اثر تنش سرمازدگی و خشکی در واکنش اسید سالسیلیک بر شاخص‌های انتخاب و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.)

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

۱) دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴) هیئت علمی پژوهشکده بیوتکنولوژی (ابری) کرج، ایران.

*** نویسنده مسئول: m.kafi@um.ac.ir**

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۴/۰۶**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش سرما و خشکی بر شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۴۰۰ تحت سطوح مختلف اسید سالسیلیک آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۴ 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 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 محلول پاشی اسید سالسیلیک (عدم محلول پاشی (شاهد)، محلول پاشی ۲۰۰ میکرومولار و محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار) در نظر گرفته شد. نتایج حاصل حاکی از اثر پذیری شاخص کلروفیل متر، محتوای نسبی آب و نشت الکترولیت در شرایط تنش خشکی است، به‌طوری که تنش کمبود آب شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب را کاهش و نشت الکترولیت، عملکرد دانه را افزایش داد. هم‌چنین محلول‌پاشی اسید سالسیلیک باعث بهبود شاخص کلروفیل، محتوی نسبی آب برگ، افزایش نشت الکترولیت و عملکرد دانه شد. بر همکنش تیمار سرمازدگی بر تنش خشکی با کاربرد محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرو-مولار اسید سالسیلیک باعث بهبود شاخص کلروفیل شد. با توجه به نتایج، استفاده از غلظت مناسب اسید سالسیلیک در بهبود تنش‌های محیطی از جمله سرمازدگی و خشکی برای دست یافتن به عملکرد مطلوب توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و سینگل کراس ۴۰۰.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

مقدمه

ذرت از گیاهان زراعی است که بیش‌ترین پتانسیل تولید را در بین غلات دارد (Muthukumar *et al.*, 2005). به لحاظ سطح زیرکشت و میزان تولید از مهم‌ترین غله دنیا محسوب می‌شود. این گیاه به عنوان پادشاه گیاهان دانه‌ای شناخته می‌شود (Zeidan *et al.*, 2006). دما یکی از عوامل مهم محیطی است که در گسترش و پراکنش موجودات زنده نقش مهمی ایفا می‌کند. خطرات دمایی منتج از نوسانات آن، بیش‌ترین خسارت را بر گیاهان وارد می‌سازد (Samach and Wigge, 2005; Akram *et al.*, 2013). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدود کننده تولیدات محصولات کشاورزی می‌باشد (Lum *et al.*, 2014). بیش از ۸۲ درصد زمین‌های کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است، که متوسط بارندگی آن در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که کم‌تر از یک‌سوم متوسط بارندگی جهان می‌باشد (اکبری مقدم، ۱۳۹۱). به علاوه همین مقدار بارندگی از یک توزیع مناسب مکانی و زمانی نیز برخوردار نیست (Amiri and Eslamian, 2010). با توجه به نوسانات دمایی بهار و کمبود آب در فصول گرم سال در منطقه خراسان رضوی (مشهد) و اکثر مناطق کشور، با به‌کار بردن روش‌های به نژادی و مدیریت صحیح و اقتصادی منابع آبی و استفاده بهینه از آب میزان تولید محصولات زراعی و ثبات در تولید را افزایش داد (وفا بخش و همکاران، ۱۳۸۷). اسید سالیسیلیک از ترکیبات فنلی است که در تعداد زیادی از گیاهان وجود دارد، این ترکیب به عنوان ماده‌ای شبه هورمونی محسوب می‌گردد که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (Kang, 2003). اسید سالیسیلیک نقش مهمی در ایجاد تحمل به تنش‌های محیطی بر عهده دارد (Raskin, 1992). کارایی اسید سالیسیلیک در القای تحمل به تنش، بسته به نوع گیاه و یا غلظت اسید سالیسیلیک دارد (Horváth *et al.*, 2007). اسید سالیسیلیک سبب تحمل به کمبود آب می‌گردد (Bezrukova *et al.*, 2001). این ماده در گوجه فرنگی و لوبیا نیز سبب افزایش تحمل به دماهای پائین و بالا شده است (Senaratna *et al.*, 2000). کاربرد خارجی اسیدسالیسیلیک سبب ایجاد تحمل به تنش خشکی (Dat *et al.*, 1998) سرمازدگی (Janda *et al.*, 1999) نیز می‌شود. در ارتباط با تحمل به تنش های خشکی و سرما، صفات متفاوتی به عنوان شاخص انتخاب مطرح شده اند. اندازه‌گیری برخی روش‌ها که به طور مستقیم و غیرمستقیم به کمبود آب ارتباط دارند، مانند شاخص کلروفیل (SPAD)، محتوای نسبی آب، (RWC) و نشت الکترولیت (EL) همگی به عنوان معیارهایی قابل در گیاهان محسوب می شوند (پورموسوی و همکاران، ۱۳۸۵). کلروفیل برگ از مهم‌ترین شاخص‌های نشان دهنده فشار محیطی وارد بر گیاه از جمله تنش خشکی می باشد، همچنین غلظت کلروفیل به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می باشد (Ghosh *et al.*, 2004). به طوری که کاهش آن در شرایط تنش خشکی می تواند به عنوان یک عامل محدود کننده غیر روزنه‌ای در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

