نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره ۳(۴۳)، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۵۴۶-۵۳۱

اثر توأم تنش سرما و خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب برخی از هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L.)

محسن طریق الاسلامی[1*]، محمد کافی[2]، احمد نظامی[2] و رضا ضرغامی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۱۱ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۲۲

چکیده

تنش‌های سرما و خشکی، از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شوند. به‌منظور بررسی اثر توأم تنش سرما و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. در این آزمایش عامل اصلی تنش سرما در دو سطح (عدم تنش سرما و تنش سرما در مرحله چهار برگی)، عامل فرعی شامل سه سطح تنش خشکی (آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی فرعی سه هیبرید ذرت (سینگل‌کراس ۷۰۴، سینگل‌کراس ۴۰۰ و سینگل‌کراس ۲۶۰) بودند. نتایج نشان داد که اثر سطوح تنش خشکی و هیبریدها تفاوت معنی‌داری در صفات مورد آزمایش از خود نشان دادند، برهمکنش تنش سرما و خشکی و ارقام مختلف ذرت بر صفات مورد مطالعه (تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت) معنی‌دار بودند. بیشترین عملکرد دانه با میزان ۷۸۸۷ کیلوگرم در هکتار و سینگل‌کراس ۴۰۰ با عملکرد ۶۸۶۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمدند. سینگل‌کراس ۴۰۰ بالاترین میزان بهره‌وری آب را که همسو با عملکرد دانه بود و سینگل‌کراس ۷۰۴ بالاترین کارآیی مصرف آب را دارا بودند و کارآیی مصرف آب برای تولید ماده خشک درشرایط محدودیت آبی افزایش یافت. در برهمکنش تنش سرمازدگی و خشکی بالاترین کارآیی مصرف آب به تیمار عدم تنش سرمازدگی با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تعلق داشت.

واژگان کلیدی: برهمکنش، بهره‌وری آب، بیولوژیک، شاخص برداشت، نیاز آبی.

۱- فارغ التحصیل دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲- عضو هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳- عضو هیئت علمی پژوهشکده بیوتکنولوژی (ابری) کرج، ایران.
* نگارنده‌ی مسئول m_tarighi1360@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که بومی مناطق گرمسیری بوده و از این‌رو جزو گیاهان حساس به‌سرما به‌شمار می‌آید. در حالی که بررسی‌ها بیانگر این است که کشت زودتر گیاه ذرت موجب فرار این گیاه از آفات و بیماری‌ها و عدم برخورد با گرمای شدید و گرده افشانی بهتر در هنگام گلدهی خواهد شد (Yazdani *et al.*, 2009). از طرفی کاشت زودتر آن ممکن است سبب قرار گرفتن گیاه در معرض تنش سرمای دیررس بهاره شود. لوکاتکین و همکاران (Lukatkin *et al.*, 2012) اظهار داشتند که سرمازدگی منجر به اختلالات فیزیولوژیکی متعددی در گیاهان حساس به سرما شده و رشد آنها را کاهش می‌دهد. در ذرت سرمازدگی در سرمای زیر پنج درجه سلسیوس در مرحله گیاهچه‌ای سبب کاهش فتوسنتز و رشد برگ می‌شود (Lukatkin *et al.*, 2012).

در مناطق خشک و نیمه خشک تنش کمبود آب یکی از اصلی‌ترین عوامل محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. این امر محققان را بر آن داشته تا در تحقیقات خود بررسی تحمل گیاه به کمبود آب را مد نظر قرار دهند (Solimanifard and Naseri, 2016). هر چند برخی مطالعات بیانگر این است که ذرت در مراحل ابتدای رشد به دلیل نیاز آبی کم، حساسیت چندانی به کمبود آب نشان نمی‌دهد، ولی کمبود آب در اواخر رشد رویشی و زایشی گیاه سبب کاهش عملکرد می‌گردد (Mirhadi, 2001). برخی محققان نیز معتقدند که کمبود آب در هر مرحله از رشد ذرت، رشد، نمو، اختصاص ماده خشک و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد و میزان خسارت به مرحله رشدی گیاه در زمان تنش، شدت و مدت زمان کمبود آب بستگی دارد (Daneshmand *et al.*, 2008). کریمی و همکاران (Karimi *et al.*, 2009) در بررسی تاثیر کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت بیان کردند که اگرچه آبیاری پس از ۷۵٪ تخلیه رطوبتی خاک باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کل بلال و اجزای عملکرد نسبت به تیمار آبیاری کامل شد، اما بهره‌وری آب دراین شرایط به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. مجیدیان و همکاران (Majidian and Ghadiri, 2002) مشاهده کردند که آبیاری گیاه در شرایط ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی، عملکرد دانهٔ ذرت را به‌ترتیب ۶۳ و ۴۱ درصد کاهش داد. این پژوهشگران همچنین گزارش دادند که در تیمار آبیاری معادل نیاز آبی، گیاه دارای بیشترین بهره‌وری مصرف آب بود و اختلاف معنی‌داری با بقیه سطوح آبیاری (۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی) داشت و با افزایش میزان تنش خشکی، بهره‌وری مصرف آب نیز کاهش پیدا کرد. نتایج فاطمی و همکاران (Fatemi *et al.*, 2006) نشان داد که عملکرد دانه در ذرت تحت شرایط تامین نیاز آبی به‌میزان ۱۰۰ درصد، نسبت به تیمارهای تأمین نیاز آبی ۷۵ و ۵۰ درصد بیشتر بود. در مطالعه ایشان کاهش طول و قطر بلال در تیمارهای با نیاز آبی ۵۰ درصد باعث کاهش تعداد دانه و ریزتر شدن آنها گردید. در مطالعه‌ای توسط رنجبر (Ranjbar, 2005) نشان داده شد که تنش خشکی منجر به کاهش وزن خشک ساقه، برگ و کل گیاه شد. شعاع حسینی و همکاران (Shoa Hosseini *et al.*, 2008) گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله ظهور تاسل ذرت سبب کاهش اغلب صفات گیاه شد و بیشترین اثر تنش بر روی عملکرد دانه بود که در اثر کاهش در طول بلال، وزن۳۰۰ دانه

