اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات بیوشیمیایی و محتوی نسبی آب ارقام لوبیا تحت تنش خشکی

حمید شادمند[۱] و احمد افکاری*[۲]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.
۲) استادیار گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

*** نویسنده مسئول: afkariahmad@yahoo.com**

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۴**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر مصرف پلیمرهای سوپرجاذب بر برخی صفات بیوشیمیایی و محتوی نسبی آب ارقام لوبیا در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان کلیبر در سال زراعی ۱۳۹۴ انجام شد. عامل اصلی شامل آبیاری پس از ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A، ارقام لوبیا (لوبیا قرمز، لوبیا چشم بلبلی، لوبیا چیتی و لوبیا سفید) به‌عنوان عامل فرعی و چهار سطح ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کاربرد سوپرجاذب به‌عنوان عامل فرعی- فرعی بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش تنش خشکی و سوپرجاذب بر میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کلروفیل a، کلروفیل کل و غلظت پرولین برگ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی و سوپرجاذب نشان داد که حداکثر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پرولین توسط تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کاربرد سوپرجاذب در سطح تنش خشکی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش و مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئیدها و محتوای نسبی آب کاهش یافت. اما استفاده از سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری صفات فیزیولوژیکی را افزایش، ولی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدان را کاهش داد. در چهار رقم مورد ارزیابی رقم چشم‌بلبلی بیش‌ترین رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ، محتوای پرولین برگ و بالاترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدان را دارا بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده سوپرجاذب موجب کاهش خسارات وارد شده در مواجه با خشکی شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش کم‌آبی و رنگیزه‌های فتوسنتزی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

مقدمه

در کشور ایران اقلیم خشک و نیمه خشک اغلب مناطق را تحت اثر قرار داده و به خصوص خشکسالی‌های اخیر بر مشکل کم‌آبی افزوده است. در شرایط محدودیت منابع آب، تغییر الگوی کشاورزی به سمت کشت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راهکار بسیار مناسبی باشد (چهل‌گردی و همکاران، ۱۳۹۳). اعمال تنش رطوبتی در حالت کم‌آبی معمولی می‌تواند موجبات کاهش میزان محصول و بسیاری از اجزای عملکرد را فراهم آورد (امینی و همکاران، ۱۳۹۳). پلیمرهای سوپرجاذب (هیدروژل) ترکیبات آلی بوده و به‌صورت مصنوعی از پلی‌آکریلات پتاسیم و کوپلیمرهای پلی‌اکریل آمید ساخته شده‌اند و می‌توانند آب را به سرعت تا چندین برابر حجم خود جذب و نگهداری کنند و قابلیت نگهداری آب را در خاک افزایش دهند و در نهایت با کاهش اثر تنش خشکی سبب بهبود رشد گیاه شوند (مرتضوی و همکاران، ۱۳۹۴). پلیمرهای سوپرجاذب باعث افزایش ماندگاری آب در خاک گشته و تعداد آبیاری را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند (Nazarli *et al.*, 2010). جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که مصرف سوپرجاذب در تمام سطوح تنش، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را افزایش داد. در تحقیق دیگری رابطه بین مصرف پلیمرهای سوپرجاذب و افزایش آب در دسترس گیاه بررسی شد نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با مصرف سوپرجاذب، ۱۰/۶۸ درصد آب بیش‌تر نسبت به شاهد در خاک باقی ماند (Wu *et al.*, 2008). Sishuai و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند با کاربرد پلیمر سوپرجاذب محتوی آب نسبی در برگ گیاه ذرت افزایش یافت. مصرف پلیمر سوپرجاذب میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز و کاتالاز را کاهش می‌دهد که با توجه به اثر سوپرجاذب در افزایش عملکرد و کاهش صدمات اکسیداتیو در گیاه مصرف این ماده درصد نشت یونی غشاء را کاهش می‌دهد (Habibi *et al.*, 2006). رجبی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند که اثر سوپرجاذب در نخود موجب معنی‌دار شدن عملکرد دانه در واحد سطح شد. آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی، شامل بتاکاروتن، اسیدآسکوربیک، آلفاتوکوفرول، گلوتاتیون و آنزیمی شامل سوپراکسید دیسموتاز، گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، پلی‌فنول اکسیداز، و گلوتاتیون ردوکتاز می‌باشد (Xu *et al.*, 2006). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مهم‌ترین آنزیمی است که رادیکال سوپراکسید را منهدم می‌کند و H_2O_2 و O_2 تولید می‌نماید. H_2O_2 تولید شده توسط آنزیم کاتالاز و انواع مختلفی از پراکسیداز حذف شد. کاتالاز که عمدتا در پراکسیزوم‌ها یافت می‌شود، اصلی‌ترین آنزیمی است که به‌طور مستقیم H_2O_2 را به مولکول آب و O_2 تبدیل می‌کند (Mittler, 2002). گیاهان به‌منظور حفاظت در برابر گونه‌های فعال اکسیژن، به دفاع آنتی‌اکسیدانتی مانند ترکیبات آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز و کاتالاز مجهز هستند (Chandlee and Scandalios, 1984). در آزمایشی که بر روی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و محصول تخریبی مالون دی‌آلدهید روی سورگوم در شرایط تنش خشکی انجام شد، سطوح آنزیم‌ها و مالون دی‌آلدهید در شرایط تنش نسبت به شرایط آبیاری نرمال