فتوسنتز به حساب آید (Hashem *et al*., 1998). Gregersen و Holm (۲۰۰۷) بیان کردند که طی تنش خشکی محتوی کلروفیل کاهش می یابد. Pessarkli (۱۹۹۹) بیان کرد که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مناسب جهت تحمل به تنش خشکی هستند. سرمدنیا و کوچکی (۱۳۷۲) گزارش دادند که کاهش سنتز کلروفیل‌ها از مهم‌ترین اثرات تنش خشکی بر گیاهان است. نتایج تحقیقات Andrade و Ferreiro (۱۹۹۶) 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 محتوای نسبی آب (Relative water content) به عنوان شاخص تحمل به خشکی می‌باشد (Sinclair and. Ludlow, 1985). Schonfeld و همکاران (۱۹۸۸) بیان کردند که با افزایش تنش خشکی، RWC برگ‌های گندم کاهش پیدا می کند که علت آن کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه ها در شرایط خشک می‌باشد (Siddique *et al*., 2000). غشای سلولی از نخستین اندام‌هایی است که تحت شرایط تنش، آسیب می‌بیند و تراوایی آن افزایش یافته (نظری ناسی و همکاران، ۱۳۹۱). تحت شرایط تنش رطوبتی یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بیند غشای سیتوپلاسمی است (Liang *et al*., 2003) که رشد گیاه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مطالعه به بررسی روند تغییرات سه ویژگی مهم فیزیولوژیک محتوای نسبی آب، میزان کلروفیل، نشت الکترولیت و عملکرد دانه در شرایط برهمکنش تنش سرما و خشکی تحت تأثیر اسید سالسیلیک پرداخته است.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴ به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد با اقلیم سرد و خشک (جدول ۱) 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 محلول‌پاشی اسید سالسیلیک (عدم محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار و محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار) در نظر گرفته شد. اسید سالسیلیک توسط اتانول حل گردید. در تاریخ ۹۴/۲/۱ دو عدد بذر در گلدان‌های کاغذی حاوی مخلوطی از ماسه، پرلیت، خاک مزرعه و خاک‌برگ به نسبت مساوی و در عمق پنج سانتی-متری کشت گردید 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 سرد انتقال داده شدند (علی و همکاران، ۱۳۸۹). دمای اطاقک در شروع آزمایش ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

و پس از قرار دادن نمونه ها با سرعت دو درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش یافت و در دمای پنج درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت باقی ماند. پس از اعمال تنش سرمازدگی گیاهچه‌ها در مزرعه کشت شدند (علی و همکاران، ۱۳۸۹). جهت آماده‌سازی زمین شخم و دیسک زده شد و پس از تسطیح آن کرت‌های به طول چهار متر و عرض سه متر با فواصل ردیف ها ۷۵ سانتی‌متر و فواصل روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر تهیه شد. تراکم برای برای هیبرید سینگل کراس ۴۰۰، 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 (جدول ۲). قبل از کشت کود نیتروژن، فسفر و پتاس به میزان ۱۰۰ کیلو در هکتار و ۱۵۰ کیلو گرم کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در دو مرحله پس از کشت در زمان آبیاری داده شد. علف های هرز به صورت دستی حذف شدند.

جدول ۱: داده های آب و هوا در طول فصل رشد گیاه طی سال ۱۳۹۴

ماه	رطوبت نسبی مطلق		دما مطلق (سانتی‌گراد)		تبخیر (میلی‌متر)	بارش
	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه		
اردیبهشت	۶۵/۲	۲۰/۶	۲۹/۳	۱۴/۶	۷/۶	۰/۸
خرداد	۳۷/۰	۹/۳	۳۴/۷	۱۸/۹	۱۱/۷	۰
تیر	۳۴/۷	۱۰/۴	۳۶/۷	۲۲/۷	۱۴/۳	۰
مرداد	۳۱/۳	۹/۴	۳۵/۱	۲۰/۱	۱۲/۳	۰
شهریور	۴۲/۰	۱۶/۰	۳۴/۴	۲۰/۲	۳۴/۰	۱۹/۲

جدول۲: مشخصات آزمایش خاک طی سال ۱۳۹۴

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت	شوری (ds/m)	pH	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
۰-۳۰	لومی	۱/۳	۸/۴۰	۱/۳۰	۰/۱۲	۲۰/۵	۱۳۳
۳۰-۶۰	سیلتی لومی	۱/۲	۸/۰۳	۱/۱۷	۰/۰۸	۱۷/۶	۱۷۰

تا زمان استقرار گیاه (دو هفته پس از کاشت)، آبیاری مزرعه به طور یک‌نواخت انجام 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 (Allen *et al*, 1998; Villalobos *et al.*, 2002).

رابطه 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 (۹۰ درصد) می‌باشند. با توجه به پایین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

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 (Allen *et al*, 1998).

رابطه ۲: $Eto \times Kc = Etc$

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. آبیاری هر هفت‌روز یک‌بار برای کلیه تیمارها صورت پذیرفت، کل حجم آب آبیاری برای تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌ترتیب برابر با (۱۰۱۳۳/۳۳، ۸۰۶۶/۶۶ و ۵۸۶۶/۶۶ مترمکعب در هکتار) بود.

شاخص قرائت کلروفیل متر: اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه اسپد در مراحل ظهور گل تاجی، ۱۴ و ۲۸ روز بعد از آن انجام شد. به‌این منظور از هر کرت دو بوته انتخاب و از کلیه برگ‌های گیاه از ابتدا، انتها و وسط تمامی برگ‌های هر بوته عدد اسپد به طور مجزا اندازه‌گیری و سپس میانگین گرفته شد.

