دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی برهمکنش تنش سرما و خشکی بر تغییرات شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت و عملکرد دانه در سه رقم هیبرید ذرت دانه‌ای

محسن طریق الاسلامی[۱]، محمد کافی[۲]، احمد نظامی[۳] و رضا ضرغامی[۴]

۱ و ۳- دانش‌آموخته دکتری و استاد، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسوول: m.kafi@ um.ac.ir)
۴- هیئت علمی، پژوهشکده بیوتکنولوژی (ابری) کرج

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۳

چکیده

یکی از مسائل مهم در زمینه تنش‌های محیطی شناسایی ارقام برتر و اصلاح آنها می‌باشد. به همین منظور در این مطالعه، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت و عملکرد دانه ارقام مختلف ذرت در واکنش به تنش سرمازدگی و خشکی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال زراعی-۹۳-۱۳۹۲ در 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 سرمازدگی و تنش سرمازدگی)، عامل فرعی شامل سه سطح تنش خشکی (آبیاری معادل ۱۰۰ درصد، آبیاری معادل ۷۵ درصد و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی فرعی سه رقم هیبرید ذرت (سینگل کراس ۷۰٤، سینگل کراس ٤۰۰ و سینگل کراس ۲٦۰) در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان داد در شرایط تنش میزان کلروفیل تحت تأثیر قرار گرفت و تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشاء سیتوپلاسمی را کاهش داد. بیشترین محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشاء سیتوپلاسمی مربوط به هیبریدهای سینگل کراس۲٦۰ و ٤۰۰ بود. اثر متقابل تیمارها نشان داد اثرات تیمارهای سرمازدگی و آبیاری مطلوب در هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ دارای کلروفیل بالاتری بود. شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب و نشت الکترولیت در آخر فصل نسبت به زمان ظهور گل آذین نر کاهش یافت. با توجه به برهمکنش توأم سرمازدگی، خشکی و ارقام هیبرید، سینگل کراس ٤۰۰ در این شرایط عملکرد دانه بالاتری از خود نسبت به دو هیبرید دیگر از خود نشان داد: که نشان دهنده تحمل بهتر این رقم نسبت به تنش‌های محیطی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارقام ذرت، پایداری غشاء، سینگل کراس، شاخص کلروفیل، ظهور گل آذین نر

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از گیاهان حساس به سرما به شمار می‌آید. از سوی دیگر بررسی‌ها بیانگر این است که کشت زودتر گیاه ذرت سبب بهبود عملکرد آن خواهد شد. با وجود این کاشت زودتر ذرت ممکن است سبب قرار گرفتن گیاه در معرض تنش سرما شود. در گزارشی لوکاتکین و همکاران (۲۲) ذکر کردند که دمای خنک (۱ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد) منجر به اختلالات فیزیولوژیکی متعدد در سلول‌های گیاهان حساس به سرما گردید. در حال حاضر در بسیاری از مناطق دنیا منابع طبیعی آب برای آبیاری کاهش یافته است، هرچند این کاهش با تغییرات آب و هوایی از جمله کمبود بارندگی و افزایش دما در مناطق مختلف قابل توضیح است. با توجه به چنین شرایطی، استراتژی کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری گیاهان از آب آبیاری بسیار مهم است (۵،۴۰). در ارتباط با تحمل به تنش‌های خشکی و سرما، صفات متفاوتی به عنوان شاخص انتخاب مطرح شده‌اند. اندازه‌گیری برخی روش‌ها که به طور مستقیم و غیرمستقیم به کمبود آب ارتباط دارند مانند شاخص کلروفیل (SPAD)[۱]، محتوی نسبی آب (RWC)[۲] و نشت الکترولیت (EL)[۳] همگی به‌عنوان معیارهایی قابل توجه در گیاهان محسوب می‌شوند (۲۷). کلروفیل برگ از مهم‌ترین شاخص‌های نشان‌دهنده فشار محیطی وارد بر گیاه از جمله تنش خشکی می‌باشد، همچنین غلظت کلروفیل به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (۱۲،۳۹). کاهش آن در شرایط تنش خشکی می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده غیرروزنه‌ایی در فتوسنتز به حساب آید (۱۵). گزارش‌هایی مبنی بر کاهش محتوی کلروفیل برگ بر اثر تنش‌های محیطی از جمله سرما و خشکی (۲۴،۱۸) وجود دارد. گریکسن و هولم (۱۱) بیان کردند که طی تنش خشکی محتوی کلروفیل کاهش می‌یابد و ارقام دارای محتوی کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان می‌دهند. پسرکلی (۲۶) بیان کرد که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مناسب جهت مقاومت به تنش خشکی هستند. نتایج تحقیقات آندراده و فررو (۴) در خصوص اثر تنش خشکی بر ذرت نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد. برخی مطالعات حاکی از قابل اطمینان بودن RWC به‌عنوان شاخص تحمل به خشکی می‌باشد (۳۴،۱۶). زیرا بین میزان RWC با سرعت تعرق ارتباط وجود دارد و لذا این مؤلفه در موارد زیادی، جهت تعیین اختلاف ارقام از نظر تحمل به خشکی استفاده می‌شود (۳۰،۱۳). سیدکو و همکاران (۳۲) بیان کردند که با افزایش تنش رطوبتی، RWC برگ‌های گندم کاهش پیدا می‌کند که علت آن کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک می‌باشد (۳۲). دیواره سلولی در اثر تنش خشکی تخریب شده و مایع سلولی و واکوئلی به داخل فضای بین

1-SPAD 2- Relative Water Content 3- Electrolit Leakage

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

سلولی تراوش نموده و باعث غلیظ شدن و بالا رفتن هدایت الکتریکی محلول می‌شوند. بدین ترتیب هرچه مایع غلیظتر باشد نشانه آن است که سلول‌های بیشتری تخریب شده و آن رقم مقاوت کمتری به خشکی دارد (۱۰). تحت شرایط تنش رطوبتی یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بیند غشای پلاسمایی است (۲۱). در نتیجه رشد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بنابراین یکی از راهکارهای مهم در اصلاح برای افزایش مقاومت به خشکی این است که غشای سلولی پس از مواجه شدن با تنش آبی انسجام خود را حفظ کند و واپاشیده نشود و به همین علت محققین ثبات غشا سلولی تحت شرایط تنش رطوبتی را به‌عنوان یک جزء اصلی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مقاوم مطرح کرده‌اند که این میزان خسارت وارده به غشاهای سلولی توسط خشکی از طریق اندازه‌گیری نشت سلولی قابل ارزیابی است (۳۷،۲۸). تنش خشکی تأثیر مستقیم بر کاهش شاخص کلروفیل برگ و در نتیجه عملکرد گیاه دارد (۲۹). محمد خانی و حیدری (۲۷) گزارش کردند تنش خشکی باعث افزایش نشت الکترولیت و کاهش شاخص کلروفیل شده که به نوبه خود موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود.