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

افزایش نشان داد (Kaya *et al*., 2003). افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در پنبه و گندم که در معرض تنش خشکی قرار گرفته‌اند نشان می‌دهد که همزمان با تولید H_2O_2، این افزایش می‌تواند منجر به جذب الکترون‌های فرودوکسین توسط NADP شد که در نتیجه میزان تولید سوپراکسید کاهش می‌یابد (Taarit *et al*., 2009). Bredemeier (۲۰۰۵) بیان داشته است شاخص کلروفیل در تنش خشکی نسبت به گیاه شاهد در ذرت افزایش می‌یابد. به‌طوری که برگ‌های گیاهان تحت تیمار تنش خشکی نسبت به برگ‌های گیاهان تحت آبیاری مطلوب، شاخص کلروفیل بالاتری نشان می‌دهند. Atteya (۲۰۰۳) طی آزمایشی با اعمال تنش در مراحل مختلف رویشی و زایشی ذرت اثر معنی‌دار تنش رطوبتی را بر محتوای آب نسبی برگ گزارش کرد. قوشچی (۱۳۹۴) گزارش نمود که کاربرد پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش کم‌آبی موجب بهبود ویژگی‌های کمی ذرت دانه‌ای می‌شود. Azmi و Gasemi (۲۰۰۷) گزارش کردند که تنش خشکی به‌واسطه اثر منفی بر صفات رویشی موجب افت عملکرد سورگوم می‌شود. با توجه به چالش‌های موجود در کشور و منطقه در رابطه با محدودیت منابع آب، اما استفاده از سوپرجاذب برای رفع آسیب‌های خشکسالی و کمبود رطوبت خاک کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان داد که در این زمینه پژوهش‌های کاربردی در گیاه لوبیا در منطقه کلیبر صورت نگرفته است. به همین دلیل، این آزمایش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات فیزیولوژیک و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدان ارقام لوبیا در وضعیت تنش کم‌آبی اجرا شد.

مواد و روش ها

به‌منظور بررسی اثر مصرف پلیمرهای سوپرجاذب بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ارقام لوبیا در شرایط تنش خشکی، آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان کلیبر از توابع استان آذربایجان‌شرقی در سال زراعی ۱۳۹۴ انجام شد. عامل اصلی شامل آبیاری پس از ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A، ارقام لوبیا (لوبیا قرمز، لوبیا چشم بلبلی، لوبیا چیتی و لوبیا سفید) به‌عنوان عامل فرعی و چهار سطح ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کاربرد سوپرجاذب به‌عنوان عامل فرعی- فرعی بودند. زمین مزرعهٔ آزمایشی با یک شخم سنگین پاییزه و دو دیسک عمود برهم تهیه شد. کودهای پایه NPK براساس آزمون خاک مزرعه محاسبه شد. کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کودهای فسفر و پتاسیم به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک استفاده شد. نصف کود نیتروژن و تمام کودهای فسفر و پتاسیم در زمان کاشت پس از باز نمودن ردیف‌های کاشت در داخل شیارها ریخته شد و باقی‌مانده کود نیتروژن در بهار به‌صورت سرک به زمین اضافه شد. پس از تسطیح زمین، کاشت دو عدد بذر روی خطوط به‌صورت کپه‌ای به فاصلهٔ ۲۵ سانتی‌متر انجام گرفت. هر کرت فرعی- فرعی شامل

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.39.4.8]

پنج ردیف کاشت به طول پنج متر با فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر بود. برای جلوگیری از نشت آب از کرتی به کرت دیگر بین کرت‌های فرعی یک خط نکاشت و بین کرت‌های اصلی دو خط نکاشت فاصله در نظر گرفته شد. با توجه به دامنه توصیه شده برای لوبیا در شرایط آب و هوایی کلیبر، کاشت در تاریخ ۹۴/۱۲/۲۰ و آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت انجام گرفت. تا قبل از اعمال تنش هر هفت روز یک‌بار آبیاری به‌طور مساوی صورت گرفت. اعمال تنش از تاریخ ۹۴/۰۲/۲۰ پس از تنک انجام شد، به این صورت که در فاصله زمانی هفت، ۱۴ و ۲۱ روز یک‌بار آبیاری به‌ترتیب (آبیاری پس از ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A) انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز درطول دوره رشد با وجین دستی در دو مرحله ۳۰ و ۵۵ روز بعد از کاشت انجام گرفت. در طول دوره رشد گیاه برای مبارزه با کنه تارتن (دونقطه ای) (*Tetranychus urticae* Koch) از سم نئورون به نسبت دو در هزار و برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ از علف‌کش نابواس به میزان دو لیتر در هکتار استفاده شد. جهت کنترل آفات مکنده از سم متاسیستوکس (یک و نیم درهزار) استفاده شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	بافت خاک	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	P (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	K (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۰-۳۰	شنی لومی	۷/۱	۱/۸	۱۲	۱۸۵	۰/۰۶	۳۲	۲۷	۴۱

پلیمر سوپرجاذب از نوع سوپر آب آ-۲۰۰[1] محصول شرکت رهاب رزین (تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران) استفاده شد. سوپرجاذب در زمان کاشت در ۱۵ سانتی‌متری زیر بذر قرار داده و روی آن با خاک پوشیده شد و سپس بذور در عمق ۵ سانتی‌متری قرار داده شدند تا ریشه به راحتی به سوپرجاذب دسترسی داشته باشد و پس از آن آبیاری انجام گرفت. مشخصات پلیمر سوپرجاذب مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: مشخصات پلیمر سوپرجاذب مورد استفاده

ترکیبات	پلیمر اکریلات پتاسیم و پلی‌اکریل آمید
مواد خشک	۹۰-۸۵ درصد
وزن مخصوص	۱/۱ (گرم در سانتی‌متر مکعب)
اسیدیته	۸/۱
جذب میزان حداکثر	۴۰۰-۱۵۰ برابر
کاتیونی تبادل ظرفیت	۴/۶ (میلی اکی والان /گرم)
عمر مفید	۵ سال

[1] Superab A200

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

برای اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های کلروفیل، ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر برگ با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه شدند (Dere *et al*., 1998):

رابطه ۱: $Chlorophyll_a = 15.65A_{666} - 7.340A_{653}$

رابطه ۲: $Chlorophyll_b = 27.05A_{653} - 11.21A_{666}$

رابطه ۳: $Chlorophyll_T = Chlorophyll_a + Chlorophyll_b$

رابطه ۴: $Cartenoid = [(4.785A470 + 3.657A663.2 - 12.76A646.8) \times 8.1] / FW$

$A_{663.2}$= مقدار جذب در طول موج ۶۳۲/۲ نانومتر، $A_{646.8}$= مقدار جذب در طول موج ۶۴۶/۸ نانومتر، A_{470} = مقدار جذب در طول موج ٤٧٠ نانومتر و FW= وزن تازه برگ.