محتوای آب نسبی برگ: نمونه برداری از برگ متصل به بلال صورت گرفت. به‌این ترتیب که از وسط برگ در سه مرحله ظهور گل تاجی، ۱۴ و ۲۸ روز بعد از آن، قطعه ای به طول هشت سانتی‌متر جدا شده و به اندازه های دو سانتی-متری 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 وزن تر در پتری دیش حاوی آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت قرار گرفته و پس از آن وزن اشباع آن‌ها توزین شد. در روز بعد نمونه ها در آون ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفته و وزن خشک آن‌ها ثبت گردید. در نهایت محتوای آب نسبی برگ براساس معادله سه تعیین شد (نظامی و همکاران، ۱۳۸۹):

رابطه ۳: محتوای نسبی آب= (وزن خشک برگ-وزن تر برگ/ وزن خشک برگ- وزن تر اشباع برگ)

درصد نشت الکترولیت: نمونه برداری از برگ متصل به بلال صورت گرفت. 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 آب نسبی برگ از برگ متصل به بلال جدا شد و در آزمایشگاه به ویال های حاوی ۱۰۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر شده منتقل می‌شود. ویال ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه نگه داشته شده و سپس هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر اندازه گیری شد (EC_1). به‌منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت در اثر مرگ سلول، ویال ها در اتوکلاو با دمای

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

۱۱۰ درجه سانتی گراد و فشار ۱/۲ بار به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی نمونه ها اندازه-گیری خواهد شد (EC_2). درصد نشت الکترولیت با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (نظامی و همکاران، ۱۳۸۹):

رابطه ۴: $EL\% = (EC_1 / EC_2)*100$

به‌منظور تعیین عملکرد ابتدا از سطحی معادل یک مترمربع، بوته‌ها از سطح خاک بریده شده و سپس ابتدا زیست توده آن-ها اندازه‌گیری شد و سپس بلال‌ها از بوته جدا شده و پس از جدا کردن دانه‌ها، عملکرد ثبت شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار MSTAT-C (Version 1.4) و برای رسم نمودارها نیز از برنامه Excel استفاده شد. میانگین ها نیز با استفاده از آزمون LSD (در سطح احتمال پنج درصد) مقایسه شد.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل (SPAD)

برهمکنش سه‌گانه سرمازدگی، خشکی و محلول‌پاشی اسید سالسیلیک در هر سه مرحله اندازه‌گیری بر شاخص کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط عدم تنش سرمازدگی، تیمار آبی ۵۰ درصد نسبت به تیمار آبی ۱۰۰ درصد به ترتیب در هر سه مرحله اندازه‌گیری باعث کاهش ۲۳/۵، ۱۷/۴ و ۲۸/۵ درصدی شد. اما در شرایط تنش سرمازدگی در نمونه‌برداری اول این کاهش مشاهده نشد و در نمونه برداری دوم و سوم باعث کاهش ۱۳/۱ و ۲۶ درصدی گردید. همچنین با توجه به کاهش کلروفیل در وقوع تنش خشکی اسید سالسیلیک باعث بهبود شاخص کلروفیل در شرایط عدم تنش سرمازدگی و تنش سرمازدگی شد. به‌طوری که در هر سه مرحله نمونه‌برداری محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار اسید سالسیلیک با تیمار آبی ۱۰۰ درصد در شرایط عدم تنش سرمازدگی نسبت به عدم محلول‌پاشی افزایش ۱/۵، ۱/۳ و ۱۰/۲ درصدی داشت. با بررسی تیمار آبی ۷۵ درصد در دو مرحله اول افزایشی مشاهده نشد، اما در مرحله سوم افزایش ۹ درصدی مشاهده شد. این افزایش در تیمار آبی ۵۰ درصد به‌ترتیب مراحل افزایش ۱۰/۹، ۷/۹ و ۳/۱ درصدی داشت. همچنین در مرحله اول و سوم نمونه‌برداری پس از محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرو مولار اسید سالسیلیک با تیمار آبی ۱۰۰ درصد در شرایط تنش سرمازدگی نسبت به عدم محلول‌پاشی افزایش ۶/۱ و ۹ درصدی را نشان داد، در صورتی‌که در مرحله دوم و در تیمار آبی ۷۵ درصد در هر سه مرحله افزایشی مشاهده نشد. این افزایش در تیمار آبی ۵۰ درصد به ترتیب مراحل افزایش ۵/۸، ۸/۳ و ۵/۸ درصدی بود (جدول ۴). در کلیه مراحل تیمار محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار اسید سالسیلیک با تیمار آبی ۱۰۰ درصد در شرایط عدم تنش سرمازدگی بالاترین و تیمار عدم محلول پاشی با تیمار آبی ۵۰ درصد در شرایط عدم تنش سرمازدگی پایین‌ترین شاخص کلروفیل را به خود اختصاص داد (جدول ۶).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

جدول۳: جدول تجزیه واریانس اثر تنش سرما و خشکی روی سه هیبرید ذرت بر شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و عملکرد دانه