این مطالعه به بررسی روند تغییرات سه خصوصیت مهم فیزیولوژیک شاخص کلروفیل، محتوی نسبی آب و نشت الکترولیت با عملکرد دانه در سه رقم هیبرید ذرت در شرایط برهمکنش تنش سرما و خشکی برای شناسایی رقم هیبرید برتر پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۰۵۰ متر می‌باشد. این تحقیق به صورت آزمایش کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی تنش سرمازدگی (عدم تنش (شاهد) و تنش سرما در مرحله چهار برگی)، عامل فرعی تنش خشکی (آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (عدم تنش، شاهد))، آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی فرعی سه رقم هیبرید ذرت (سینگل کراس ۷۰۴ (SC 704)، سینگل کراس ۴۰۰ (SC 400) و سینگل کراس ۲۶۰ (SC 260)) در نظر گرفته شد. ابتدا دو عدد بذر در هر یک از گلدان‌های آزمایش که حاوی مخلوطی به نسبت مساوی از ماسه، پرلیت، خاک مزرعه و خاکبرگ بودند، کشت و تا زمان استقرار کامل گیاه، آبیاری به صورتی که سطح خاک گلدان‌ها رطوبت مورد نیاز را حفظ کند صورت پذیرفت. تا مرحله چهار برگی گیاهچه‌ها در شرایط گلخانه قرار داشتند و در این مرحله برای اعمال تنش سرمازدگی به داخل اطاقک سرما انتقال داده شدند. دمای اطاقک در شروع آزمایش ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و پس از استقرار نمونه‌ها با سرعت دو درجه سانتی‌گراد در ساعت دما را کاهش داده و در دمای پنج درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت نگهداری شد. پس از اعمال تنش سرمازدگی گیاهچه‌ها در مزرعه کشت شدند. جهت آماده‌سازی زمین شخم و دیسک زده شد و پس از تسطیح آن کرت‌های به طول چهار متر و عرض سه متر با فواصل ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر تهیه شد. تراکم برای رقم زودرس (سینگل کراس ۲۶۰)، ۸۵ هزار بوته در هکتار و برای رقم متوسط رس (سینگل کراس ۴۰۰) و دیررس (سینگل کراس ۷۰۴)، ۷۵ هزار بوته در هکتار منظور شد (برای هر گروه رسیدگی، تراکم مطلوب همان گروه در نظر گرفته شد). مساحت زمین مورد استفاده در حدود ۱۲۰۰ متر مربع بود. 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 (جدول ۱). همچنین علف‌های هرز به صورت دستی حذف شدند.

جدول ۱- مشخصات آزمایش خاک

Table 1. Soil analysis

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت	EC ($ds.m^{-1}$)	pH	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (ppm)	پتاس (ppm)
۰-۳۰	لومی	۱/۳	۸/۴	۱/۳	۰/۱۲	۲۰/۵	۱۳۳
۳۰-۶۰	سیلتی لومی	۱/۲	۸/۰	۱/۱۷	۰/۰۸	۱۷/۶	۴۷۰

تا زمان استقرار گیاه (دو هفته پس از نشاء)، آبیاری مزرعه به طور یکنواخت انجام شد و پس از آن اعمال تیمارهای آبیاری آغاز شد. میزان آبیاری بوسیله 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 شد (۳).

معادله (۱): $WR=(Etc+Ro-Pe-CR)/(Ei/100)$

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. 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.

معادله (۲): $Eto \times Kc=Etc$

با توجه به بسته بودن کرت‌های آزمایشی و انتقال آب تا ابتدای کلیه خطوط کشت بوسیله لوله، میزان راندمان آبیاری (Ei) نیز ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری شاخص

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی مدل (SPAD-502) در مراحل ظهور گل تاجی، ۱۴ و ۲۸ روز بعد از آن و از پروفیل گیاهی (کلیه برگ‌های بوته) انجام شد. به این منظور از هر کرت دو بوته انتخاب شد و از وسط تمامی برگ‌های هر بوته عدد SPAD به طور مجزا اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ ابتدا نمونه‌های برگی برای اندازه‌گیری این صفت از برگ متصل به بلال جدا شد. به این ترتیب که از وسط برگ در سه مرحله ظهور گل تاجی، ۱۴ و ۲۸ روز بعد از آن، قطعه‌ای به طول هشت سانتی متر جدا شد و به اندازه‌های دو سانتی‌متری برش خوردند. سپس قطعات برش خورده درون پلاستیک و در فلاسک یخ قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شدند. چهار قطعه برگ پس از توزین وزن‌تر در پتری دیش حاوی آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت قرار گرفت و پس از آن وزن اشباع آنها توزین شد. در روز بعد نمونه‌ها در آون ۷۰ در دمای درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت و وزن خشک آنها ثبت گردید. در نهایت محتوای نسبی آب برگ براساس معادله سه تعیین شد (۲۵):

معادله (۳):

$$RWC\% = (Ww\text{-}TDw / Wsw\text{-}TDw) \times 100$$

W_w= وزن تر برگ، TD_W=وزن خشک برگ، W_{sw}=وزن تر اشباع برگ

برای محاسبه درصد نشت الکترولیت نمونه‌برداری از برگ متصل به بلال انجام شد به این ترتیب که از وسط برگ در سه مرحله ظهور گل تاجی، ۱۴ و ۲۸ روز بعد از آن، تعداد چهار قطعه برگ (مشابه با روش محاسبه محتوای نسبی آب برگ نمونه از برگ متصل به بلال جدا شد) در آزمایشگاه به ویال‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر شده منتقل شد. ویال‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند و سپس هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد (EC_1). به‌منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت در اثر مرگ سلول، ویال‌ها در اتوکلاو با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ بار به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت و پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (EC_2). درصد نشت الکترولیت با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (۲۵):

معادله (۴):

$$EL\% = (EC_1 / EC_2) \times 100$$

جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار MSTATC و برای رسم نمودارها از برنامهExcel استفاده شد. پس از تجزیه واریانس، مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD مقایسه شد.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل (SPAD)