برای اندازه‌گیری پرولین برگ، نیم گرم از نمونه‌های برگ تر در ۱۰ میلی‌متر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد به وسیله هاون، هموژن شده و عصاره حاصل صاف شد. دو میلی‌لیتر اسید استیک و دو میلی‌لیتر ناین هیدرین به دو میلی‌متر از عصاره صاف شده فوق، اضافه شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تَر محاسبه شد (Bates *et al*., 1973). برای اندازه‌گیری مقدار آب نسبی برگ ۱۵ و ۲۵ روز پس از مصرف سوپرجاذب، از برگ‌های جوان کاملا توسعه یافته کرت‌های آزمایشی نمونه‌برداری شده و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. وزن تازه برگ‌ها با ترازوی حساس توزین شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه قرار داده شدند. وزن نمونه‌های آماس شده با ترازوی حساس توزین و پس از آن نمونه‌ها در داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها توزین شد. مقدار آب نسبی برگ هر نمونه با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (مرتضوی و همکاران، ۱۳۹۴).

رابطه ۵: $RWC = ((Fw-Dw))/((Sw-Dw)) \times ۱۰۰$

که در آن Fw: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه برداری، Dw: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون و Sw: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر می‌باشند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

جهت تعیین میزان سوپراکسید دیسموتاز، سه عدد برگ از هر واحد آزمایشی در هنگام صبح قبل از گرم شدن هوا از مزرعه برداشت شد. سعی بر آن بود که برگ‌ها کاملا جوان و گسترده باشند، برگ‌ها داخل نایلون اتیکت‌گذاری شده قرار گرفت و در یخدانی که کف آن از یخ پوشیده بود قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس توسط روش Holy (۱۹۷۲) میزان تغییرات این آنزیم تعیین شد. به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم مالون دی‌آلدهید در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به روش اسپکتوفتومتری با روش Aebi (۱۹۸۴) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز برگ‌های منتقل شده به آزمایشگاه را با آب مقطر شستشو داده و بلافاصله در بافر تریس ۰/۱۶ مولار با pH= ۵/۷ وارد کرده و سپس خرد و یکنواخت شدند. در پایان مقدار نیم میلی‌لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین برداشت شد و مقدار پروتئین آن برحسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر تعیین شد. سپس در باقی‌مانده محلول استخراجی مقدار آنزیم گلوتاتیون با روش Holy (۱۹۷۲) اندازه‌گیری شد. سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش Chandlee and Scandalios (۱۹۸۴) انجام شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و بیومارکر تخریب مالون دی‌آلدهید (MDA)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، ارقام و سوپرجاذب بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین برهم‌کنش تنش خشکی و سوپرجاذب بر میزان فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اما برهم‌کنش تنش خشکی و سوپرجاذب بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) و بیومارکر تخریب مالون دی‌آلدهید (MDA) معنی‌دار نشد. در این میان برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری× ارقام× سوپرجاذب بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و بیومارکر (MDA) معنی‌داری نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و بیومارکر مالون دی‌آلدهید مربوط به تیمار ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر بود. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که استفاده از پلیمر سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدان را کاهش داد. بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و بیومارکر مالون دی‌آلدهید مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و بیومارکر مالون دی‌آلدهید مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بود. از طرفی بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و بیومارکر مالون دی‌آلدهید مربوط به رقم لوبیا چشم‌بلبلی و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و بیومارکر مالون دی‌آلدهید مربوط به رقم لوبیا قرمز بود (جدول ۴).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8] [Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس صفات آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، بیومارکر مالون دی‌آلدهید، محتوای نسبی آب، کلروفیل a، کلروفیل کل، کارتنوئید و غلظت پرولین برگ ارقام لوبیا در واکنش تنش خشکی و مقادیر مختلف سوپرجاذب

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	گلوتاتیون پراکسیداز	سوپراکسید دیسموتاز	بیومارکر مالون دی‌آلدهید	کاتالاز	محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
تکرار	۲	۱۱/۰۹^{ns}	۹/۷۱^{ns}	۲/۱۳^{ns}	۶/۶۲^{ns}	۲۸۱/۹۲^{ns}	۰/۰۱۰۵^{ns}	۰/۰۰۵۱^{ns}	۳/۲۸^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۰/۱۴۰^{ns}
تنش خشکی(A)	۲	۱۰/۳۷**	۱۰/۳۷**	۲۱/۱۹**	۴۶/۸۲**	۱۲۳۹/۰۸**	۰/۱۲۷**	۰/۰۶۳**	۳۶/۸**	۶/۰۲**	۳/۸۲**
اشتباه A	۶	۴/۸۶	۴/۸۶	۱/۲۷	۲/۹۸	۱۲۳۹/۰۸**	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۴۹	۰/۱۷۲	۰/۲۴۱	۰/۳۷
ارقام (B)	۳	۱۱/۰۷**	۴۱/۶۳**	۳/۴۹**	۳/۲۹**	۴۸۳/۱۷**	۰/۰۳۰۹**	۰/۰۰۰۴۳**	۵/۱۲**	۲/۵۸**	۵/۳۸**
ارقام × تنش	۶	۰/۲۱^{ns}	۰/۴۴^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۱۲/۵۳^{ns}	۰/۰۰۶۹**	۰/۰۰۰۴۳**	۰/۷۳۱**	۰/۰۷۸^{ns}	۱/۸۱**
اشتباه B	۱۸	۳/۷۹	۴/۲۱	۱/۰۴	۲/۶۷	۸/۳۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱۲۱	۰/۱۴۱	۰/۱۹۷	۰/۱۹
سوپرجاذب(C)	۳	۸/۸۲**	۶۹/۰۴**	۲/۷۸**	۵/۹۳**	۷۹/۴۶**	۰/۰۲۴۶**	۰/۰۰۵۶**	۳/۴۸**	۰/۶۱۵^{ns}	۴/۰۲**
تنش × سوپرجاب	۶	۳/۵۳*	۵/۱۹*	۰/۱۸^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۹/۳۷^{ns}	۰/۰۰۳۱**	۰/۰۰۱۳۱^{ns}	۰/۵۲۹**	۰/۰۶۳^{ns}	۰/۶۹**
ارقام × سوپرجاب	۹	۰/۲۴^{ns}	۰/۷۲^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۴۲۹^{ns}	۰/۰۰۰۵۷^{ns}	۰/۰۰۰۵۴**	۰/۱۹۳^{ns}	۰/۰۰۷۶^{ns}	۰/۵۹^{ns}
تنش× ارقام× سوپرجاب	۱۸	۰/۷۹^{ns}	۱/۴۹^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۰۰۰۴۸^{ns}	۰/۰۰۰۵۴**	۰/۰۵۲^{ns}	۰/۰۰۷۹^{ns}	۰/۳۱^{ns}
اشتباه C	۷۲	۳/۲۶	۳/۷۶	۰/۷۱	۲/۲۳	۶/۷۶	۰/۰۰۰۴۴	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۱۲۳	۰/۰۵۷	۰/۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۴	۹/۸۴	۹/۰۹	۱۱/۴۱	۷/۳	۱۰/۳۸	۱۱/۷۹	۹/۲۱	۱۳/۱۹	۱۲/۱۷