منابع تغییر	df	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3	RWC 1	RWC 2	RWC 3	EL 1	El 2	EL 3	عملکرد دانه
تکرار	۲	۶/۸۹۹^{ns}	۱۱/۰۶۹^{ns}	۱/۳۵۱^{ns}	۱/۰۱۹^{ns}	۳/۷۲۴^{ns}	۵/۳۴۵^{ns}	۱۰/۳۱۱^{ns}	۲/۷۷۰^{ns}	۵/۰۴۰^{ns}	۳۸۵۰۴۲۴^{ns}
سرما	۱	۴/۲۷۹^{ns}	۱۲/۳۲۷^{ns}	۱۰/۰۵۴^{ns}	۸۳/۸۷۶^{ns}	۶۷/۲^{ns}	۱۶۲/۹۳۴^{ns}	۵/۷۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۳۹۲^{ns}	۹۳۱۶۷۵۷^{ns}
خطای a	۲	۷/۶۸۱	۳/۷۱۲	۴/۵۹۶	۳/۷۵۵	۲/۷۴۲	۲۷/۶۹۵	۵/۶۱۶	۰/۳۰۹	۵/۴۵۰	۳۱۳۰۳۵
خشکی	۲	۱۸۷/۲۶**	۲۵۷/۳۱**	۵۵۸/۵۰**	۴۰۵/۶۰**	۲۸۹/۸**	۵۶۱/۹**	۴۰۹/۴۵۹**	۲۰۱/۶۵**	۱۱۹/۳۷۲**	۳۲۶۲۶۴۱۲**
سرما*خشکی	۲	۱۰/۷۶^{ns}	۵/۳۷۱^{ns}	۳۸/۹۲۶ ^{ns}	۲۴/۳۹ ^{ns}	۱/۹۳۱^{ns}	۷/۰۰۵^{ns}	۶/۸۱۵ ^{ns}	۵/۸۶۶ ^{ns}	۲/۱۹۵^{ns}	۵۲۶۵۶۸^{ns}
خطای b	۸	۳/۷۶۰	۲/۶۲	۳/۵۹۲	۱/۵۱۰	۱/۵۶۲	۱۵/۱۴۹	۵/۳۱۹	۸/۵۱۹	۳/۹۹۷	۳۲۵۱۷۴
سالسیلیک	۲	۱۵/۶۹*	۷/۹۴*	۶۷/۹۲**	۴۴/۹۵**	۱۸/۳۲۸**	۳۱/۶۶۷**	۳۸/۵۴۰**	۱۳/۶۰۱*	۴۲/۵۴۵**	۲۳۸۰۷۱۸*
سرما*سالسیلیک	۲	۱/۸۸۴ ^{ns}	۱۴/۶۶ ^{ns}	۲/۶۰۰^{ns}	۰/۸۹۶^{ns}	۲/۰۶۹^{ns}	۶/۲۵۴^{ns}	۱/۷۹۰ ^{ns}	۱/۴۷۰ ^{ns}	۰/۳۹۰^{ns}	۱۴۲۰۹۶^{ns}
خشکی*سالسیلیک	۴	۲۰/۹۰**	۲/۰۸۴ ^{ns}	۲۰/۴۲**	۲/۸۸۷ ^{ns}	۸/۵۹۹**	۲/۹۴۷ ^{ns}	۱۳/۳۱۷**	۷/۷۸۴ ^{ns}	۷/۰۰۳ ^{ns}	۱۲۱۷۷۳۷*
سرما*خشکی* سالسیلیک	۴	۱۴/۷۴**	۱۳/۳۳**	۶/۵۷**	۱/۰۴۹^{ns}	۳/۸۵۱^{ns}	۰/۸۶۹^{ns}	۳/۳۳۹ ^{ns}	۸/۵۳۵ ^{ns}	۲/۱۶۲^{ns}	۷۲۹۰۶۵^{ns}
خطای c	۲۴	۳/۲۱۲	۲/۰۶۵	۰/۸۸۵	۱/۲۴۳	۱/۰۵۸	۱۱/۷۹۳	۱/۹۶۲	۳/۴۵۸	۳/۲۲۶	۶۳۴۸۱
ضریب تغییرات	-	۳/۸۹	۲/۹۳	۲/۴۵	۴/۴۴	۴/۴۰	۵/۶۳	۱۱/۲۹	۸/۳۴	۱۱/۹۳	۱۲/۹۶

^{ns}، *، ** به‌ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر تنش سرمازدگی، خشکی و محلول‌پاشی اسید سالسیلیک بر شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و عملکرد دانه روی ذرت

تیمار	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3	RWC 1(%)	RWC 2(%)	RWC 3(%)	EL1	El2	EL3	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)
تنش سرما										
عدم تنش سرما (شاهد)	۴۶/۴ a	۴۹/۵ a	۳۸/۷ a	۷۸/۸ a	۷۴/۶ a	۶۲/۷ a	۱۳/۷ a	۲۲/۳ a	۱۵/۰ a	۶۴۰۹ a
تنش سرما	۴۵/۸ a	۴۸/۵ a	۳۷/۹ a	۷۶/۳ a	۷۲/۴ a	۵۹/۲ a	۱۶/۷ a	۲۲/۳ a	۱۶/۲ a	۵۵۷۸ a
تنش خشکی										
۱۰۰درصد نیاز آبی	۴۴/۳ a	۴۵/۵ a	۴۳/۹ a	۸۱/۸ a	۷۷/۴ a	۶۶/۶ a	۱۲/۵ c	۱۸/۹ c	۱۲/۱ c	۷۳۵۳ a
۷۵درصد نیاز آبی	۴۳/۶ ab	۴۵/۳ a	۳۸/۳ b	۷۸/۵ a	۷۳/۶ b	۶۰/۷ b	۱۵/۲ b	۲۲/۲ b	۱۶/۱ b	۵۹۶۶ b
۵۰درصد نیاز آبی	۴۱/۲ b	۳۸/۹ b	۳۲/۸ c	۷۲/۴ c	۶۹/۴ c	۵۵/۵ c	۲۰/۷ a	۲۵/۶ a	۱۸/۶ a	۴۶۶۱ c
اسید سالسیلیک										
عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۴۵/۷ b	۴۹/۵ a	۳۸/۰ b	۷۸/۹ a	۷۴/۰ a	۶۲/۱ a	۱۹/۷ a	۲۳/۰ a	۱۶/۶ a	۵۵۸۸ b
محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۷/۲ a	۴۹/۳ a	۳۶/۵ c	۷۷/۹ ab	۷۴/۱ a	۶۱/۲ ab	۱۳/۳ b	۲۱/۳ b	۱۵/۶ ab	۶۱۰۱ ab
محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۵/۴ b	۴۸/۳ b	۴۰/۴ a	۷۵/۸ c	۷۲/۳ b	۵۹/۵ b	۱۲/۵ b	۲۲/۶ ab	۱۴/۶ b	۶۲۹۲ a

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

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

جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش تنش سرمازدگی و محلول‌پاشی اسید سالسیلیک بر شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و عملکرد دانه روی ذرت