تنش خشکی و ارقام هیبرید ذرت در هر سه مرحله ظهور گل آذین نر، ۱۴ روز و ۲۸ روز پس از آن تأثیر معنی‌داری بر شاخص SPAD داشت (جدول ۲). با بررسی جدول آنالیز واریانس و مقایسات میانگین اثرات متقابل دوگانه سرمازدگی و رقم هیبرید، خشکی و هیبرید همچنین اثر متقابل سه گانه سرما، خشکی و رقم هیبرید در مرحله ظهور گل تاجی و ۱۴ روز پس از آن در سطح یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر روی میزان شاخص اسپد داشت (شکل ۱). اثر متقابل سه گانه تنش سرمازدگی، خشکی و هیبرید در مرحله تنش سرمازدگی نشان داد که حداکثر شاخص کلروفیل چه در شرایط تأثیر توأم سرمازدگی و چه در صورت عدم سرمازدگی مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و رقم هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ بود. در هر سه مرحله اندازه‌گیری از سطح پروفیل گیاه مؤید همین نکته است، که رقم هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ میزان کلروفیل بیشتری نسبت به دو هیبرید دیگر به خود اختصاص داده است. با اندازه‌گیری شاخص کلروفیل از پروفیل گیاه مشاهده گردید که بیشترین میزان کلروفیل در برگ‌های وسطی ذرت می باشد. برگ‌های بالایی و پایینی دارای کمترین میزان کلروفیل می‌باشد (شکل ۲). سیگاندا و همکاران (۹) بیان نمودند که پراکندگی شاخص کلروفیل برگ‌های عمودی نسبت به برگ‌های سایه بان شکل میزان کلروفیل کمتری دارد و برگ‌های بخش میانی دارای بالاترین ارزش می‌باشند. این مسئله درست نقطه مقابل گندم زمستانی است. به گونه‌ای که نوع توزیع کلروفیل با کاهش کلروفیل از بالا به سمت سطح مواجه خواهد شد (۱۴). تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل گیاه می‌گردد (۸). احتمالاً علت کاهش شاخص کلروفیل در اثر تنش بر اثر رادیکال‌های آزاد ایجاد شده در طی تنش خشکی مربوط می‌شود که موجب از بین رفتن کلروفیل می‌شوند. استون و همکاران (۳۸)، نیز گزارش کردند که کاهش دریافت تابش خورشید در اثر کاهش میزان کلروفیل یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد دانه ذرت تحت تنش خشکی بود. در واقع، با اعمال تنش خشکی میزان فتوسنتز کاهش یافته و شاخص کلروفیل کمتر می‌شود. عیوضی و همکاران (۷) گزارش کردند بیشترین میزان کلروفیل برگ مربوط به رقم هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ نسبت به ارقام زود رس می باشد.

میزان محتوای نسبی آب برگ

با مشاهده جدول آنالیز واریانس صفت مذکور طی هر سه مرحله اندازه‌گیری اثرات ساده تنش خشکی و هیبریدهای ذرت همچنین اثر متقابل تنش خشکی و هیبرید در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار گردید (جداول ۲ و ۳). ما بقی اثرات از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید. با مطالعه اثر متقابل تنش خشکی و هیبرید مشخص گردید که در هر سه مرحله، ظهور گل آذین نر، ۱۴ روز پس از آن و ۲۸ روز پس از ظهور گل آذین نر تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و سینگل کراس ۴۰۰ و ۲۶۰ بالاترین میزان محتوای نسبی آب را نسبت به تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و سینگل کراس ۷۰۴ به خود اختصاص داد (شکل ۳). نتایج این تحقیق نشان داد هیبریدهای متوسط رس و زودرس از محتوی نسبی آب بیشتری نسبت به هیبریدهای دیررس برخوردار بودند. سینگ و سینگ (۳۵) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر سورگوم و ذرت در شرایط مزرعه‌ای گزارش کردند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ می‌شود. شونفلد و همکاران (۳۰) ظرفیت بالای نگهداری محتوی نسبی آب برگ ماکزیمم در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی گندم و جو را

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

گزارش کردند و اظهار داشتند که این ظرفیت بالا به خاطر تجمع قندهای محلول و کاهش پتانسیل اسمزی می‌باشد. شونفلد و همکاران (۳۰) همچنین بیان داشتند که مقادیر بالای محتوی نسبی آب برگ از طریق توانایی گیاه در نگهداری پتانسیل آب برگ در طول تنش خشکی نیز حاصل می‌گردد محتوای نسبی آب برگ در طول دوره خشکی کاهش می یابد و این مسئله به خاطر کاهش پتانسیل آب برگ در طی تنش خشکی می‌باشد. لذا کاهش محتوای نسبی آب برگ در بین گونه‌های مختلف و در بین هیبریدهای مختلف یک گونه به شکل معنی‌داری متفاوت بوده و هیبریدهایی که از افت محتوای نسبی آب برگ کمتری در اثر تنش خشکی برخوردار هستند، ثبات عملکرد بالاتری را نشان می‌دهند (۳۶). طبق جدول همبستگی (جدول ۴) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مراحل مختلف شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب وجود داشت. سیلوا و همکاران (۳۳) و عبدالرحیم و همکاران (۱) همبستگی معنی‌داری بین شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب بدست آوردند که با نتایج آزمایشات مذکور مطابقت داشت.

جدول ۲- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر تنش سرمازدگی و خشکی بر شاخص SPAD، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و عملکرد دانه هیبرید ذرت

Table 2. Resource change, degree of freedom and mean square effect of freezing and drought stress on SPAD index, relative water content, electrolyte leakage and corn hybrid grain yield

منابع تغییر	درجه آزادی	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3	RWC 1	RWC 2	RWC 3	EL 1	El 2	EL 3	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۲/۴۹۰^{ns}	۳/۷۱۰^{ns}	۱/۷۲۸^{ns}	۴۲/۲۷۲^{ns}	۵/۳۰۶^{ns}	۷/۱۶۹^{ns}	۳۳/۷^{ns}	۵۶/۳^{ns}	۳۸/۵^{ns}	۱۴۰۶۴۷۹/۶^{ns}
تنش سرما	۱	۵/۰۴۲^{ns}	۷/۸۰۷^{ns}	۷/۱۸۷^{ns}	۱۱/۷۶۰^{ns}	۴۰/۷۳۴^{ns}	۵۷/۶۶۰^{ns}	۴۰۷/۸*	۷۲۰/*	۵۲۳/۵^{ns}	۴۳۹۲۰۱/۸^{ns}
خطای اصلی	۲	۳۳/۴۱۶	۹/۱۰۹	۱۰/۶۹۶	۳۱/۲۰۲	۱۹/۲۶۱	۱۷/۶۲۱	۳۱/۶	۳۷/۱	۳۷/۸	۳۶۸۸۶۸/۵
تنش خشکی	۲	۱۳/۲۲۷*	۶۱/۷۳۶**	۱۴۱/۳۱۰**	۵۳۲/۰۱۱**	۲۹۳/۰۹۵**	۴۴۲/۰۴۵**	۳۶۹/۷**	۳۰۵/۶**	۱۵۳/۰*	۳۰۸۳۷۸۹۶/۴**
سرما*خشکی	۲	۱۵/۳۳۶^{ns}	۱۹/۲۰۹^{ns}	۸/۰۹۴*	۱/۰۷۷^{ns}	۳۸/۴۳۹^{ns}	۹/۶۹۵^{ns}	۱۱۷/۹*	۴۰۰/۲**	۲۴/۸^{ns}	۱۷۸۱۷۸۵/۲*
خطای فرعی	۸	۳۰/۳۱۲	۶/۴۷۸	۸/۷۸۷	۱۶/۹۶۱	۱۱/۱۹۹	۱۴/۰۸۲	۲۸/۰	۳۴/۲	۳۲/۴	۳۱۳۱۶۰/۲
ارقام	۲	۱۵۸/۴۸۷**	۸۵/۱۶۱**	۱۲۲/۷۰۲**	۵۶/۳۹۱*	۴۰/۳۵۶*	۱۰۹/۳۸۵**	۲۳۵۲/۰**	۷/۲۱*	۱۴۱۰/۹**	۱۶۵۳۳۶۸/۵**
سرما*ارقام	۲	۴۰/۲۲۱*	۳۵/۳۰۷**	۳/۰۰۸^{ns}	۲۰/۳۰۱^{ns}	۱۹/۹۹۶^{ns}	۱۶/۸۵۲^{ns}	۲۵/۲*	۶۶۰/۱**	۲۸/۲^{ns}	۴۴۷۰۹۰/۷^{ns}
خشکی*ارقام	۴	۴۳/۸۶۹۵*	۲/۸۸۶**	۲۳/۱۳۳*	۸۱/۹۹۷**	۲۴/۹۳۹*	۲۲/۰۹۵*	۲۸۱/۵**	۵۳۸/۲**	۱۴۲/۱*	۳۹۸۳۸۲/۴^{ns}
سرما*خشکی* ارقام	۴	۳۲/۹۰۹*	۲۵/۹۸۴**	۷/۸۵۳^{ns}	۸/۴۶۰^{ns}	۱۹/۴۳۵^{ns}	۵/۲۵۱^{ns}	۲۷۹/۴**	۲۷۵/۵*	۹۴/۴^{ns}	۳۳۹۲۹۹/۱^{ns}
خطای کل	۲۴	۱۱/۰۲۲	۴/۹۳۲	۴/۱۷۳	۱۳/۰۸۶	۱۰/۷۴۱	۱۱/۰۲۳	۲۶/۳	۲۹/۸	۲۵/۵	۲۶۴۱۲۳/۱
ضریب تغییرات	–	۷/۲۰	۵/۲۸	۴/۹۳	۴/۸۱	۴/۳۹	۴/۷۷	۱۴/۰۹	۱۲/۶۱	۱۴/۹۰	۷/۸۲