Archive of SID

www.SID.ir

و تعداد دانه در ردیف ایجاد شد. لارسون و سلیگ (Larson and Clegg, 2009) در رطوبتی بر هیبریدهای زودرس، متوسطرس و دیررس ذرت به این نتیجه رسیدند که هیبریدهای زودرس و متوسطرس نسبت به انواع دیررس سازگاری بهتری به کمبود آب دارند که این امر می‌تواند موجب بهبود بررسی اثر تنش عملکرد آنها شود. همچنین، کامان و همکاران (Kaman *et al.*, 2011) اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی انتهای فصل ممکن است ژنوتیپ‌های زودرس و متوسطرس از تبعات سوء تنش خشکی فرار کنند. در مناطقی که با محدودیت آب مواجه هستند تعیین برنامه مناسب آبیاری ذرت، انتخاب هیبرید مناسب منطقه و کاشت زود هنگام برای فرار گیاه از گرما و خشکی آخر فصل راه‌کارهای مناسبی به نظر می‌رسند. از طرفی کاشت زود ممکن است باعث تنش سرمازدگی دیررس بهاره شود. لذا این مطالعه با هدف بررسی اثر سرمازدگی دیررس بهاره و تنش خشکی بر سه هیبرید زودرس، متوسطرس و دیررس ذرت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عامل اصلی تنش سرما (عدم تنش (شاهد) و تنش سرما در مرحله چهار برگی)، عامل فرعی تنش خشکی (آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی فرعی سه هیبرید ذرت (سینگل‌کراس ۷۰۴ (SC704)، سینگل‌کراس ۴۰۰ (SC400) و سینگل‌کراس ۲۶۰ (SC260) بودند. در اول اردیبهشت دو عدد بذر در گلدان‌های کاغذی حاوی مخلوطی از ماسه، پرلیت، خاک مزرعه و خاک‌برگ به نسبت مساوی و در عمق پنج سانتی‌متری کشت شدند و تا زمان استقرار کامل گیاه، آبیاری به‌صورتی که سطح خاک گلدان‌ها رطوبت مورد نیاز را حفظ کند، صورت پذیرفت. تابش نور در کلیه سطح گلخانه یکسان، حداقل و حداکثر درجه حرارت ۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس با رطوبت ثابت در نظر گرفته شد. گیاهچه‌ها تا مرحله چهار برگی در شرایط گلخانه قرار داشتند و در این مرحله برای اعمال تنش سرما به اطاقک سرد انتقال داده شدند. دمای اطاقک در زمان قرار دادن نمونه‌ها ۲۵ درجه سلسیوس بود و با سرعت دو درجه سلسیوس در ساعت دما کاهش داده شد و در دمای پنج درجه سلسیوس به مدت ۱۲ ساعت نمونه‌ها نگهداری شدند.

پس از اعمال تنش سرما گیاهچه‌ها در مزرعه کشت شدند. جهت آماده‌سازی، زمین شخم و دیسک زده شد و پس از تسطیح آن کرت‌هایی به طول چهار متر و عرض سه متر با فواصل ردیف‌های ۷۵ سانتی‌متر ایجاد شد. برای هر گروه رسیدگی، تراکم مطلوب همان گروه در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که تراکم برای رقم زودرس (سینگل کراس ۲۶۰)، ۸۵ هزار بوته در هکتار و برای رقم متوسطرس (سینگل‌کراس ۴۰۰) و دیررس (سینگل‌کراس ۷۰۴)، ۷۵ هزار بوته در هکتار منظور شد. قبل از آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری از خاک از عمق صفر تا۶۰ سانتی‌متری جهت آزمون خاک و کوددهی بر اساس توصیه موسسه خاک و آب کشور انجام گرفت. قبل از نشاءکاری کود کامل نیتروژن، فسفر، پتاس معادل ۲۰ درصد نیتروژن، ۲۰ درصد فسفر و ۲۰ درصد پتاسیم و در زمان ۶ برگی و قبل از ظهور تاسل کود اوره به

Archive of SID

www.SID.ir

صورت سرک به‌میزان ۵۰ کیلو گرم در هکتار داده شد. علف‌های هرز به‌صورت دستی کنترل شدند (جدول ۱).

تا زمان استقرار گیاه (دو هفته پس از کاشت)، آبیاری مزرعه به‌طور یکنواخت انجام شد و پس از آن اعمال تیمارهای آبیاری آغاز شد. میزان آبیاری به‌وسیله کنتور با دقت یک دهم لیتر اندازه‌گیری و با کنترل شیرهای ورودی برای هر تیمار آبیاری جداگانه اعمال گردید. برای تعیین میزان آب آبیاری، ابتدا نیاز آبی گیاه در فاصله هر دو آبیاری مطابق معادله یک برآورد گردید.