*، **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای آزمایش بر صفات محتوای نسبی، کارتنوئید، کاتالاز و بیومارکر مالون دی‌آلدهید در ارقام، تنش خشکی و سوپرجاذب

تیمارهای آزمایش	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاتالاز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	بیومارکر مالون دی‌آلدهید (میکرومول بر گرم وزن تازه بافت)
تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)				
۷۰	۷۸/۱۳a	۱/۷۲a	۴۴/۵۲c	۲۵/۷۳c
۱۴۰	۶۹/۴۲b	۱/۰۱b	۷۱/۰۲b	۳۸/۸۱b
۲۱۰	۶۱/۰۹c	۰/۸۳c	۱۳۶/۱۳a	۴۷/۵۱a
سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار)				
۵۰	۷۰/۸۳c	۱/۰۸bc	۱۵۱/۳۷a	۳۵/۴۶a
۱۰۰	۷۳/۲۹bc	۱/۳۶b	۱۴۸/۳۲a	۲۷/۱۷b
۱۵۰	۷۵/۸۲b	۱/۴۸b	۱۰۲/۱۷ab	۱۵/۲۶c
۲۰۰	۷۹/۹۴a	۲/۰۹a	۴۹/۶۲b	۷/۱۳d
ارقام				
لوبیا چشم‌بلبلی	۷۷/۵۴a	۱/۸۲a	۱۲۹/۴۲a	۷۴/۸۱a
چیتی	۷۴/۳۷b	۱/۵۴b	۱۰۸/۷۳b	۴۲/۹۷b
سفید	۶۶/۸۶cd	۰/۹۸cd	۶۳/۹۲c	۲۰/۹۶c
قرمز	۶۸/۱۸c	۱/۰۸c	۴۱/۲۹d	۱۳/۷۱d

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

تبدیل سوپراکسید به هیدروژن پراکسید، اولین پل ارتباطی در پاکسازی آنزیمی گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد و سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان اولین سازوکار دفاعی اصلی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن است. هم‌چنین کاتالاز باعث تجزیه هیدروژن به آب اکسیژن می‌شود (Gaber, 2010; Harvy, 2000). کاتالاز اصلی‌ترین آنزیم جاروبگر پراکسید هیدروژن و از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان محسوب می‌شود. تنش کم‌آبی سبب افزایش میزان مالون دی‌آلدهید شد، در حقیقت بیش‌ترین میزان مالون دی‌آلدهید، در شرایط بروز تنش مشاهده شد که نشانگر افزایش تجزیه لیپیدها در این وضعیت است (پازکی، ۱۳۹۴). تنش خشکی در بسیاری از گیاهان، موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز شد که این نتیجه در تحقیق حاضر در ارتباط با فعالیت آنزیم کاتالاز نیز مشاهده شد. هم‌چنین آنزیم کاتالاز از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود و هنگامی در سلول‌های گیاهی و جانوری وارد عمل می‌شود که مقدار ماده پراکسید هیدروژن در محیط زیاد باشد (Gholinegad *et al.*, 2014)، نشان دهنده این است که با افزایش تشدید تنش خشکی در شرایط آبیاری مطلوب افزایش مصرف پلیمر سوپرجاذب اثر قابل توجهی نسبت به نبود مصرف نداشت، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد. آنزیم کاتالاز طی واکنش آنزیمی با زدودن انواع فعال اکسیژن و جلوگیری از تخریب دیواره سلولی به بقاء گیاه کمک می‌نماید (El-haris *et al.*, 2007; Jiang and Zhang, 2001). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی و سوپرجاذب نشان داد که بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز از تیمار (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز از تیمار (۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) به‌دست آمد (جدول ۵). آنزیم گلوتاتیون با استفاده از مواد فنولیک به‌عنوان دهنده الکترون باعث تجزیه پراکسید هیدروژن می‌شود (Appel and Hirt, 2004; Baily, 2004). با توجه به افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی و نقش آن در احیاء گلوتاتیون، این آنزیم به احتمال زیاد یکی از آنزیم‌های مهم در گیاه است که افزایش فعالیت آن سبب افزایش تحمل گیاه در برابر تنش اکسیداتیو خواهد شد. گزارش شده است که افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز مرتبط با تحمل شوری می‌باشد (Bor *et al.*, 2003). نتایج به‌دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۸، محرم‌نژاد و ولی‌زاده، ۱۳۹۴) مطابقت دارد.