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

میزان کلروفیل (SPAD)، محتوای نسبی آب (RWC) و نشت الکترولیت (EL) در زمان ۵۰ درصد ظهور گل تاجی، ۱۴ و ۲۸ روز پس از آن.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش سرما، خشکی و سه هیبرید ذرت بر شاخص SPAD، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و عملکرد

Table 3. Comparison of mean simple effects of cold stress, dryness and three corn hybrids on SPAD index, relative water content, electrolyte leakage and grain yield

تیمار	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3	RWC 1 %	RWC 2 %	RWC 3 %	EL 1	El 2	EL 3	عملکرد دانه (kg/h)
تنش سرما										
عدم تنش سرما (شاهد)	۴۵/۷^{a}	۴۱/۹^{a}	۴۱/۱^{a}	۷۴/۸^{a}	۷۵/۸^{a}	۷۰/۶^{a}	۴۰/۴^{b}	۳۹/۶^{b}	۳۳/۶^{a}	۶۶۶۶^{a}
تنش سرما	۴۶/۳^{a}	۴۲/۲^{a}	۴۱/۸^{a}	۷۵/۷^{a}	۷۳/۸^{a}	۶۸/۶^{a}	۴۵/۵ ^{a}	۴۶/۹^{a}	۳۴/۲^{a}	۶۴۸۵^{a}
تنش خشکی										
۱۰۰درصد نیاز آبی	۴۶/۸^{a}	۴۳/۸^{a}	۴۴/۳^{a}	۸۰/۹^{a}	۷۹/۳^{a}	۷۴/۶^{a}	۳۷/۶^{b}	۳۹/۲^{c}	۳۰/۵^{b}	۷۸۸۷^{a}
۷۵درصد نیاز آبی	۴۶/۳^{a}	۴۲/۳^{a}	۴۱/۳^{b}	۷۴/۸^{b}	۷۲/۸^{b}	۶۹/۷^{b}	۴۴/۷^{a}	۴۳/۱^{b}	۳۵/۲^{a}	۶۵۶۹^{b}
۵۰درصد نیاز آبی	۴۵/۱^{b}	۴۰/۱^{b}	۳۸/۷^{c}	۷۰/۱^{c}	۷۱/۹^{b}	۶۴/۷^{c}	۴۶/۰^{a}	۴۷/۴^{a}	۳۵/۹^{a}	۵۲۶۹^{c}
ارقام										
هیبرید سینگل کراس ۷۰۴	۴۸/۴^{a}	۴۴/۵^{a}	۴۴/۴^{a}	۷۳/۵^{b}	۷۴/۷^{ab}	۶۹/۹^{a}	۴۲/۶^{b}	۴۲/۷^{ab}	۳۵/۴^{b}	۶۶۰۶^{ab}
هیبرید سینگل کراس ۴۰۰	۴۲/۷^{b}	۴۱/۱^{b}	۳۹/۷^{b}	۷۵/۲^{ab}	۷۳/۲^{b}	۷۱/۹^{a}	۳۱/۴^{c}	۴۰/۹^{b}	۲۴/۴^{c}	۶۸۶۲^{a}
هیبرید سینگل کراس ۲۶۰	۴۷/۰^{a}	۴۰/۶^{b}	۴۰/۱^{b}	۷۷/۱^{a}	۷۶/۲^{a}	۶۷/۰^{b}	۵۴/۳^{a}	۴۳/۲^{a}	۴۱/۹^{a}	۶۲۵۸^{b}

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

میزان کلروفیل (SPAD)، محتوای نسبی آب (RWC) و نشت الکترولیت (EL) در زمان ۵۰ درصد ظهور گل تاجی، ۱۴ و ۲۸ روز پس از آن.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

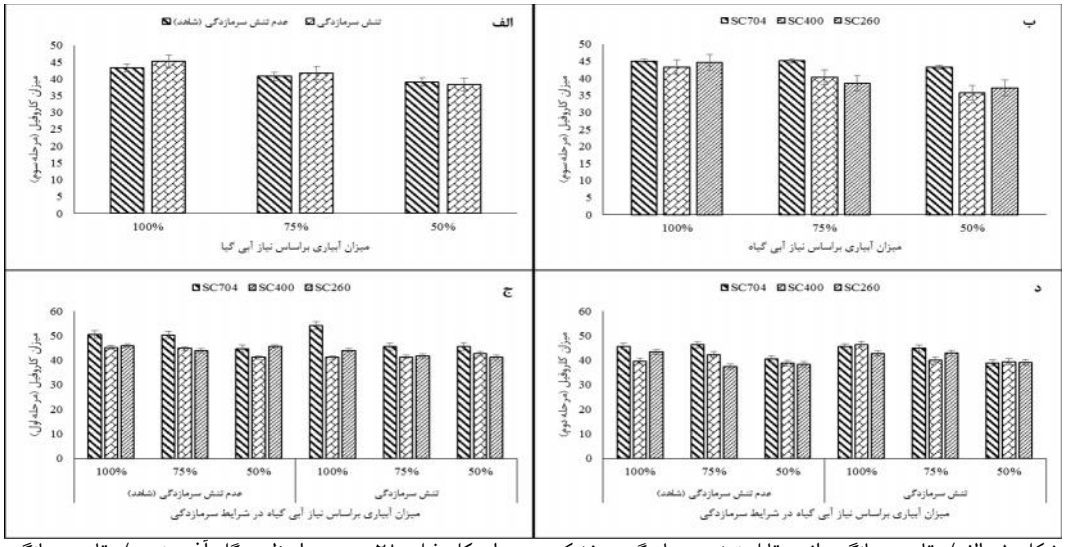
[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