معادله۱ $$WR=(Etc+Ro-Pe- CR)/(Ei/100)$$

در این معادله WR: نیاز آبی گیاه (میلی‌متر)، Etc: تبخیر و تعرق گیاه زراعی (میلی‌متر)، Ro: رواناب (میلی‌متر)، Pe: بارندگی مؤثر (میلی‌متر)، CR: صعود کاپیلاری (میلی‌متر) و Ei: راندمان آبیاری (درصد) می‌باشند (Allen *et al*., 1998). با توجه به پایین بودن سطح ایستابی در منطقه آزمایش مقدار صعود کاپیلاری و با توجه به بسته بودن کرت‌های آزمایشی مقدار رواناب صفر در نظر گرفته شد. میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) بر پایه مدل پنمن مونتیث فائو (بر اساس داده‌های روزانه هواشناسی مربوط به فاصله زمانی تاریخ آبیاری قبلی تا تاریخ آبیاری مورد نظر و با استفاده از داده‌های دستگاه هواشناسی خودکار) و میزان تبخیر و تعرق گیاه ذرت بر اساس معادله دو محاسبه گردید.

معادله۲ $$Eto \times Kc = Etc$$

با توجه به بسته بودن کرت‌های آزمایشی و انتقال آب تا ابتدای کلیه خطوط کشت به‌وسیله لوله، میزان راندمان آبیاری (Ei) نیز ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. در پایان فصل رشد جهت تعیین اجزای عملکرد از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی برداشت و سپس وزن صد دانه تعیین شد. جهت تعیین وزن صد دانه، پنج نمونه صدتایی به صورت تصادفی توزین شدند. به‌منظور تعیین عملکرد ابتدا از سطحی معادل یک متر مربع، بوته‌ها از سطح خاک بریده شده و سپس بعد از خشک شدن کامل بوته‌ها در محیط، ابتدا زیست توده آنها اندازه‌گیری شد و سپس بلال‌ها از بوته جدا شده و پس از جدا کردن وزن دانه عملکرد گیاهان ثبت شد. شاخص بهره‌وری آب آبیاری برای دانه از طریق معادله سه و برای ماده خشک گیاه با استفاده از معادله چهار محاسبه شدند (Farre and Faci, 2006).

معادله۳: میزان آب مصرفی/عملکرد دانه=بهره وری آب

معادله۴: میزان آب مصرفی / عملکرد ماده خشک =کارآیی مصرف آب

صفات وزن خشک ساقه، برگ و تاسل، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت اندازه‌گیری و بهره‌وری آب، کارآیی مصرف آب محاسبه شدند.

جهت تجزیه آماری و برآورد همبستگی صفات از نرم‌افزار MSTATC و برای رسم شکل‌ها نیز از برنامه Excel استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

وزن خشک ساقه: اثر تنش خشکی بر وزن خشک ساقه معنی دار بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که آبیاری گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی سبب بهبود ۳۹ درصدی آن نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی شد (جدول ۲). وزن خشک ساقه به‌طور

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌داری تحت تأثیر هیبریدهای ذرت قرار گرفت (جدول ۲) و در هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴، نسبت به هیبرید سینگل‌کراس ۴۰۰، ۴۸ درصد بیشتر بود (جدول ۳). تنش سرمازدگی تأثیر معنی‌داری بر صفت مذکور نداشته است. به نظر می‌رسد که کشت زود هنگام ذرت و مواجه با تنش سرما تأثیر بر وزن خشک ساقه نداشته است. افزایش ماده خشک ساقه از مرحله ۸-۶ برگی شروع و تا مرحله شیری دانه‌ها ادامه دارد. در این مرحله افزایش وزن ساقه می‌تواند به ۸-۶ کیلوگرم در روز برسد. از مرحله ۱۲-۱۰ برگی تا ظهور گل تاجی، سرعت افزایش وزن خشک ساقه به صورت خطی است، و بعد از آن تا انتهای مرحله شیری اندکی کاهش و بعد آن کاهش بیشتری می‌یابد، زیرا بلال‌ها سریع رشد کرده و مواد ذخیره شده به مقصد دانه‌ها انتقال می‌یابند (Nour-Mohamadi *et al*, 2001). نتایج آزمایش با نتیجه دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al*, 2013) مطابقت داشت.

وزن خشک برگ: وزن برگ در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۳۸ درصد نسبت به تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بیشتر بود (جدول ۳). در هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ نیز وزن برگ ۶۵ درصد بیشتر از هیبرید سینگل‌کراس ۴۰۰ بود (جدول ۳). کاهش وزن خشک برگ‌ها و ساقه با افزایش ماده خشک بلال همراه است، به‌طوری‌که تا پایان مرحله خمیری نسبت افزایش وزن خشک بلال بیش از نسبت کاهش وزن خشک ساقه و برگ‌ها است، که در نهایت کاهشی در کل ماده خشک مشاهده نمی‌گردد. زمان کاهش وزن خشک برگ‌ها با تشکیل و افزایش اندام‌های زایشی همراه است و مصرف اندوخته‌های برگ‌ها جهت گسترش اندام جدید (بلال) امری طبیعی است. کاهش وزن خشک برگ‌ها تا رسیدن دانه‌ها ادامه داشت (Nour-Mohamadi *et al*, 2001).