	تیمار	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3	RWC 2 (%)	EL1 (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۴۳/۹ a-c	۴۷/۶ ab	۴۳/۶ b	۷۸/۷ a	۱۱/۲ e-g	۷۰۳۵ ab
	محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۳/۵ a-c	۴۴/۸ cd	۴۱/۹ c	۷۶/۵ bc	۹/۰ f-g	۷۲۸۲ ab
	محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۵/۵ ab	۴۳/۹ d	۴۶/۱ a	۷۷/۱ b	۸/۴ g	۸۵۴۳ a
۷۵درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۴۶/۲ a	۴۳/۶ d	۳۷/۲ d	۷۳/۸ d	۱۹/۲ b	۵۶۲۳ cd
	محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۳/۱ a-c	۴۸/۴ a	۳۵/۳ e	۷۵/۳ c	۱۳/۸ c-e	۵۸۶۳ cd
	محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۱/۵ c-d	۴۵/۹ bc	۴۲/۴ c	۷۱/۷ e	۱۲/۸ d-f	۶۴۱۲ bc
۵۰درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۳۹/۶ d	۳۸/۳ f	۳۳/۲ f	۶۹/۶ f	۲۸/۷ a	۳۹۰۷ f
	محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۰/۹ c-d	۴۱/۶ e	۳۲/۴ f	۷۰/۴ f	۱۷/۱ bc	۴۶۰۸ ef
	محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۲/۹ bc	۳۶/۹ f	۳۲/۷ f	۶۸/۲ g	۱۶/۳ b-d	۵۴۶۸ de

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

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

گزارش شده است تنش خشکی باعث کاهش میزان کلروفیل گیاه می‌گردد (Brevedan and Egli., 2003). احتمالاً علت کاهش شاخص کلروفیل بر اثر عدم جذب مواد معدنی از خاک در طی تنش خشکی مربوط می‌شود که موجب از بین رفتن کلروفیل می‌شوند. Stone و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که کاهش دریافت تابش خورشید در اثر کاهش میزان کلروفیل یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد دانه ذرت شیرین تحت تنش خشکی بود. در واقع، کاهش کلروفیل باعث کاهش تولید فراورده فتوسنتزی می‌شود.

جدول۶: مقایسه میانگین برهمکنش تنش سرمازدگی، خشکی و اسید سالسیلیک بر شاخص کلروفیل ذرت

		تیمار	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3
عدم تنش سرمازدگی	۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۴۷/۲ a-c	۵۱/۹ ab	۴۴/۲ b
		محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۵/۵ a-d	۵۲/۶ a	۴۴/۴ b
		محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۷/۹ a	۵۲/۶ ab	۴۸/۷ a
	۷۵درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۴۷/۷ ab	۵۱/۸ ab	۳۷/۹ e
		محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۴/۷ a-e	۴۹/۹ b-d	۳۵/۶ fg
		محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۰/۳ e-g	۴۹/۴ cd	۴۱/۳ c
	۵۰درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۳۸/۴ fg	۴۴/۲ f	۳۱/۹ i
		محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۳۸/۲ g	۴۵/۶ ef	۳۱/۸ i
		محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۲/۶ d-g	۴۷/۷ de	۳۲/۹ hi
تنش سرمازدگی	۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۴۰/۷ e-g	۵۱/۹ ab	۴۳/۱ b
		محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۱/۵ d-g	۵۱/۵ a-c	۳۹/۵ d
		محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۳/۲ b-e	۵۱/۳ a-c	۴۳/۵ b
	۷۵درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۴۴/۷ a-e	۵۱/۰ a-c	۳۶/۵ ef
		محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۱/۶ d-g	۵۰/۹ a-c	۳۵/۰ fg
		محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۲/۸ c-f	۴۹/۳ cd	۴۳/۴ b
	۵۰درصد نیاز آبی	عدم محلول‌پاشی (شاهد)	۴۰/۸ e-g	۴۵/۹ ef	۳۴/۵ gh
		محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار	۴۳/۷ a-e	۴۵/۳ ef	۳۳/۰ hi
		محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار	۴۳/۲ c-e	۴۹/۷ g	۳۲/۵ i

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

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

محتوای نسبی آب

طی هر سه مرحله اندازه‌گیری اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید سالسیلیک بر محتوای نسبی آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طوری که در هر سه مرحله اندازه‌گیری محتوای نسبی آب تیمار آبی ۱۰۰ درصد به‌ترتیب مراحل باعث بهبود ۴/۲، ۵/۱ و ۹/۷ درصدی و ۱۱/۴، ۱۰/۳ و ۱۶/۶ درصدی نسبت به تیمار آبی ۷۵ و ۵۰ درصد شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیش‌تری وارد آن‌ها شود که این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد (خورشیدی و همکاران، ۱۳۸۱). کاهش محتوای آب نسبی برگ در اثر تنش خشکی، دارای رابطه مستقیمی با محتوای رطوبتی خاک می‌باشد (Nautiyal *et al.*,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