جدول ۵: برهم‌کنش تنش خشکی × سوپرجاب بر صفات محتوای کلروفیل a، کلروفیل کل، پرولین، گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز

تیمارهای آزمایشی		کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	گلوتاتیون پراکسیداز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)
تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)	سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار)					
	۵۰	۰/۱۸۷b	۲/۵۲c	۱/۶۴bc	۱۰۲/۷۴e	۱۱۴۵/۱۲c
	۱۰۰	۰/۲۳۱ab	۳/۰۸b	۱/۵۱c	۷۶/۲۸ef	۹۷۰/۸۳d
۷۰	۱۵۰	۰/۲۷۲a	۳/۸۷a	۱/۱۳cd	۴۸/۳۸f	۵۷۴/۶۷e
	۲۰۰	۰/۲۸۴a	۴/۱۸a	۰/۹۴d	۳۳/۶۵h	۲۷۱/۱۲f
	۵۰	۰/۰۸۶cd	۱/۱۷d	۱/۳۳c	۱۸۸/۰۹c	۱۴۳۵/۷۷b
	۱۰۰	۰/۱۱۴c	۱/۱۷d	۱/۹۶b	۱۷۸/۰۷c	۱۳۲۷/۴۸b
۱۴۰	۱۵۰	۰/۱۵۳b	۱/۸۴cd	۲/۴۸ab	۱۰۸/۴۴e	۹۲۶/۶۲de
	۲۰۰	۰/۱۶۲b	۱/۹۸cd	۲/۳۲ab	۴۴/۱۹f	۴۷۰/۳۴ef
	۵۰	۰/۰۴۸d	۰/۸۵e	۳/۱۴a	۲۷۳/۰۳a	۱۶۲۷/۵۸a
	۱۰۰	۰/۰۶۱d	۰/۹۹de	۲/۴۹ab	۲۲۱/۵۸b	۱۵۶۴/۳۲ab
۲۱۰	۱۵۰	۰/۰۸۳cd	۱/۲۸d	۲/۰۹b	۱۶۴/۳۴cd	۱۱۹۴/۵۷c
	۲۰۰	۰/۰۹۷c	۱/۳۴d	۱/۸۸b	۱۳۱/۰۶d	۹۰۲/۶۱de

محتوای نسبی آب برگ

تیمارهای آبیاری، ارقام و سوپرجاذب بر محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اما برهم‌کنش آبیاری در ارقام، برهم‌کنش آبیاری در سوپرجاذب و برهمکنش ارقام در سوپرجاذب بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود. در این میان اثر برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری× ارقام× سوپرجاذب بر محتوای نسبی آب برگ اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.39.4.8]

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین محتوای نسبی آب برگ از تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ از تیمار ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد (جدول ۴). کم بودن محتوی نسبی آب برگ در هنگام تنش شدید رابطه نزدیکی با پتانسیل آب گیاه دارد، تنش کم‌آبی باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش توسعه برگ‌ها می‌شود و به‌دلیل کاهش دی‌اکسیدکربن در دسترس گیاه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (مجدم و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج تحقیقات وزیری و نادری (۱۳۹۳) نیز نشان داد با افزایش تنش خشکی به‌طور معنی‌داری محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. کاهش مقدار محتوای آب نسبی برگ در اثر تنش کمبود آب از یک طرف به‌دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعرق آب از طریق برگ‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌های برگ می‌شود (ولی‌زاده قلعه بیگ و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که استفاده از پلیمر سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری محتوای نسبی آب برگ را افزایش داد. بالاترین محتوای نسبی آب برگ از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ از تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست آمد (جدول ۴). فاضلی رستم‌پور و محبیان (۱۳۹۰) در آزمایشی بر گیاه ذرت اعلام کردند که سوپرجاذب با اثر مثبت بر محتوی نسبی آب برگ باعث تجمع بیش‌تر مواد فتوسنتزی در اندام‌های رویشی و در نتیجه کاهش میزان و سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در عملکرد دانه شد. محتوای نسبی آب برگ بیش‌تر احتمالاً از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب آب حاصل می‌شود، که به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیش‌تری آب در شرایط تنش است. پلیمر سوپرجاذب با قرار دادن آب کافی در اختیار ریشه گیاه، باعث افزایش سرعت جذب آب و کارایی مصرف آب توسط گیاه می‌شود، در نتیجه کاربرد پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط کمبود آب می‌شود که با نتایج حاصل از (Janson and Leah, 1990) مبنی بر افزایش محتوای نسبی آب برگ با افزایش مصرف پلیمر سوپرجاذب مطابقت دارد. می‌توان گفت که افزایش محتوای نسبی آب برگ احتمالاً باعث می‌شود که میزان باز بودن روزنه‌ها و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و تولید ماده خشک را افزایش دهد. افزایش محتوای نسبی آب برگ با کاربرد سوپرجاذب را می‌توان به نقش مثبت این پلیمرها در جذب بیش‌تر آب نسبت داد (Yang *et al.*, 2011). محتوای نسبی آب برگ در هر چهار رقم با پیشرفت تنش خشکی کاهش یافتند. بین چهار رقم از نظر محتوای نسبی آب برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به‌نحوی که محتوای نسبی آب برگ در رقم لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌تر از سه رقم دیگر بود (جدول ۴).