وزن خشک تاسل: وزن خشک تاسل در هیبریدهای ذرت به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ۲). به‌طوری‌که وزن تاسل هیبرید سینگل‌کراس ۲۶۰ حدود ۱۶ درصد بیشتر از آن در سینگل‌کراس ۷۰۴ بود (جدول ۳). به‌منظور تفکیک دقیق وزن خشک و برآورد دقیق‌تر از میزان گرده افشانی هیبریدهای در شرایط تنش خشکی بررسی این صفت مورد توجه قرار گرفت.

تعداد دانه در بلال: تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری سبب افزایش ۳۳ درصدی تعداد دانه در بلال نسبت به تیمار ۵۰ درصد آبیاری شد. به عقیده محققان، مهم‌ترین جزء عملکرد که طی تنش کمبود آب تحت تأثیر قرار گیرد، تعداد دانه در بلال است (Abo-El-Kheir and Mekki, 2007; Pandy *et al*., 2000). نسمیت و ریچی (Nesmithand Ritchie, 1992) نیز بر کاهش تعداد دانه و وزن آن تحت تاثیر تنش آب قبل از گرده افشانی تأکید کردند. تعداد دانه در بلال در سینگل‌کراس ۷۰۴ نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از سینگل‌کراس ۲۶۰ بود (جدول ۲). برهمکنش تنش سرما و خشکی بر تعداد دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۱)، به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش سرما کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی منجر به کاهش ۲۹ درصدی تعداد دانه در بلال شد، در صورتی که در شرایط تنش سرما این کاهش حدود ۲۰ درصد بود (جدول ۵).

وزن صد دانه: اثر تنش خشکی بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طوری‌که، آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بهبود ۴۲ درصدی آن را نسبت به آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دنبال داشت (جدول ۲). در شرایط خشکی،

Archive of SID

www.SID.ir

دانه‌ها کوچک‌تر و وزن آنها کاهش می‌یابد، البته اظهار شده است که خشکی بر تجمع مادهٔ خشک در دانه به‌طور مستقیم اثرگذار نیست، بلکه کمبود آب از طریق کوتاه کردن دورهٔ رشد مؤثر دانه باعث تجمع کمتر مواد در این اندام می‌شود (Panahi *et al*., 2010; Henthe and Aminian, 2017).

عملکرد دانه: اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه را تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی داشت که حدود ۵۰ درصد بیشتر از تیمار ۵۰ در صد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۴). نتایج این تحقیق در خصوص کاهش عملکرد دانه با اعمال تنش خشکی با نتایج شیخی و همکاران (Shikhi *et al*., 2012) و طریق‌الاسلامی و همکاران (Tarighaleslami *et al*., 2012) مطابقت داشت. زنیسلمیر و همکاران (Zinselmeier *et al*., 1995) اظهار نمودند که تنش خشکی از طریق کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. علاوه بر این، تنش خشکی در مرحله رویشی از طریق کاهش سطح برگ و فتوسنتز گیاه منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Zinselmeier *et al*., 1995). اما کاهش عملکرد تحت تاثیر تنش خشکی در مرحله زایشی به‌واسطه کاهش دوره پر شدن دانه، کوچک شدن دانه‌ها و کاهش وزن آنها می‌باشد (Nesmit and Ritchie, 1992). عملکرد سینگل‌کراس ۴۰۰ نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از (حدود ۱۰ درصد) هیبرید سینگل‌کراس ۲۶۰ بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد دلیل عملکرد کمتر در هیبریدهای دیررس در چنین شرایطی به دلیل انتقال مجدد کمتر به علت نامساعد بودن شرایط اقلیمی از ساقه به دانه‌ها باشد. برهمکنش تنش سرمازدگی و خشکی بر عملکرد معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی تنش سرما منجر به کاهش ۱۱ درصدی عملکرد ذرت شد (جدول ۶) در صورتی که در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید (به‌ترتیب آبیاری در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی)، سرما تاثیر معنی‌داری بر کاهش عملکرد نداشت (جدول ۵). در شرایط عدم سرما کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی کاهش ۳۸ درصدی عملکرد ذرت را در پی داشت، در صورتی که در شرایط تنش سرما این کاهش حدود ۲۷ درصد بود و لذا بروز تنش خشکی در گیاهانی که در ابتدای رشد در معرض سرمازدگی قرار گرفته‌اند منجر به کاهش کمتری در عملکرد آنها شده است. دلیل کاهش وزن دانه ممکن است به علت کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرمی تولید شده در مرحله پر شدن دانه باشد و بیشترین اثر تنش رطوبتی روی وزن دانه در مدت پرشدن دانه می‌باشد و تنش‌هایی که بعد از کاکل‌دهی به وقوع می‌پیوندند باعث کوچک شدن دانه‌ها می‌شود همچنین، دلیل این امر را می‌توان به عدم نمو دانه پس ازگرده افشانی و باروری دانست. از طرفی در هنگام تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی می‌تواند نقش مؤثری را ایفا نماید. در تحقیقات طریق‌الاسلامی و همکاران (Tarighaleslami *et al*., 2012) بر روی ذرت همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد گزارش شد.