جدول ۴- همبستگی تنش سرما، خشکی و هیبریدهای ذرت بر شاخص SPAD، محتوای نسبی آب و نشت الکترولیت و عملکرد دانه

Table 4. Correlation between cold stress, dryness and corn hybrids on SPAD index, relative water content and electrolyte leakage and grain yield

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
میزان کلروفیل ۱	۱/۰۰									
میزان کلروفیل ۲	۰/۱۴*	۱/۰۰								
میزان کلروفیل ۳	۰/۱۹*	۰/۷۲**	۱/۰۰							
محتوای نسبی آب ۱	۰/۱۱*	۰/۱۲*	۰/۱۸*	۱/۰۰						
محتوای نسبی آب ۲	۰/۲۱*	۰/۱۳*	۰/۱۷*	۰/۲۱*	۱/۰۰					
محتوای نسبی آب ۳	۰/۱۸*	۰/۱۷*	-۰/۰۷	۰/۲۱*	۰/۲۶*	۱/۰۰				
نشت الکترولیت ۱	-۰/۱۲*	-۰/۱۵*	-۰/۱۲*	-۰/۱۰*	-۰/۱۸*	-۰/۱۳*	۱/۰۰			
نشت الکترولیت ۲	۰/۱۸*	۰/۲۸**	۰/۲۸*	-۰/۱۱*	۰/۱۳*	۰/۱۷*	۰/۲۷*	۱/۰۰		
نشت الکترولیت ۳	-۰/۳۴*	-۰/۱۲*	-۰/۱۰*	-۰/۰۹	-۰/۰۲	-۰/۱۵*	۰/۶۷**	۰/۲۱*	۱/۰۰	
عملکرد دانه	۰/۸۲**	۰/۲۸**	۰/۴۴**	۰/۱۰*	۰/۰۶	-۰/۲۵*	-۰/۴۰*	-۰/۱۸*	-۰/۳۶*	۱/۰۰

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

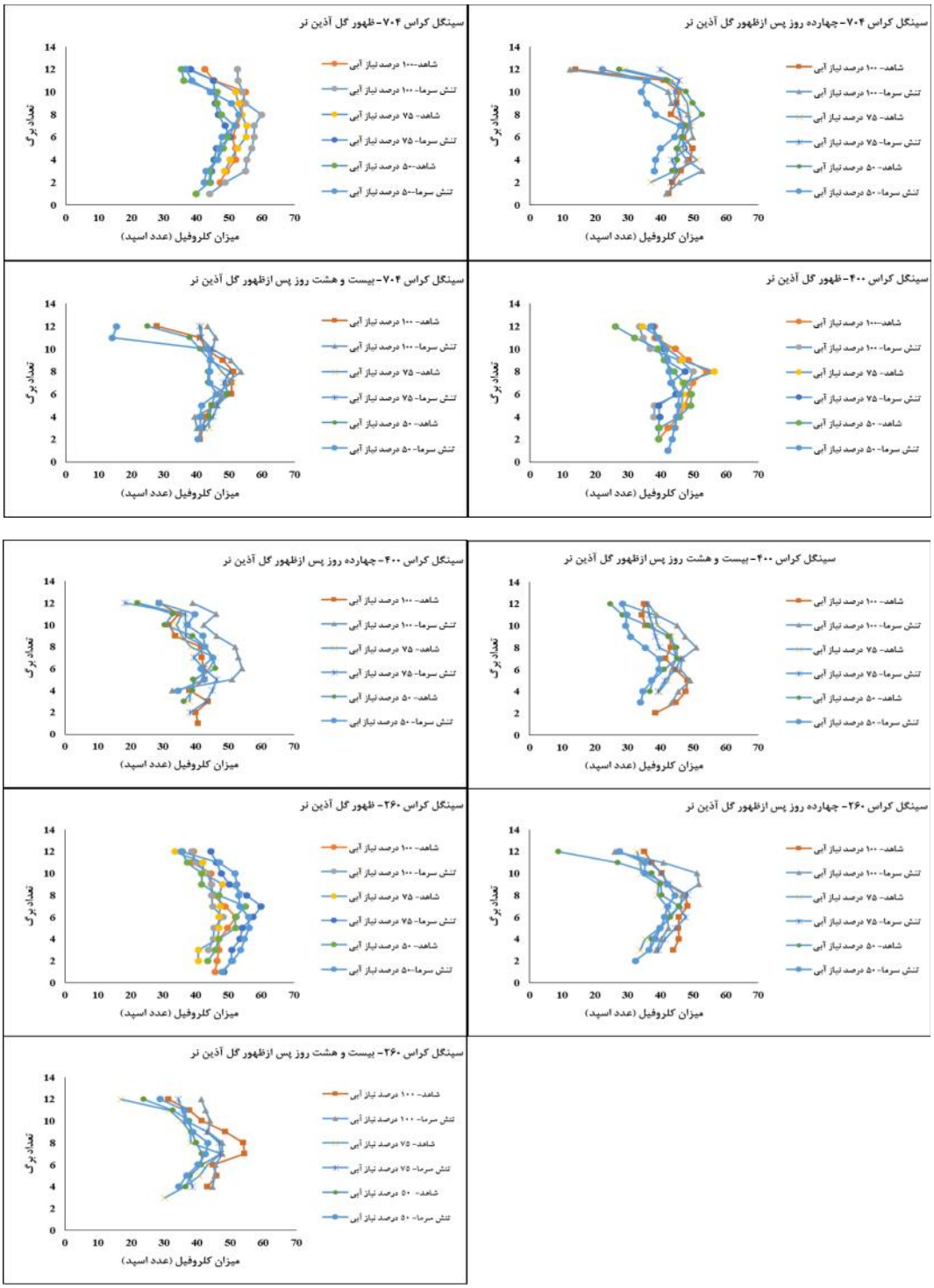


شکل ۱- الف) مقایسه میانگین اثر متقابل تنش سرمازدگی و خشکی بر میزان کلروفیل ۲۸ روز پس از ظهور گل آذین نر ب) مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی و ارقام بر میزان کلروفیل ۲۸ روز پس از ظهور گل آذین نر ج و د) مقایسه میانگین اثر متقابل در شرایط برهمکنش تنش سرمازدگی، خشکی و سه رقم ذرت بر میزان کلروفیل ظهور گل تاجی و ۱۴ روز پس از ظهور گل آذین نر

Figure 1. A) Comparison of the effect of cold stress and dryness on the amount of chlorophyll 28 days after the emergence of male inflorescence b) Comparison of the average interplant effects of drought and cultivars on the amount of chlorophyll 28 days after the emergence of male inflorescence; and d) Comparison of the average effect Interaction in conditions of interaction between cold stress, dryness and three cultivars of maize on the amount of chlorophyll, emergence of cornflower and 14 days after emergence of male inflorescence