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی، ارقام و سوپرجاذب بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و هم‌چنین برهم‌کنش تنش × سوپرجاب و ارقام × تنش برای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد اثر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

معنی‌داری داشتند، در این میان اثر برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری× ارقام× سوپرجاذب بر رنگدانه‌های فتوسنتزی اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج حاصل از آزمایش نشان داد با افزایش تنش خشکی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین مقدار کارتنوئیدها از تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین مقدار کارتنوئیدها از تیمار ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد (جدول ۴). کارتنوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های بیولوژیکی نقش بسیار مهمی در حفاظت از بافت گیاهی ایفا می‌نماید. عدم حضور کارتنوئیدها ممکن است باعث آسیب فتواکسیداتیو شدید در بافت گیاهی شود (کابوسی و نودهی، ۱۳۹۵). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که استفاده از پلیمر سوپرجاذب نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کلروفیل a و کارتنوئیدها را افزایش داد. بنابراین بالاترین مقدار کارتنوئیدها از کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین مقدار کارتنوئیدها از مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست آمد. از طرفی بالاترین مقدار کارتنوئیدها از رقم لوبیا چشم‌بلبلی و کم‌ترین محتوای کارتنوئیدها از رقم لوبیا سفید به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی و سوپرجاذب نشان داد بالاترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل از تیمار (۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل از تیمار (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) به‌دست آمد (جدول ۵). در این میان نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای ارقام و تنش نشان داد بالاترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل از تیمار (۷۰ میلی‌متر تبخیر و لوبیا چشم‌بلبلی) و کم‌ترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل از تیمار (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و لوبیا سفید) به‌دست آمد (جدول ۶). نتایج حاصل از اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ‌ها، روند کاهش تدریجی را همراه با افزایش تنش خشکی نشان داد کاهش این رنگیزه‌های مهم فتوسنتزی می‌تواند به‌علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد. تنش موجب افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر می‌شود و کاهش میزان کلروفیل، نشان‌دهنده وسعت آسیب‌های اکسیداتیو است. این کاهش می‌تواند به‌دلیل بازدارندگی مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل باشد. هم‌چنین کاهش غلظت کلروفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز باشد (Goldani, 2012). لطفی‌آقا و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که در گیاه ذرت دانه‌ای بیش‌ترین میزان کلروفیل a به تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین میزان کلروفیل a و b به تیمار آبیاری یک در میان جویچه‌ای ثابت تعلق داشت. هم‌چنین اعلام نمودند که بیش‌ترین میزان کلروفیل a از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین میزان کلروفیل a و b از تیمار عدم مصرف سوپرجاذب به‌دست آمد. گیاهانی که حساسیت بیش‌تری به خشکی دارند کمپلکس کلروفیل- پروتئین و لیپید آن‌ها ناپایدارتر می‌باشد. در اثر خشکی، تشکل پلاستیدهای جدید کلروفیل a، و کلروفیل b کاهش می‌یابد و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b تغییر می‌کند (وزیری و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

نادری، ۱۳۹۳). تحقیق رازبان و پیرزاد (۱۳۹۰) در مورد بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) نشان داد که در تنش‌های شدید خشکی، کاهش قابل توجهی در محتوی کلروفیل نسبت به شرایط متعادل آبیاری به وجود می‌آید. بنابراین، تنش‌های با خشکی ملایم، مقادیر کلروفیل a، b و کل را افزایش داد. با ادامه تنش شدید خشکی، این مقادیر به حداقل میزان خود رسید و بیش‌ترین میزان محتوای کلروفیل با به‌کارگیری بیش‌ترین میزان سوپرجاذب حاصل شد. این نتیجه منطبق بر یافته‌هایی (شیخ مرادی و همکاران، ۱۳۹۰) در مورد چمن نیز می‌باشد. در تحقیقی دیگر، افزایش محتوای کلروفیل a و b ذرت دانه‌ای با کاربرد نسبت حجمی ۱۰:۹۰ (پلیمر سوپرجاذب: خاک شنی) در شرایط تنش شوری گزارش شد (El Sayed and El Sayed, 2011). نتایج تحقیق حاضر نیز افزایش کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها تحت تیمارهای سوپرجاذب را نشان داد.

پرولین

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی، ارقام و سوپرجاذب، هم‌چنین برهم‌کنش تنش× سوپرجاب و ارقام× تنش بر میزان تجمع تنظیم‌کننده اسمزی (پرولین) در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت. در این میان برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری× ارقام× سوپرجاذب بر مقدار پرولین اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). تبخیر بر میزان تجمع پرولین در بافت سبز برگ افزوده شد، بنابراین بیش‌ترین غلظت پرولین برگ از تیمار (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین مقدار پرولین برگ از تیمار (۷۰ میلی‌متر تبخیر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) به‌دست آمد (جدول ۵). Gomes و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که تجمع پرولین در اثر تنش خشکی در نارگیل (*Cocos nuciera*) فقط می‌تواند نشان دهنده اعمال تنش در گیاه باشد. در این میان نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای ارقام و تنش نشان داد بالاترین مقدار پرولین برگ از تیمار (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و لوبیا چشم‌بلبلی) و کم‌ترین مقدار پرولین برگ از تیمار (۷۰ میلی‌متر تبخیر و لوبیا سفید) به‌دست آمد (جدول ۶). در این مطالعه مشاهده شد که خشکی بر میزان پرولین اثرگذار بوده است، به‌طوری که مقدار پرولین با افزایش شدت تنش خشکی افزایش پیدا کرد. تجمع پرولین به‌دلیل تنش خشکی می‌تواند ناشی از تحریک سنتز آن یا جلوگیری از تجزیه آن و یا تجزیه پروتئین‌ها باشد (امینی و همکاران، ۱۳۹۳). بروجردنیا و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که در شرایط تنش آبی، تجمع کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در ارقام متحمل Taylor و COS16 بیش‌تر از حساس اختر و خمین بود. افزایش مدت زمان تنش از سه به نه روز باعث افزایش معنی‌داری در میزان پرولین، گلوکز، فروکتوز و قندهای محلول کل شد. در پژوهش دیگر مشخص شد تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در برنج، میزان پرولین را افزایش داده است (Pirdashti *et al*., 2009). افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در نخود (Sanchez *et al*., 1998) گزارش شده است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

جدول ۶: برهم‌کنش ارقام × تنش خشکی بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و غلظت پرولین برگ