عملکرد بیولوژیک: اثر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۴). آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بهبود ۳۹ درصدی عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به دنبال داشت (جدول ۵). فار و فاسی (Farre and Faci, 2009) و کالیر (Calir, 2004) گزارش کردند که تنش آبی بر

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود و مرحله گلدهی را حساس‌ترین مرحله رشد ذرت نسبت به تأثیر تنش آبی بر عملکرد بیولوژیکی اعلام کردند. همچنین ابوالخیر و مکی (Abo-El-Kheir and Mekki, 2007) بیان کرد بیشترین کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش آبی در مرحله بعد از گلدهی است. عملکرد سینگل‌کراس ۷۰۴ نیز حدود ۲۴ درصد بیشتر از عملکرد سینگل‌کراس ۲۶۰ بود (جدول ۵). برهمکنش تنش سرمازدگی و خشکی بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی تنش سرما منجر به کاهش ۱۱ درصدی عملکرد بیولوژیک ذرت شد (جدول ۶) در صورتی که در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید (به ترتیب آبیاری در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی)، سرما تاثیر معنی‌داری بر کاهش عملکرد بیولوژیک نداشت (جدول ۵). در شرایط عدم سرما کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی کاهش ۵۲ درصدی عملکرد بیولوژیک ذرت را در پی داشت، در صورتی‌که در شرایط تنش سرما این کاهش حدود ۲۷ درصد بود. عملکرد بیولوژیکی حاصل عملکرد دانه و عملکرد اندام‌های رویشی است و در اثر اعمال تنش خشکی (به‌ویژه در مرحله بعد از گلدهی) به دلیل کاهش شدید عملکرد دانه عملکرد بیولوژیکی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر اثر تنش روی عملکرد بیولوژیکی عمدتاً ناشی از اثر تنش روی عملکرد دانه بوده است.

شاخص برداشت: نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار شاخص برداشت شد (جدول ۴) و کمترین شاخص برداشت مربوط به آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۵). فار و فاسی (Farre and Faci, 2009) نیز گزارش کردند که با اعمال تنش آبی، شاخص برداشت کاهش می‌یابد. شاخص برداشت سینگل‌کراس ۴۰۰ نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از (۲۶/۵ درصد) سینگل‌کراس ۷۰۴ بود (جدول ۵).

بهره‌وری آب: بهره‌وری آب در سینگل‌کراس ۴۰۰ به‌طور معنی‌داری (جدول ۴) بیشتر از (۱۳/۳ درصد) سینگل‌کراس ۲۶۰ بود (جدول ۵). برهمکنش تنش خشکی و سرما بر بهره‌وری آب معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط عدم تنش سرما بین سطوح تنش خشکی تفاوت معنی‌داری از نظر این شاخص مشاهده نشد (جدول ۶)، در صورتی که در شرایط تنش سرما کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۵۰ درصد آن منجر به افزایش ۸/۹ درصدی این شاخص شد. تحقیقات کریمی و همکاران (Karimi *et al.*, 2009) نیز نشان داد که اگرچه کم آبیاری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کل، بلال و اجزای عملکرد نسبت به تیمار آبیاری کامل شد، اما بهره‌وری آب در این حالت به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. مجیدیان و همکاران (Majidian *et al.*, 2008) نتیجه گرفتند که تیمار آبیاری معادل نیاز آبی گیاه دارای بیشترین بهره‌وری مصرف آب بود و اختلاف معنی‌داری با بقیه سطوح آبیاری داشت و با افزایش میزان تنش خشکی بهره‌وری مصرف آب نیز کاهش پیدا کرد.

کارآیی مصرف آب: برهمکنش تنش خشکی و سرمازدگی بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۴). تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در شرایط عدم تنش سرما افزایش ۱۳ درصد نسبت به تنش سرمازدگی داشت (جدول ۶). تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی) در شرایط عدم تنش سرمازدگی و تنش سرمازدگی در یک گروه آماری قرار گرفتند همچنین همانند میزان بهره‌وری آب، تیمار تنش شدید (۵۰ درصد نیاز آبی) در شرایط عدم تنش

Archive of SID

www.SID.ir

سرما نسبت به تنش سرمازدگی دارای کاهش ۶ درصدی بود. افزایش کارآیی مصرف آب در سینگل‌کراس ۷۰۴ با توجه به عملکرد بیولوژیک می‌تواند به دلیل افزایش وزن خشک ساقه و برگ در این هیبرید باشد. یا به عبارت دیگر می‌تواند به دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک باشد. با توجه به این‌که میزان کارآیی مصرف آب اثر مستقیمی با شدت، تراکم و زمان آبیاری دارد و با در نظر گرفتن اینکه کارآیی مصرف آب در این تحقیق در شرایط تنش خشکی افزایش پیدا کرده است. جانسون و فلر (Johnston and Fowler, 1992) گزارش کردند که کارآیی بالای مصرف آب لزوماً توام با سرعت کم رشد برگ‌ها است و سرعت رشد برگ‌ها مؤثرترین عامل در حصول این کارآیی دانستند. لیلی و بوردوسکی (Lyle and Bordvosky, 1995) گزارش کردند، درصورتی که مقدار آب آبیاری ثابت و فاصله آبیاری‌ها از شش روز به ۹ تا دوازده روز برسد، عملکرد به میزان ۳۰ درصد کاهش می‌یابد که این خود دارای اثر مستقیم بر کارآیی مصرف آب است. فار و فسی (Farre and Faci, 2006) گزارش نمودند کارآیی مصرف آب در شرایط آبیاری مطلوب ۱/۸۸ گرم دانه بر لیتر و در شرایط کمبود آب ۰/۵۰ گرم دانه بر لیتر رسید. به نظر می‌رسد پایین بودن شاخص سطح برگ در تنش خشکی باعث کاهش سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه و در نتیجه کاهش کارآیی مصرف آب می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که بر اساس میزان بهروری آب، بهترین عملکرد دانه و شاخص برداشت مربوط به سینگل‌کراس ۴۰۰ می‌باشد. اما از نظر عملکرد بیولوژیک و کارآیی مصرف آب هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ بالاترین میزان را به خود اختصاص داد. از لحاظ آبیاری ذرت پس از آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز رطوبتی گیاه، باعث بهبود رشد و تجمع ماده خشک، گیاه شد. آبیاری ذرت پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به توسعه کشت ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد کمک کند. تنش سرما بر صفات مورد بررسی تأثیری نداشت و در مواردی مانند عملکرد دانه باعث بهبود در شرایط تنش خشکی بوده است. گیاهانی که در ابتدای مرحله رشدی در معرض سرما قرار داشتند کاهش کمتری در عملکرد نشان دادند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- نتایج آزمون خاک