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

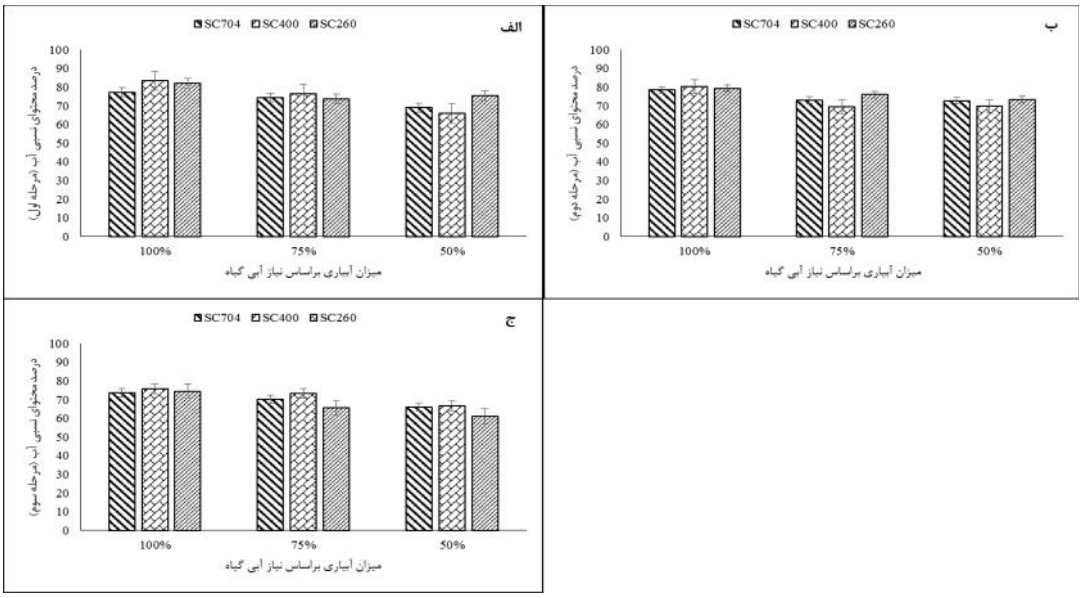


شکل ۲- میزان کلروفیل برگ‌های گیاه از پایین به بالای در شرایط برهمکنش تنش سرمازدگی و خشکی بر ارقام ذرت

Figure 2. Chlorophyll content of plant leaves from low to high under conditions of interaction between freezing and drought stress on maize cultivars

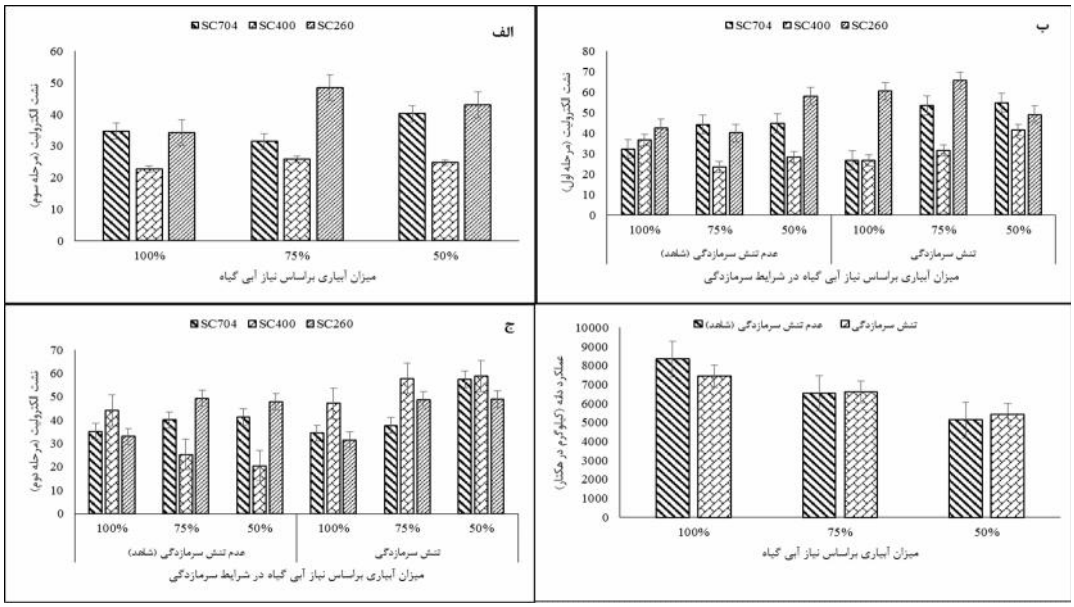
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]



شکل ۳- الف) مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و ارقام بر محتوای نسبی آب هنگام ظهور گل آذین نر ب) مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی و ارقام بر محتوای نسبی آب ۱۴ روز پس از ظهور گل آذین نر ج) مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و ارقام ذرت بر محتوای نسبی آب ۲۸ روز پس از ظهور گل آذین نر

Figure 3. A) Comparison of the average effect of drought stress and cultivars on relative water content during emergence of male inflorescences; b) Comparison of the average of drought interactions and cultivars on the relative water content of 14 days after the emergence of male inflorescences; c) Comparison of the mean interactions of drought stress And corn varieties on the relative water content 28 days after the emergence of male inflorescences



شکل ۴- الف) مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و ارقام بر نشت الکترولیت ۲۸ روز پس از ظهور گل آذین نر ب و ج) مقایسه میانگین اثر متقابل در شرایط برهمکنش تنش سرمازدگی، خشکی و سه رقم ذرت بر نشت الکترولیت هنگام ظهور گل آذین نر و ۱۴ روز پس از ظهور گل آذین نر. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش سرمازدگی و خشکی و بر عملکرد دانه

Figure 4a). Comparison of the mean interactions of drought stress and cultivars with electrolyte leakage 28 days after emergence of male inflorescence; and c) Comparison of the average interaction effect in conditions of interaction between freezing stress, dryness and three maize cultivars on electrolyte leakage during emergence of male inflorescences And 14 days after the emergence of male inflorescences. Comparison of the effects of cold stress and drought stress on grain yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