تیمارهای آزمایشی		کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)
ارقام لوبیا	تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)				
چشم‌بلبلی	۷۰	۰/۴۲۸a	۰/۱۰۹a	۴/۱۹a	۱/۶۹b
	۱۴۰	۰/۳۱۷b	۰/۰۹۸b	۲/۲۸b	۲/۳۸a
	۲۱۰	۰/۲۶۲c	۰/۰۸۲c	۱/۶۵bc	۲/۳۸a
چیتی	۷۰	۰/۲۸۳c	۰/۰۷۱c	۲/۷۳b	۰/۶۸d
	۱۴۰	۰/۱۷۴d	۰/۰۵۶d	۱/۰۴d	۱/۲۲bc
	۲۱۰	۰/۱۳۱e	۰/۰۴۱e	۰/۷۷d	۱/۶۸b
قرمز	۷۰	۰/۳۱۷b	۰/۰۷۸c	۳/۳۸ab	۱/۱۹bc
	۱۴۰	۰/۲۱۴cd	۰/۰۶۷cd	۳/۳۸ab	۱/۶۱b
	۲۱۰	۰/۱۸۹d	۰/۰۶۱d	۱/۴۳c	۲/۰۸ab
سفید	۷۰	۰/۱۶۴d	۰/۰۴۰e	۱/۶۸bc	۰/۴۴e
	۱۴۰	۰/۰۵۹f	۰/۰۱۸f	۰/۴۹e	۰/۸۶d
	۲۱۰	۰/۰۴۶f	۰/۰۱۴f	۰/۳۳e	۱/۱۷bc

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان بیان کرد که تنش خشکی اثر منفی متفاوتی بر فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه می‌گذارد. بنابراین با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز و مالون دی‌آلدهید افزایش و رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش یافت. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مصرف پلیمر سوپرجاذب میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان‌ها کاهش ولی مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئیدها و محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی و سوپرجاذب نشان داد که حداکثر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و بیش‌ترین محتوای پرولین برگ توسط تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کاربرد سوپرجاذب در سطح تنش خشکی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش تحمل گیاه در برابر کاهش خسارت‌های ناشی از تنش کم‌آبی بوده و با توجه به پایداری چندین ساله سوپرجاذب در خاک توصیه می‌شود در شرایط کمبود آب برای افزایش عملکرد یا ثبات عملکرد در گیاه به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب استفاده شود.

منابع

امینی، ز.، معلمی، ن. و سعادتی، ص. ۱۳۹۳. مقایسه اثر تنش کم‌آبی بر تغییرات میزان پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سه رقم زیتون (*Olea europaea* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۲۷ (۲): ۱۵۶-۱۶۷.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

بروجردنیا، م.، بی‌همتا، م.، عالمی‌سعید، خ. و عبدوسی، و. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، نشت الکترولیت‌ها و محتوای آب نسبی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۲۹):۴۱-۲۳.

پازکی، ع. ۱۳۹۴. اثر مصرف زئولیت بر میزان بیومارکرهای تخریب، محتوی نسبی آب برگ، نشت الکترولیت‌ها و کلروفیل کلزا تحت شرایط تنش کم‌آبی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۲۸):۴۴-۳۳.

جلیلی، س.، هادی، م.، مجنونی‌هریس، ا. و دلیرحسن‌نیا، ر. ۱۳۹۵. اثر تنش کمبود آب و کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب بر برخی صفات زراعی گندم زمستانه در تبریز. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۳۲):۱۲۰ -۱۰۷.

چهل‌گردی، ع.، صفاری، م. و عبدالشاهی، ر. ۱۳۹۳. بررسی اثر پلیمر سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی بر صفات فیزیولوژیک ارزن دم‌روباهی (*Setaria italic*) در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۷ (۲):۶۰-۴۳.

رازبان، م. و پیرزاد، ع. ۱۳۹۰. بررسی اثر کاربرد مقادیر مختلف سوپرجاذب تحت رژیم‌های آبیاری متفاوت بر رشد و تحمل کم‌آبی در کشت دوم بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*). دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۱(۴): ۱۳۷-۱۲۳.

رجبی، ل.، ساجدی، ن.ع. و روشندل، م. ۱۳۹۱. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم به اسیدسالیسیلیک و پلیمر سوپر جاذب. مجله پژوهش‌های به زراعی. ۴ (۴): ۲۵۴-۲۴۳.

رحمانی، م.، حبیبی، د. و دانشیان، ج. ۱۳۸۸. اثر کاربرد غلظت‌های مختلف پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی خردل (*Sinapis alba* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. ۱ (۱): ۳۸-۲۹.

شیخ‌مرادی، ف.، ارجی، ع.، اسماعیلی، ا. و عبدوسی، و. ۱۳۹۰. بررسی اثر دور آبیاری و پلیمر سوپرجاذب روی برخی خصوصیات کیفی چمن اسپورت. علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵ (۲): ۱۷۷-۱۷۰.

فاضلی‌رستم پور، م.، ثقه‌الاسلامی، م. ج. و موسوی، س. غ. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی و پلیمر (سوپرجاذب A200) بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت در منطقه بیرجند. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۴ (۱):۱۹-۱۱.

قوشچی، ف. ۱۳۹۴. بررسی امکان کاهش خسارت ناشی از تنش قطع آبیاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و کفیت ذرت دانه‌ای با کاربرد پلیمر سوپرجاذب. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۲۷):۹۴-۸۵.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

کابوسی، ک. و نودهی، ا. ۱۳۹۵. اثر سطوح تنش شوری بر صفات کمی و کیفی ارقام مختلف کلزا در شرایط کاربرد ورمی‌کمپوست. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۳ (۹):۱۵۱-۱۳۳.

لطفی‌آقا، م.، مرعشی، م.س. و بابائی‌نژاد، ت. ۱۳۹۶. اثر مقادیر پلیمر سوپرجاذب و کم آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۳۴):۱۰۹-۹۷.

محرم‌نژاد، س. و ولی‌زاده، م. ۱۳۹۴. تغییرات میزان رنگدانه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاهچه‌های لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش شوری. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱ (۳۳):۱۶۶-۱۵۳.

مجدم، م.، پاینده، خ.، لک، ش. و مرعشی، ک. ۱۳۹۵. اثر پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی ذرت بهاره (*Zea mays* L.) در شرایط تنش کمبود آب. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۳۲): ۷۳-۶۱.

مرتضوی، س.م.، توکلی، ا.، محمدی، م.ح. و افصحی، ک. ۱۳۹۴. اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گندم رقم آذر ۲ در شرایط دیم. نشریه زراعت. ۱ (۶): ۱۱۸-۱۱۲.

وزیری، س. و نادری، ا. ۱۳۹۳. اثر کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی هیبریدهای کلزا در شرایط تنش کمبود آب پایان فصل. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۵ (۳): ۴۱۷-۴۰۹.

ولی زاده قلعه بیگ، ا.، نعمتی، س.ح.، تهرانی‌فر، ع. و امامی، ح. ۱۳۹۴. تأثیر سوپرجاذب A200 بنتونیت و تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک و ویتامین ث کاهو در شرایط کشت گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۶ (۲۱): ۱۵۷-۱۶۷.

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology, 105: 121-126.

Appel, K. and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Annual Review Plant Biology, 55: 373-399.

Atteya, A. M. 2003. Alternation of water relations and yield of can genotypes in response to drought Stress. Journal of Plant Physiology, 29: 63-76.

Azmi, N. and Gasemi, M. 2007. Effects of irrigation regimes on growth, grain yield of sorghum varieties in Esfahan. Journal Iran Agronomy Science, 9: 169-183.

Baily, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research, 14: 93–107.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Tear, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. Ph.D. Thesis. Technical University of Munich, Germany, 219p.

Bor, M., Özdemir, F. and Türkan, I. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet Beta vulgaris L. and wild beet Beta maritima L. Plant Science, 164: 77–84.

Chandlee, J. M. and Scandalios, J. G. 1984. Analysis of variants affecting the plants. Plant Nutrition Soil Science, 168: 541-549.

Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. Botany, 22: 13-17.

El-Harris, M. K., Cochran, V. L., Elliott, L. F. and Bezdicek, D. F. 2007. Effect of polymers, and water deficit on biochemical cellular situation. Journal of Plant Physiology, 558: 261-270.

El Sayed, H. and El Sayed, A. 2011. Influence of salinity stress on growth parameters, photosynthetic activity and cytological studies of *Zea mays* L. plant using hydrogel polymer. Agriculture Biology Journal North America, 2: 907-920.

Gaber, M. A. 2010. Antioxidative defense under salt stress. Plant Signal and Behavior, 5: 369-374.

Gholinegad, R., Sirousmehr, A. and Fakheri, B. 2014. Effect of drought stress and organic fertilizer on activity of some antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, proline and yield of Borage (*Borago officinalis*). Journal of Horticulture Science, 28: 338-346.

Goldani, M. 2012. Effect of irrigation intervals on some growth indices ecotypes basil (*Ocimum basilicum* L.) Iranian Agricultural Research, 10: 412-420.

Gomes, F. P., Oliva, M. A., Mielke, M. S., Almeida, A. A. F. and Aquino, L. A. 2010. Osmotic adjustment, proline accumulation and membrane stability in leaves of *Cocos nuciera* submitted to drought stress. Scientia Horticulturae, 126: 379- 384.

Habibi, D., Pour Ismail, P., Tavassoli, A., Mashhadi Akbar Bujar, M., Roshan, B., Rafii, H. and Shokravi, M. 2006. Study of superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and enhances the performance of the different varieties red bean under drought stress. Iranian Journal Agronomy, 2: 83-96.

Harvy, j. 2000. Use of hydrogels to reduce leaf loos haster root. Establishment Forest Research, 45: 220-228.

Holy, M. C. 1972. Indole acetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. Plant Physiology, 50: 15-18.

Johnson, M. S. and Leah, R. T. 1990. Effects of superabsorbent polyacrylamides on efficiency of water use by crop seedlings. Journal Science Food Agronomy, 52: 431-434.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]

Jiang, M. and Zhang, J. 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative offence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant Cell Physiology, 42: 1265-1273.

Kaya, M. D., Ipek, A. and Ozturk, A. 2003. Efects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower. Turkish Journal of Agriculture for, 27: 221-227.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7: 405-410.

Nazarli, H., Zardashti, M. R., Darvishzadeh, R. and Najafi, S. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower. Notulae Science Biologicae, 4: 53-58.

Pirdashti, H., Tahmasebi-Sarvestani, Z. and Bahmanyar, A. 2009. Comparison of physiological responses among four contrast rice cultivars under drought stress conditions. World Academy of Science, 49: 52-54.

Sanchez, F. J., Manzanares, M., Andres, E. F., Tenorio, J. L. and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crop Research, 59: 225-235.

Sishuai, M., Rubiul-Islam, M., Xuzhang, X. and Yuegae, H. 2011. Evaluation of a water saving super absorbent polymer of corn production in arid regions of Norhern china. Journal Productivity, 6: 4108-4115.

Taarit, M. B., Msaada, K. and Marzouk, B. 2009. Plant growth, essential oil yield and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) fruits cultivated under salt stress conditions. Industrial Crops and Products, 30: 333-337.

Wu, L., Liu, M. and Liang, R. 2008. Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. Bioresource Technology, 99: 547-554.

Xu, Y. C., Zhang, J. B., Jiang, Q. A., Zhou, L. Y. and Miao, H. B. 2006. Effects of water stress on the growth of *Lonicera japonica* and quality of honeysuckle. Zhongyaocai, 29: 420-423.

Yang, G., Chen, X. and Sanico, J. 2011. Comparative genomics of two eco-logically differential populations of Hibiscus tiliaceus under salt stress. Journal Functional Plant Biology, 38: 199-208.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.4.8]