Table 1- Soil experimental results

عمق خاک Soil Depth (سانتی‌متر)	بافت Tissue	هدایت الکتریکی EC (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic Carbon (درصد)	نیتروژن Nitrigen (درصد)	فسفر Phosphorus (پی پی ام)	پتاسیم Potassium (پی‌پی‌ام)
۰-۳۰	لومی	1.1	8.91	0.51	0.12	19.6	119
۳۰-۶۰	سیلتی لومی	1.1	7.47	1.17	0.15	13.7	112

جدول ۲- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر تنش سرما و خشکی بر وزن خشک ساقه، برگ، تاسل، تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه ارقام ذرت

Table 2- Sources, degrees of freedom, and mean square of chilling and drought stress on the dry weight of stem, leaf, tassel, seed corn and seed corn varieties

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	وزن خشک ساقه Dry weight steam	وزن خشک برگ Dry weight leaf	وزن خشک تاسل Dry weight tassel	تعداد دانه در بلال No. grains per ear	وزن صد دانه 100 Grain weight
تکرار Replication	2	1038846.3 ^{ns}	50138.8 ^{ns}	1250.0 ^{ns}	1089.019 ^{ns}	5.265 ^{ns}
تنش سرما Cold Stress (C)	1	53518.5 ^{ns}	1260416.6 ^{ns}	1666. 6 ^{ns}	832.296 ^{ns}	6.898 ^{ns}
خطا Error	2	173068.5	234305.5	234305.5	15241.907	2.189
تنش خشکی Drought Stress (D)	2	21264457.4 **	5446666.6 **	1666.6 ^{ns}	147090.907**	384.601**
سرما×خشکی C×D	2	939290.7 ^{ns}	207222.2 ^{ns}	555.5 ^{ns}	6550.796*	5.578 ^{ns}
خطا Error	8	506418.5	203541.6	3402.7	1159.269	6.318
هیبرید Hybrid (H)	2	17350601.8 **	15946805.5 **	15138.8 *	42357.352**	2.567 ^{ns}
سرما× هیبرید C×H	2	326990.7 ^{ns}	268472.2 ^{ns}	1805.5 ^{ns}	369.796 ^{ns}	14.289 ^{ns}
خشکی× هیبرید D×H	4	847568.5 ^{ns}	328680.5 ^{ns}	2222.2 ^{ns}	4628.713 ^{ns}	11.494 ^{ns}
سرما×خشکی× هیبرید C×D×H	4	206012.9 ^{ns}	493402.9 ^{ns}	4444.4 ^{ns}	1669.380 ^{ns}	4.774 ^{ns}
خطا Error	24	316834.2	208657.2	4212.9	4006.944	4.640
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	13.20	13.25	17.97	10.15	8.07

^{ns,*,**} به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر تنش سرما، خشکی و ارقام ذرت بر وزن خشک ساقه، برگ، تاسل، تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه

Table 3- Results of comparison of average stress effects of chiling, drought and corn varieties on the dry weight of stem, leaf, tassel, number of kernels per earandgrain weight

	تیمار Treatment	وزن خشک ساقه Dry weight steam ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک برگ Dry weight leaf ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک تاسل Dry weight tassel ($kg.ha^{-1}$)	تعداد دانه در بلال No. grains per ear	وزن صد دانه 100 Grain weight (g)
تنش خشکی (Drought Stress)	۱۰۰درصد نیاز آبی 100%	5457	3992	355.6	721.6	30.93
	۷۵درصد نیاز آبی 75%	4000	3458	372.2	604.9	27.42
	۵۰درصد نیاز آبی 50%	3332	2892	355.6	543.7	21.77
	LSD 5%	547.0	346.8	44.84	61.0	3.51
هیبرید ذرت (Hybrid)	هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ SC704	5394	4514	327.8	678.8	26.82
	هیبرید سینگل کراس ۴۰۰ SC400	3636	2733	380.6	603.1	27.01
	هیبرید سینگل کراس ۲۶۰ SC260	3758	3094	375.0	588.4	26.28
	LSD 5%	387.2	314.2	44.65	63.7	0.75

میانگین‌های که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد باهم تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different by the LSD test at 5% probability level.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر تنش سرما و خشکی بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، بهره وری آب وکارایی مصرف آب

Table 4- Sources, degrees of freedom and mean square of chilling and drought stress on the grain yield, biologic yield, harvest index, water efficiency, and water use efficiency