2002). کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل مؤثر در کاهش محتوای نسبی آب شناخته شده اند (Venkateswarlu and Ramesh. 1993). در هر سه مرحله اندازه گیری تیمار محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومولار اسید سالسیلیک با تیمار عدم محلول‌پاشی در یک گروه آماری قرار گرفتند، در صورتی‌که محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار اسید سالسیلیک در هر سه مرحله باعث کاهش ۴، ۲/۳، ۴/۲ نسبت به عدم محلول‌پاشی اسید سالسیلیک شد (جدول ۴). اسید سالیسیلیک معمولا در غلظت‌های پایین باعث افزایش رشد و مقاوت گیاهان به تنش‌ها می‌گردد (Dat *et al.*, 1998; Dat *et al.*, 2000). در مرحله دوم اندازه‌گیری اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالسیلیک معنی‌دار بود (جدول ۳). عدم محلول‌پاشی در تیمار آبی ۱۰۰ درصد به‌ترتیب باعث افزایش ۶/۲ و ۱۱/۵ درصد محتوای نسبی آب نسبت به تیمارهای آبی ۷۵ و ۵۰ درصد شد. محتوی نسبی آب برگ در طول دوره خشکی کاهش می‌یابد و این مسئله به خاطر کاهش پتانسیل آب برگ در طی تنش خشکی می باشد. در آزمایش فوق اسید سالسیلیک باعث بهبود محتوای نسبی آب در طی تنش خشکی ملایم گردید، به‌طوری که محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرو مولار اسید سالسیلیک در شرایط تنش ملایم و شدید (آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) باعث بهبود محتوای نسبی آب به ترتیب به میزان ۲ و ۱/۲ درصدی شد (جدول ۵). سینگ و سینگ (۱۹۹۵) در بررسی اثر تنش خشکی بر سورگوم و ذرت در شرایط مزرعه‌ای گزارش کردند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود. (Singh and Singh. 1995). مهرابیان مقدم و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند اسید سالسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث افزایش محتوای آب نسبی می-گردد. بین محتوای نسبی آب با تمامی مراحل شاخص کلروفیل همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). احمدی و سیه مرد همبستگی معنی‌داری بین محتوای نسبی آب با شاخص کلروفیل گزارش نمودند (احمدی، ۱۳۸۳).

میزان نشت الکترولیت

اثر تنش خشکی و اسید سالسیلیک بر میزان نشت الکترولیت در هر سه مرحله ظهور گل تاجی و ۱۴ و ۲۸ روز پس از آن معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طوری که نشت الکترولیت در کلیه مراحل نمونه برداری در تیمار آبی ۵۰ درصد نسبت به تیمار آبی ۷۵ درصد به‌ترتیب مراحل نمونه‌برداری افزایش ۲۵، ۱۳/۴ و ۱۳/۴ درصدی و همچنین تیمار آبی ۵۰ درصد باعث افزایش ۳۹/۶، ۲۶/۱، ۳۵ درصدی نسبت به تیمار آبی ۱۰۰ درصد شد (جدول ۴). در هر سه مرحله اندازه‌گیری محلول‌پاشی ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار اسید سالسیلیک در یک گروه آماری قرار گرفته که نسبت به عدم محلول‌پاشی باعث کاهش میزان نشت الکترولیت شد (جدول ۴). کاهش خسارت غشاء در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک که به‌عنوان راهی برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان شناخته شده است، ممکن است با تولید آنتی اکسیدان برای کاهش خسارت اکسید

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

شدن همراه باشد. گزارش شده است که اسید سالسیلیک به‌طور معنی‌داری نشت یونی و تجمع یون‌های سمی را در گیاهان کاهش می دهد و هم‌چنین سبب افزایش سیتوکنین‌ها می شود (Krantev *et al.*, 2008). گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان شرایط معمول از EC بالاتری برخوردار هستند، و این بالاتر بودن EC نشان دهنده پایین بودن پایداری غشای سیتوپلاسمی می‌باشد. در مرحله ظهور گل تاجی اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالسیلیک بر نشت الکترولیت معنی‌دار بود (جدول ۳). محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار اسید سالسیلیک باعث کاهش ۲۵ درصدی نشت نسبت به عدم محلول پاشی در تیمار آبی ۱۰۰ درصد شد. اما این میزان در تیمار تنش خشکی شدید و ملایم (آبیاری بر اساس ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) به‌ترتیب باعث کاهش ۳۳/۳ و ۴۳/۲ درصدی میزان نشت الکترولیت نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی گردید. پایین‌ترین میزان نشت مربوط به تیمار آبی ۱۰۰ درصد با محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار با میزان ۸/۴ درصد و بالاترین میزان مربوط به تیمار آبی ۵۰ درصد با عدم محلول‌پاشی با میزان ۲۸/۷ درصد می‌باشد (جدول ۵). پورموسوی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش نمودند که در شرایط تنش شدید میزان نشت الکترولیت در مقایسه با تنش ملایم و عدم تنش خشکی بیش‌تر بود. مطالعات مهرابیان مقدم و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که اسید سالسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث کاهش میزان نشت الکترولیت می شود. مراحل مختلف نشت الکترولیت همبستگی منفی و معنی‌داری با کلیه مراحل شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب داشت (جدول ۶). نتایج با نتایج Leventtuna و همکاران (۲۰۱۴) مطابق داشت.

عملکرد دانه

اثر تنش خشکی و اسید سالسیلیک بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار آبی ۱۰۰ درصد با میزان ۷۳۵۳ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین میزان با مقدار ۴۶۶۱ کیلوگرم در هکتار بود. بالاترین میزان عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرو مولار به‌دست آمد (جدول ۴). برهمکنش تنش خشکی با اسید سالسیلیک تنها در ۵۰٪ کم آبیاری اثر سالیسیلیک معنی‌دار شد (جدول ۳). محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار باعث بهبود عملکرد دانه در تیمار آبی ۱۰۰ درصد به میزان ۲۴/۹ و ۳۵/۹ درصد نسبت به تنش‌های ملایم و شدید (تیمارهای آبی ۷۵ و ۵۰ درصد) شد. هم‌چنین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با محلول‌پاشی ۴۰۰ میکرومولار با اختلاف ۵۴/۳ درصدی بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با عدم محلول‌پاشی دارا بود (جدول ۵). قلی نژاد و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت. بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری مطلوب به دست آمد، ولی در تنش خشکی ملایم و شدید افزایش عملکرد زیاد نبود. استفاده از اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول پاشی در برگ عملکرد دانه را افزایش داد. (بیات و همکاران، ۱۳۹۰). اثر تحریک کننده و مثبت اسید سالسیلیک توسط

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

محققان دیگر نیز گزارش شده است (El-Tayeb, 2005; Singh and Usha, 2003). عملکرد دانه با مراحل مختلف شاخص کلروفیل ($r=۰/۶۶^{**}$، $r=۰/۵۹^{**}$، $r=۰/۶۹^{**}$)، محتوای نسبی آب ($r=۰/۶۳^{**}$، $r=۰/۷۳^{**}$، $r=۰/۶۴^{**}$) و ($r=-۰/۶۷^{**}$، $r=-۰/۶۰^{**}$، $r=-۰/۶۸^{**}$) همبستگی معنی‌داری داشت (جدول ۷). همبستگی شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب در هر سه مرحله نمونه برداری با عملکرد یک همبستگی مثبت و معنی‌دار شد، اما همبستگی عملکرد دانه با نشت الکترولیت در همه مراحل نمونه‌برداری دارای روابط منفی و معنی‌داری بودند. Sayed (۲۰۰۳) گزارش کرد که بهترین و مؤثرترین روش اصلاح عملکرد، شناخت صفات فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد و اختلاف این صفات با عملکرد دانه است.

جدول ۷: همبستگی بین صفات شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت و عملکرد دانه

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱- میزان کلروفیل ۲	۰/۶۱**								
۲- میزان کلروفیل ۳	۰/۵۷**	۰/۷۰**							
۳- محتوای نسبی آب ۱	۰/۵۹**	۰/۸۱**	۰/۶۹**						
۴- محتوای نسبی آب ۲	۰/۷۱**	۰/۷۴**	۰/۶۸**	۰/۸۷**					
۵- محتوای نسبی آب ۳	۰/۵۸**	۰/۷۱**	۰/۶۳**	۰/۸۲**	۰/۸۳**				
۶- نشت الکترولیت ۱	-۰/۵۲**	-۰/۴۹**	-۰/۵۸**	-۰/۵۶**	-۰/۵۸**	-۰/۵۵**			
۷- نشت الکترولیت ۲	-۰/۶۶**	-۰/۶۳**	-۰/۵۶**	-۰/۶۷**	-۰/۶۶**	-۰/۷۲**	۰/۷۲**		
۸- نشت الکترولیت ۳	-۰/۵۹**	-۰/۶۷**	-۰/۷۷**	-۰/۶۹**	-۰/۷۳**	-۰/۶۸**	۰/۷۱**	۰/۶۸**	
۹- عملکرد دانه	۰/۶۶**	۰/۵۹**	۰/۶۹**	۰/۶۳**	۰/۷۳**	۰/۶۴**	-۰/۶۷**	-۰/۶۰۸**	-۰/۶۸**

ns ، * ، ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج حاصل از پژوهش انجام شده بر هیبرید ذرت سینگل کراس ۴۰۰ نشان داد که با توجه به اینکه تنش سرمازدگی در مرحله رویشی (چهار برگی) اعمال گردیده خسارت موجود در این مرحله در طول فصل رشد جبران شده است. همچنین گیاهچه‌ها پس از اعمال تنش سرمازدگی به مزرعه منتقل شده و در این مرحله تا پایان فصل رشد تنش خشکی اعمال شد، تنش سرمازدگی اثر منفی معنی‌داری روی صفات مورد آزمایش نداشته است. اما تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب و افزایش نشت الکترولیت گردید. مصرف ۴۰۰ میکرومولار محلول‌پاشی اسید سالسیلیک می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش عملکرد دانه در ذرت گردد. از آنجا که این ماده بسیار ارزان و دسترسی به آن آسان می‌باشد، بنابراین مصرف آن در ذرت به ویژه در شرایط کم آبیاری می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد. با توجه به اثر نداشتن سرما به مدت ۱۲ ساعت بر صفات مورد بررسی بر هیبرید سینگل کراس ۴۰۰ ذرت، می‌توان برای جبران خسارت ناشی از خشکی در شرایط آب و هوایی مشهد بذر را زودتر کشت نمود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

منابع

اکبری مقدم، ح .۱۳۹۱. تسهیم ماده خشک و واکنش‌های مورفوفیزیولوژیکی ارقام گندم تحت تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل .۱۵۱ ص.

بیات، س.، سپهری، ا.، زارع ابیانی، ح. و عبدالهی، م. ر. ۱۳۹۰. اثر اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر شاخص های رشد و عملکرد ذرت تحت تنش آب. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲ (۱): ۴۰-۳۴.

پورموسوی، س. م.، م. گلوی، و. و دانشیان، ج. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر تنش خشکی و کود دامی بر محتوای رطوبت، میزان پایداری غشا و محتوای کلروفیل برگ سویا. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران. ۱۴(۴): ۱۳۴-۱۲۵.

خورشیدی، م.، ف. رحیم‌زاده خویی.، م. میرهادی و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۱. بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد ارقام مختلف سیب زمینی. مجله علوم زراعی ایران. ۴ (۱): ۴۸-۵۸ .

علی، س.، اسلامی، س.، بهدانی، م. و جامی الاحمدی، م. ۱۳۸۹. تأثیر کاربرد خارجی گلایسین بتائین در افزایش تحمل به سرما در گیاهچه‌های ذرت (*Zea mays* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی یران. ۸ (۶): ۹۴۵-۹۳۹.

قلی نژاد، ی.، آیینه بندان، ا.، حسن زاده قورتپه، ا. و رضایی، ح. ۱۳۸۹. بررسی تنش مؤثر خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت آفتابگردان هیبرید ارمیه در سطوح مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته در شرایط آب و هوا ارومیه. مجله تولیدات گیاهی. ۱۶ (۳): ۲۷-۱.

احمدی، ع.، سی وسه مرده، ع.، و زالی، ع. ۱۳۸۳. مقایسه توان ذخیره سازی و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و سهم آنها در عملکرد در چهار رقم گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵ (۴): ۹۲۱ تا ۹۳۱.

نظامی ا.، رضایی ج. و علیزاده، ب. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل به تنش سرما در چند گونه علف چمنی با استفاده از آزمون نشت الکترولیت ها. نشریه آب و خاک، ۲۴ (۵): ۱۰۲۶-۱۰۱۹.

مهرابیان مقدم، ن.، آروین، م.، خواجویی نژاد، غ.ر. و مقصودی، ک. ۱۳۹۰. اثر اسید سالسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. مجله نهال و بذر. ۲۷: ۵۵-۴۱.

وفابخش، ج.، نصیری محلاتی، م.، و کوچکی، ع. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارایی مصرف نور در ارقام کلزا (*Brrasica napus* L.) مجله پژوهش های زراعی ایران. ۶: ۲۰۸-۱۹۳.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

نظری ناسی، ح.، جباری، ف.، عظیمی، م.ر. و نوروزیان، م. ۱۳۹۱. ارزیابی اثر تنش خشکی بر پایداری غشای سلولی، سرعت فتوسنتز، محتوای نسبی آب و عملکرد دانه چهار رقم لوبیا چیتی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳ (۳): ۴۹۱-۴۹۹.

Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome.

Akram, H. M., Ali, A., Sattar, A., Rehman, H. S.U. and Bibi, A. 2013. Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three Basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Journal of Animal & Plant Sciences 23 (5): 1415-1423.

Amiri, M. J. and Eslamian, S. S. 2010. Investigation of climate change in Iran. Journal Environmental Science Technology 4: 208-216.

Andrade, F. H. and Ferreiro, M. A. 1996. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. Field Crops Research 48 (2/3): 155-165.

Brevedan, R. E. and Egli, D. B. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. Crop Science 43: 2083- 2088.

Bezrukova, M., Sakhabutdinova, V., Fatkhutdinova, R., Kyldiarova, R. A., Shakirova, I. and Sakhabutdinova, F. A. R. 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid ongrowth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya 2: 51-54.

Dat, J. F., Lopez, D., Foyer, H. and Scott, I. M. 1998. Parallel changes in H2O2 and catalase during thermo tolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant Physiology 116:1351-1357.

Dat, J. F., Foyer, C. H., and Scott, I. M. 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in mustard seedlings. Plant Physiology 118: 1455-1461.

Dat, J. F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C. H. and Scott, I. M. 2000. Effect of salicylicacid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco. Journal of Plant Physiology 156: 659-665.

El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and Salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-225.

Ghosh, P. K., Ajay, K. K., Bandyopadhyay, M. C., Manna, K. G., Mandal, A. K. and Hati, K. M. 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.

Hashem, A., Amin Mujadar, M. N., Hamid, A. and Hossain, M. M. 1998. Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability of synthesized Brassica napus L. Journal of Agronomy and Crop Science 180: 129-136.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

Horváth, E., Szalai, G. and Janda, T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. Plant Growth Regulation 26: 290-300.

Kang, G. 2003. Salicylic acid changes activities of H2O2 metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environmental and Experimental Botany. 50: 9-15.

Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L. 2008. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. Journal of Plant Physiology 165(9): 920-931.

Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta. 208:175-180.

Leventtuna, A., Kaya, C., Dikiltas, M., Yokos, I., Burun, B., and Altunlu, H. 2014. Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea mays* L.). Plants Botany 39: 787-798.

Liang, Y., Chen, Q., Liu, W. Zhang, and Ding, R. 2003. Exogenous silicone increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid per oxidation in roots or salt- stressed barley (*Hordeum Vulgare L.*). Journal of Plant Physiology 99:872-878.

Lum, M. S., Hanafi, M. M., Rafii, Y. M. and Akmar, A. S. N. 2014. Effect of Drought Stress on Growth, Proline and Antioxidant Enzyme Activities of Upland Rice. Journal of Animal and Plant Sciences 24 (5): 1487-1493.

Muthukumar, V., Velayudham B. K. and Thavaprakaash, N. 2005. Growth and yield of baby corn (*Zea mays* L.) as Influenced by plant growth regulators and different time of nitrogen application, Resaerch Journal of Agriculture and Bioligical Sciences 1:4: 303-307.

Nautiyal, P. C., Rachaputi, N. R. and Joshi, Y. C. 2002. Moisture-deficit-induced changes in leaf-water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crops Research 74: 67-79.

Raskin, I. 1992. Role of Salicylic Acid in Plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 43: 439-463.

Sayed, O. H. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal research. Journal Cop research. Photocyntetica, 41(3):321-330.

Samach, A. and Wigge, P. A. 2005. Ambient temperature perception in plants. Current Opin Plant Biology 8: 483-6.

Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. and Morhinweg, D.W. 1988. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Science 28: 526-531.

Sinclair, T. R. and Ludlow, M. M. 1985. Who thought plant thermodynamics the unfulfilled potential of plant water potential. Australia.Journal Plant Physiology 33:312-317.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]

Singh, B. R. and Singh, B. P. 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. Field Crops Research 42:57-67.

Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137- 141.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regulation 30: 157-161.

Stone, P. J., Wilson, D. R., Reid, J. B. and Gillespie, G. N. 2001. Water deficit effects on sweet corn: I. Water use, radiation use efficiency, growth, and yield. Australian Journal of Agricultural Research 52: 103-113.

Venkateswarlu, B. and Ramesh, K. 1993. Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of groundenut under polyethylene glycol-induced water stress. Plant Science, 90: 179-185.

Villalobos, F. J., Mateos, L., Orgaz, F., Fereres, E., 2002. Fitotecnia. Bases y tecnologı´as de la produccio´n agrı´cola. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, p. 496.

Zeidan, M. S., Amany, A. and El-Kramany, M. F. 2006. Effect of N-fertilizer and plant density on yield and quality of maize in sandy soil, Research Journal of Agriculture and biological Sciences 2:4: 156-161.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1395.8.31.1.5]