میزان نشت الکترولیت

گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان شرایط معمول از ECبالاتری برخوردار هستند. و این بالاتر بودن EC نشان‌دهنده پایین بودن پایداری غشای سیتوپلاسمی می‌باشد. بررسی جدول تجزیه واریانس در مرحله ظهور گل تاجی و چهارده روز پس از آن بر اثرات ساده و متقابل دوگانه و سه گانه تیمارهای تنش سرما و خشکی و هیبریدهای ذرت در سطح یک و پنج و ۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت دارا بود (جداول ۲ و ۳). اما در مرحله ۲۸ روز پس از ظهور گل تاجی این صفت فقط از لحاظ آماری روی اثرات ساده تنش خشکی و هیبریدها معنی‌دار گردید (جدول ۲). برهمکنش تنش خشکی و هیبریدها در مرحله بیست هشت روز پس از ظهور گل تاجی نشان‌دهنده این است که هیبرید زودرس سینگل کراس ۲۶۰ در شرایط تنش خشکی از نشت الکترولیت بالایی برخوردار می‌باشند در این مرحله آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و هیبرید سینگل کراس ۲۶۰ با میزان ۴۸/۴ بیشترین میزان نشت را به خود اختصاص داد (شکل ۴). ثبات غشاء سلولی و نشت الکترولیت کمتر تحت شرایط تنش رطوبتی یک جزء اصلی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مقاوم محسوب می‌شود (۱۹). این نتایج با نتایج معدودی از محققین از جمله شیخی و همکاران (۳۱) برابری داشت. با مشاهده جدول مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه تنش سرمازدگی، خشکی و هیبریدهای ذرت (شکل ۴) هیبرید سینگل کراس ۲۶۰ بالاترین میزان نشت را در مرحله ظهور گل تاجی با میزان ۶۵/۷ میکروموس بر سانتی‌متر در شرایط تنش سرمازدگی با آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه بود که نسبت به تیمار عدم تنش سرمازدگی با آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه دارای تفاوت ۳۱/۷ درصدی می‌باشد. در مرحله چهارده روز پس از ظهور گل تاجی همانند مرحله قبل ما بین تیمارهای که تنش سرمازدگی توأم گردیده با تنش خشکی درصد نشت بالاتری را دارا می‌باشند. در مرحله چهارده روز پس از ظهور گل آذین نر در شرایط تنش سرمازدگی باعث بالا رفتن میزان نشت در هیبرید سینگل کراس ۴۰۰ و سینگل کراس ۲۶۰ در شرایط تنش خشکی شدید گردید. پورموسوی و همکاران (۲۷) در بررسی روی گیاه سویا اعلام نمودند که در شرایط تنش شدید میزان نشت الکترولیت در مقایسه با تنش ملایم و عدم تنش خشکی بیشتر بود. کوچوا و جورجیوف (۱۹) نیز در ارزیابی مقاومت به خشکی ارقام جو، تخریب کمتری در غشاهای سلولی ارقام مقاوم تر به خشکی مشاهده و بیان کردند که ثبات غشا سلولی در طول دوره تنش خشکی، ممکن است به میزان پرولین آزاد موجود در سلول مرتبط باشد.

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس برای صفت عملکرد دانه نشان داد که ما بین تیمار اثرات ساده تنش خشکی و ارقام در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد همچنین اثر متقابل تنش سرما و خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۲). با مشاهده شکل مقایسه میانگین تیمار تنش خشکی و سرما (شکل ۴) بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار عدم تنش سرما با ۱۰۰ درصد نیاز آبی با افزایش ۱۲ درصدی نسبت به تنش سرما با ۱۰۰ درصد نیاز آبی می‌باشد، تیمارهای عدم تنش سرما و تنش سرما با ۷۵ درصد نیاز آبی در یک گروه آماری قرار گرفتن همچنین تیمارهای عدم تنش سرما و تنش سرما با ۵۰ درصد نیاز آبی نیز در یک گروه آماری قرارگرفتند. تیمارهای عدم تنش سرما و تنش سرما با مصرف ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه از لحاظ عملکرد دانه افزایش ۶۲ و ۳۷ درصدی نسبت به تیمارهای عدم تنش سرما و تنش سرما با مصرف ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه می باشد. می‌توان گفت که تنش خشکی در تیمارهای که سرما دیده‌اند کاهش کمتری از لحاظ عملکرد دانه نسبت به تیمارهای شاهد دارد. بین عملکرد دانه با مراحل مختلف اندازه‌گیری کلروفیل، محتوای آب نسبی و نشت الکترولیت همبستگی معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). بین عملکرد دانه و مراحل نشت الکترولیت همبستگی منفی و معنی‌داری بود. لافیت (۲۰) بیان داشت که محتوای نسبی آب به دلیل توانائی گیاهان در کنترل هدایت روزنه‌ای در شرایط همبستگی ضعیفی با عملکرد دارد و تحت شرایط تنش خشکی همبستگی (r^2= ۰/۴۵) را بدست آورد. در تنش خشکی همبستگی بین RWC و پتانسیل آب گیاه کاهش یافته و منجربه کاهش همبستگی بین عملکرد و محتوای نسبی آب می‌گردد (۶). نتایج این تحقیق در خصوص کاهش عملکرد دانه با اعمال تنش خشکی و همبستگی با شاخص کلروفیل و نشت الکترولیت با نتایج شیخی و همکاران (۳۱) و کامن و همکاران (۱۷) مطابقت داشت.

تنش سرمازدگی در مرحله چهار برگی تأثیری بر روی عملکرد دانه نداشت. تأمین نیاز کامل آبی ذرت تأثیر بسیار مثبتی بر افزایش عملکرد دانه و شاخص‌های انتخاب داشت، تنش شدید خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) موجب کاهش عملکرد دانه نسبت به آبیاری مطلوب شد. بنابراین عملکرد محصول رابطه نزدیکی با قابلیت دسترسی به آب دارد. تنش خشکی از طریق کاهش محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل و افزایش نشت الکترولیت باعث کاهش عملکرد دانه گردید. در بین ارقام مورد بررسی با توجه به بررسی شاخص‌های انتخاب با وجود اینکه رقم سینگل کراس ۷۰۴ در برخی موارد برتری نشان داد اما رقم سینگل کراس ۴۰۰ در مجموع عملکرد بالاتری را داشت و توصیه می‌شود در شرایط آب و هوایی مشهد مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

منابع

1. Abd El-Rahim, M.F., G. Fahmy and Z.M. Mand Fahmy. 1998. Alterations in transpiration and stem vascular tissues of two maize cultivares under conditions of water stress and late wilt disease. Plant. Pathology, 47: 216-223.
2. Afarinesh, A., Gh. Fathi, S. Siadat, Kh. Alami Saeed and S. Ashrafzade. 2015. Effects of drought and density on some agronomic characteristics of corn. Journal of Plant Production, 38: 13-23 (In Persian).
3. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage, 56 pp.
4. Andrade, F.H. and M.A. Ferreiro. 1996. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling, Fild Crop Research, 48: 155-165.
5. Andjelkovic, V. and R. Thompson. 2006. Changes in gene expression in maize kernel in response to water and salt stress. Plant Cell Reports, 25: 71-79.
6. Atteya, A.M. 2003. Alteration of water relations and yield of corn genotype in response to drought stress. Plant Physiology, 29: 63-76.
7. Ayvazi, M., S. Sajedi, N. Gharayazi and M. Jirani. 2010. Effects of water stress on characteristics of different corn hybrids. Journal of Agricultural new findings, 3: 75-286 (In Persian).
8. Brevedan, R.E. and D.B Egli. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. Crop Science, 43: 2083- 2088.
9. Ciganda, V., A. Gitelson and J. Schepers. 2008. Vertical profile and temporal variation of chlorophyll in maize canopy: quantitative crop vigor indicator by means of reflectance-based techniques. Agronomy Journal, 100: 1409-1417.
10. Darvish balochi, M., F. Paknejad and M. Ardekani. 2011. Effect of drought stress and some micronutrients, foliar nutrition on chlorophyll fluorescence parameters, relative water content, membrane stability and grain yield. Journal of Field Crop Science, 41:531-543 (In Persian).
11. Gregersen, P.L. and P.B. Holm. 2007. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. Plant Biotecnology, 5: 192-206.
12. Ghosh, P.K., K.K. Ajay, M.C. Bandyopadhyay, K.G. Manna, A.K. Mandal and K.M. Hati. 2004. Comprative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology, 95: 85-93.
13. Hosseini, M.H. and M. Nasiri mahalati. 1994. The relationship between water and land in crops. 1th edn. Mashhad University Jihad Publications. Mashhad, 350 pp.
14. Huang, W., Z. Wang, L. Huang, D.W. Lamb, Z. Ma, J. Zhang, J. Wang and J. Zhaox. 2011. Estimation of vertical distribution of chlorophyll concentration by bi-directional canopy reflectance spectra in winter wheat. Precise agricultural, 12: 165-178.
15. Hashem, A., M.N. Amin Mujadar, A. Hamid and M.M. Hossain. 1998. Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability of synthesized Brassica napus L. Journal agronomy and Crop Science, 180: 129-136.
16. Jalilian, A., R. Ghobadian, A. Shirkhani and A. Farnia. 2014. Effects of nitrogen and drought stress on yield components, grain yield and quality of SC 704 corn. Journal of Agriculture Research and Construction, 16: 102-251 (In Persian).
17. Kaman, H., C. Kirda and S. Sesveren. 2011. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. Agric. Water Management, 98: 801-807.
18. Kirnak, H., C. Kaya, I. Tas and D. Higgs. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in egg plants. Plant Physiology, 27: 34-46.
19. Kocheva, K. and G. Georgive. 2003. Evaluation of the reaction of two contrasting Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars in response to osmotic stress with Peg 6000. Journal Plant Physiology, 3: 290-294.
20. Lafitte, R. 2002. Relationship between leaf relative water content during reproductive stage water deficit and grain formation in rice. Field Crop Research, 76: 165-174.
21. Liang, Y., Q. Chen, W. Liu, Z. Zhang and R. Ding. 2003. Exogenous silicone (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid per oxidation in roots or salt- stressed barley (*Hordeum Vulgare* L.). Journal Plant Physiology, 99: 872-878.
22. Lukatkin, A., A. Brazaitye, C. Bobinas and P. Duchovskis. 2012. Chilling injury in chilling-sensitive plants: a rev. Zemdi Agriculture, 99: 111-124.
23. Mohammadkhani, N. and R. Heidari. 2007. Effect of drought stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in two maize cultivars. Pakestan Journal Biology Science, 10: 3835-3840.
24. Nayyar, H. and D. Gupta. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. Environmental Experimental Botany, 58: 106-113.
25. Nezami, A., J. Rezai and B. Alizade. 2011. Tolerance to cold stress in some species of Grasses by Electrolyte Leakage Test. Journal of soil and water, 5: 1019-1026 (In Persian).
26. Pessarkli, M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc, 697 pp.
27. Pormosavi, S.M., M. Galoi and J. Daneshian. 2006. Evaluation of manure application on soybean leaf chlorophyll content and membrane stability under drought conditions. 9th Congress of Crop Sciences, pp: 205-208.
28. Raison, J.K., G.A. Berry, R.A. Armond and C.K. Pike. 1980. Membrane properties in relation to the adaptation of plants to temperature stress. In: Turner, N.C. and P.J. and Kramer. Adaptation of Plants to water and high temperature stress. John Wirly and Sons, 261-273.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

29. Schlemmer, M.R., D.D. Francis, J.F. Shanahan and J.S. Schepers. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronmy Journal, 97 pp.
30. Schonfeld, M.A., R.C. Johnson, B. Carver and D.W. Morhinweg. 1988. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Scieance, 28: 526-531.
31. Shikhi, A., K. Afsharpor rezai, H. Rnji, S. Mosavi anzabi and M. Roshdi. 2012. Effect of drought stress on physiological traits of maize genotypes. Journal of Crop Production in Environmental Stress, 3: 1-14 (In Persian).
32. Siddique, M.R.B., A. Hamid and M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Batany Bull acadmi sinece, 41: 35-39.
33. Silva, M.D.A., J.L. Jifon, J.A.G. Da Silva and V. Sharma. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Plant Physiology, 19: 193-201.
34. Sinclair, T.R. and M.M. Ludlow. 1985. Who thought plant thermodynamics the unfulfilled potential of plant water potential Aus. Journal Plant Physiology, 33: 312-317.
35. Singh, B.R and B.P. Singh. 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. Field Crop Research, 42: 57-67.
36. Singh, T.N., D. Aspinall and L.C. paleg. 1972. Proline accumulation and varietal adaptability to drought in barley, a potential metabolic measure of drought resistance. Natural new biology, 236: 1880-1990.
37. Spaeth, S.C., H.C. Randau, T.R. Sinclair and J.S. Vendeland. 1984. Stability of soybean harvest index. Agronomy Journal, 76: 482-486.
38. Stone, P.J., D.R. Wilson, J.B. Reid and G.N. Gillespie. 2001. Water deficit effects on sweet corn: I. Water use, radiation use efficiency, growth and yield. Australian Journal Agricultural Research, 52: 103-113.
39. Shiri, M. and R. Choukan. 2017. Evaluation of Maize Hybrids Tolerance to Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 9(21): 89-99. (In Persian).
40. Shahriarinasab, M., R. Choukan, M. Khodarahimi, A. Masomi and S. Khavarikhorasani. 2015. Genotype×Environment Interactionf or Grain Yield of Maize HybridsUsing the GGE Biplot. Journal of Crop Breeding, 7(16): 123-129 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]

Examining Interactions of Chilling and Draught Stresses on Chlorophyll (SPAD), RWC, Electrolyte Leakage and Seed Performance in Three Hybrid Varieties of Maize

Mohsen Tarighaleslami[1], Mohammad Kafi[2], Ahmad Nezami[3] and Reza Zarghami[4]

1 and 3- Graduted PhD student and professor, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor, Ferdowsi University of Mashhad (Corresponding author: m.kafi@ um.ac.ir)
4- Faculty of Science, Department of Biotechnology, Karaj
Received: April 25, 2016 Accepted: July 13, 2016

Abstract

Chlorophyll, RWC, electrolyte leakage and seed performance of three maize hybrid varieties under draught and chilling stress conditions were examined. The experiment was carried out in split-split plots using random completely blocks design with three replications in 2013-2014 in research farm and greenhouse Mashhad University of Ferdowsi, Agronomy Faculty. The main plot was chilling stress at two levels (present and absence of chilling stress); the subplot were drought stress at three levels (100% irritation, 75% irritation, and 50% irritation); sub-subplot was maize hybrid variety (single cross 704, single cross 400, and single cross 260). Results showed that stress conditions affected SPAD so that draught stress declined RWC and stability of cytoplasm membrane. The highest RWC and stability of cytoplasmic membrane were seen in single cross 260 and 400. Mutual effects of the treatments showed that the chilling and 100% irritation single cross 704 treatments had the highest SPAD. In addition, SPAD, RWC, and electrolyte leakage at the end of season decreased relative to the emergence time of male inflorescence. In presence of chilling and draught stresses, single cross 400 had higher performance comparing with the two other hybrids. This, in turn, indicates better performance of such treatment comparing with the other hybrids.

Keywords: Maize cultivar, Membrane stability, Single cross, SPAD, Tass

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.146]