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	بهره وری آب Waterefficiency	کارایی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	1406479.6 ns	10569029.6 ns	7.780 ns	0.027 ns	0.229 ns
تنش سرما Cold Stress (C)	1	439201.8 ns	3666016.6 ns	0.282 ns	0.003 ns	0.047 ns
خطا Error	2	168868.5	538955.5	12.647	0.003	0.008
تنش خشکی Drought Stress (D)	2	30837896.4**	161208535.1**	28.152*	0.0001*	0.241*
سرما×خشکی C×D	2	1781785.2*	12809116.6*	4.091 ns	0.026*	0.223*
خطا Error	8	313160.2	2305245.4	15.853	0.005	0.037
هیبرید Hybrid (H)	2	1653368.5**	88411979.6**	329.543**	0.031**	1.741**
سرما×هیبرید C×H	2	447090.7 ns	43405.5 ns	15.882 ns	0.006 ns	0.001 ns
خشکی× هیبرید D×H	4	398382.4 ns	2776485.2 ns	6.426 ns	0.007 ns	0.071 ns
سرما×خشکی× هیبرید C×D×H	4	339299.1 ns	1777805.5 ns	0.187 ns	0.006 ns	0.035 ns
خطا Error	24	264123.1	1671313.9	7.112	0.005	0.030
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	7.82	7.08	7.35	8.12	6.93

ns، *، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر تنش سرما، خشکی و ارقام ذرت بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، بهره وری آب و کارایی مصرف آب

Table 5- Results of comparison of average stress effects of chilling, drought and corn varieties on the grain yield, biologic yield, harvest index, water efficiency and water use efficiency

	تیمار Treatment	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	بهره وری آب Water efficiency ($kg.m^{3-1}$)	کارایی مصرف آب Water use efficiency ($kg.m^{3-1}$)
تنش خشکی (Drought Stress)	۱۰۰درصد نیاز آبی 100%	7887	21330	37.34	0.890	2.41
	۷۵درصد نیاز آبی 75%	6569	18110	36.56	0.896	2.46
	۵۰درصد نیاز آبی 50%	5269	15350	34.89	0.899	2.63
	$LSD_{5\%}$	430.2	1167.0	2.66	0.003	0.113
هیبرید ذرت (Hybrid)	هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ SC704	6606	20820	31.57	0.897	2.86
	هیبرید سینگل کراس ۴۰۰ SC400	6862	17150	39.95	0.935	2.35
	هیبرید سینگل کراس ۲۶۰ SC260	6258	16830	37.27	0.852	2.29
	$LSD_{5\%}$	353.6	889.4	1.83	0.063	0.49

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد باهم تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means followed by the same letters are not significantly different by the LSD test at 5% probability level.

جدول۶- نتایج مقایسه میانگین برهم کنش تنش سرما و خشکی بر تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، بهره وری آب، کارایی مصرف آب

Table 6- Compares the results of interaction effects of cold and drought stress on the no. grains per ear, grain yield, biologicyield, water efficiency and water use efficiency

	تیمار Treatment	تعداد دانه در بلال No. grains per ear	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha-1)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)	بهره وری آب Waterefficiency ($kg.m^{3-1}$)	کارایی مصرف آب Water use efficiency ($kg.m^{3-1}$)
عدم تنش سرما (شاهد) Control	۱۰۰درصد نیاز آبی 100%	739.4	8336	22480	0.940	2.55
	۷۵درصد نیاز آبی 75%	593.1	6533	18270	0.891	2.48
	۵۰درصد نیاز آبی 50%	525.9	5128	14820	0.875	2.55
تنش سرما Cold Stress	۱۰۰درصد نیاز آبی 100%	703.8	7439	20180	0.841	2.26
	۷۵درصد نیاز آبی 75%	616.8	6606	17950	0.901	2.44
	۵۰درصد نیاز آبی 50%	561.4	5411	15880	0.923	2.71
	$LSD_{5\%}$	60.2	608.3	1650.0	0.050	0.09

میانگین‌های که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد باهم تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means followed by the same letters are not significantly different by the LSD test at 5% probability level.

Archive of SID

www.SID.ir

References منابع مورد استفاده

- Abo-El-Kheir, M.S.A., and B.B. Mekki. 2007. Response of maize cross–10 to water deficitsduring silking and grain filling stages. *World Journal of Agricultural Sciences.* 3(3): 269–272.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper. 56.
- Calir, R. 2004. Effect of water stress at differentdevelopment stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research.* 89(1): 1-16.
- Daneshmand, A.R., A.H. Shirani-Rad, Gh. Nour-Mohammadi, Gh. Zarei, and J. Daneshian. 2008. Effect of irrigation regimes and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 10 (3): 244-261. (In Persian).
- Daneshmand, F., M.J. Arvin, B. Keramat, and N. Momeni. 2013. Interctive effect of salt Stress and salicylic acid on germination and plant growth parameters of maize (*Zea mays* L.) under field condations. *Journal of Plant Process Function.* 1(1): 56-70. (In Persian).
- Farre, I., and J.M. Faci. 2006. Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*. 83: 135- 143.
- Farre, I., and J.M. Faci. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management.* 96: 383–394.
- Fatemi, R., B. Kahrarian, A. Ghanbari, and M. Valizade. 2006. Effects of different irrigation regimes and water requirements on yield and corn single cross 704. *Journal of Special Agricultural Sciences*. 12(1): 133-140. (In Persian).
- Henthe, Z., and R. Aminian. 2017. Response of Late Maturing Hybrids Seed Corn to the Application of Potassium Sulfate under Deficit I rrigation. *Journal of Crop Ecophysiology*. 2(11):283-302. (In Persian).
- Johnston, A.M., and D.B. Fowler. 1992. Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. *Canadian Journal of Plant Science*. 72: 1075-1089.
- Kaman, H., C. Kirda, and S. Sesveren. 2011. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management.* 98: 801-807.
- Karimi, M., M. Esfahani, M.H. Biglouei, B. Rabiei, and A. Kafi-Ghasemi. 2009. Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of forage corn in the Rasht climate. *Electronic Journal of Crop Production.* 2: 91-110. (In Persian).
- Larson, E.J., and M.O. Clegg. 2009. Using corn maturity to maintain grain yield in the presence of late season drought. *Journal of Production Agriculture*. 12: 400-405.
- Lukatkin, A., A. Brazaitye, Č. Bobinas, and P. Duchovskis. 2012. Chilling injury in chilling –sensitive plants. A Review. *Zemdirbyste Agriculture*. 99(2): 111-124.
- Lyle, W.M., and J.P. Bordvosky. 1995. Leap corn irrigation with limited water supplies. *Transaction of the Asae*. 38: 455-462.

