletion of soil moisture available to plants, respectively) was one of the studied factors. Mycorrhiza biofertilizer and methanol sprays at four levels (no inoculation + distilled water spray, inoculation with mycorrhizal fungi + distilled water spray, no inoculation with mycorrhizal fungi + methanol spray, and inoculation with mycorrhizal fungi + methanol spray) was another studied factor, and so was the cultivar factor (the three irrigated wheat cultivars of Aflak, Dena, and Alvand). Results indicated water deficit stress reduced 1000-seed weight, number of grains per spike, grain yield, biological yield, and harvest index. Inoculation with mycorrhizal fungi and methanol sprays under mild and severe water stress conditions decreased and modified the negative effects of water stress. The cultivars responded differently to water deficit stress: mild and severe water deficit stress reduced yield of the Alvand cultivar more than they did those of the Aflak and Dena cultivars. Under conditions of severe water stress, the durum cultivar Dena had a higher yield compared to the other two cultivars. Results of this research indicate inoculation with mycorrhizal fungi and foliar application of methanol can be considered and utilized for compensating the loss resulting from water stress at the end of the growing season in irrigated wheat.

Key words: Severe stress, harvest index, biofertilizer

1- PhD. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University Tabriz, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University Tabriz, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University Tabriz, Iran
4- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Archive of SID

www.SID.ir