Archive of SID

www.SID.ir

- Majidian, M., A. Ghalavand, A.A. Kamkar-Haghighi, and N. Karimian. 2008. Effects of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter readings, yield and yield components of maize SC 704. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 10(3):303-330. (In Persian).
- Majidian, M., and H. Ghadiri. 2002. Effects of water stress at different stages and different amounts of nitrogen fertilizer on yield, yield components, water use efficiency and physiological characteristics of corn. *Iranian Journal of Agricultural Sciences.* 33(3):521-533. (In Persian).
- Mirhadi, M. 2001. Corn research, education and extension. Ministry of Jihad-Keshavarzi. 1-214. (In Persian).
- Nesmith, D.S., and J.T. Ritchie. 1992. Short- and long- term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. *Agronmy Journal*. 84: 107-113.
- Nour-Mohamadi, G., A. Siadat, and A. Kashani. 2001. The cultivation of crops. Chamran University Press.1- 446. (In Persian).
- Panahi, M., R. Naseri, and R. Solemani. 2010. Efficiency of some sweet corn hybrids at two sowing dates in central Iran. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 6 (1): 51-55.
- Pandy, R.K., and J.W. Maranvill. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. Shoot growth nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management.* 46 (1): 15-27.
- Ranjbar, H. 2005. Effects of water stress and physiological appearance of thinning at various stages of growth, yield and yield components of corn hybrids 704. M.S. Dissertation. Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran. (In Persian).
- Shikhi, M., N Sajedi Gharayazi, and M. Girani. 2012. Effects of water stress on agronomic characteristics of hybrids Arak conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences.* 8(3): 101-110. (In Persian).
- Shoa Hosseini, M., M. Farsi, and S. Khavari Khorasani. 2008. Investigation of water deficit stress on yield and yield components using path analysis in some corn hybrids. *Journal of Agricultural Science*. 18 (1): 71-85. (In Persian).
- Solimanifard, A., and R. Naseri. 2016. The Effects of irrigation regemes and planting patterns on seed yield and some agronomic traits of maize (S.C. 604). *Journal of Crop Ecophysiology.* 1 (37): 201-212. (In Persian).
- Tarighaleslami, M., R. Zarghami, M. Mashhadi- boojar, and M. Oveysi. 2012. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics SC704 maize varieties under drought stress conditions and levels of nitrogen fertilizer. *Journal Farm on the Edge of the Desert*. 9(1):75-92. (In Persian).
- Yazdani, M., M.A, Bahmanyar, H. Pirdashti, and M.A. Esmaili. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 3: 2-12.
- Zinselmeier, C., M.E. Westagate, and R.J. Jones. 1995. Kern set at low water potential does not vary with source/sink in maize. *Crop Science*. 35: 158-163.

Archive of SID

www.SID.ir

The Effect of Cold and Drought Stresses on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of some Corn Hybrids (*Zea mays* L.)

Mohsen Tarighaleslami[1]*, Mohammad Kafi[2], Ahmad Nezami[2], and Reza zarghami[3]

Received: December 2016 , Revised: 15 July 2017, Accepted: 13 August 2017

Abstract

Cold and drought stresses are considered as the most important factors limiting crop production. To evaluate the effect of these tow stresses on yield and yield components of corn hybrids, a field experiment was implemented in split plots based on a randomized complete block design in 3 replicates during 2014 at the Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. In this research, chilling stress in two levels (i.e. non-stress, and cold stress) is considered as the main factor and three levels of drought stress (i.e. irrigation equivalent to 100% of plants water requirement, non-stress as control, irrigation equivalent to 75% of plants water requirement, and irrigation equivalent to 50% of plants water requirement) as sub factor and three hybrid corn (i.e. single-cross 704, single-cross 400, single-cross 260). The results showed that the effects of drought and hybrids on traits under study were significant. Cold and drought stresses interaction of different corn varieties on the traits under study (seed number per ear, 100-seed weight, yield, biological yield and harvest index) was also significant. The highest seed yields of hybrid 704 and hybrid 400 under 100% water requirement were 7887 and 6862 kg.ha^{-1} respectively. Single-cross 400 variety had the highest water productivity in line with the 704 variety with the highest grain yield and water consumption efficiency, water consumption efficiency for biomass production in water-limited conditions increased. Finally, it shows that cold and drought stress interaction resulted in highest water consumption efficiency in the treatments of non-chilling stress and 100% water requirement.

Key words: Biological yield, Drought, Harvest index, Water use efficiency, Water requirement.

1- Ph.D. of Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Staff Member of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3- Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran.
* *Corresponding Author: m_tarighi1360@yahoo.com*

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir