فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۲، شماره ۵۷، آذر و دی‌ماه ۱۴۰۲ صفحه: ۲۵۱-۲۶۶
https://doi.org/10.22034/12.57.251

مقاله پژوهشی

بررسی برخی از واکنش‌های بیوشیمیایی و مورفو- فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی در کشت تابستانه

سعید امیری[۱]، مسعود رفیعی*[۲]، جهانفر دانشیان[۳] و علی خورگامی[۱]

[۱] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

[۲] بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران

[۳] مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴)

چکیده

تنش خشکی عامل اصلی کاهش تولید و سطح زیرکشت سویا به‌شمار می‌رود. به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک سویا [*Glycine max* (L.) Merrill]، آزمایشی با ۱۹ ژنوتیپ سویا در دو محیط بدون تنش خشکی (آبیاری هفتگی) و تنش خشکی (آبیاری هر ۱۰ روز یکبار) در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در خرم‌آباد در تابستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش خشکی موجب کاهش مقدار کلروفیل‌های a، b، a+b و a/b (به‌ترتیب ۶۶/۶، ۳۷/۲، ۵۳/۸ و ۴۳/۹ درصد)؛ کاهش مقدار فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی (به‌ترتیب ۳۹/۷، ۶۹/۸، ۲۴/۴ و ۳۸/۴ درصد) و کاهش مقدار فسفر و روی دانه (به‌ترتیب ۱۰/۰، ۲/۷ درصد) شد، اما افزایش پراکسیداز و کاتالاز اندام هوایی (به‌ترتیب ۱۵/۰ و ۴۷/۶ درصد) و افزایش مقدار پتاسیم و آهن دانه (به‌ترتیب ۱۱/۸ و ۴/۷ درصد) را در پی داشت. در میان ژنوتیپ‌ها بیشترین مقدار کلروفیل a اندام هوایی از ژنوتیپ شماره ۱ و کمترین آن از ژنوتیپ شماره ۱۶ بدست آمد. مقایسه میانگین‌ها به‌روش برش‌دهی نشان داد که در محیط نرمال، بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی از ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۹ و کمترین آن از ژنوتیپ شماره ۱۹ بدست آمد. در حالیکه، در محیط تنش، بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی از ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۵ و کمترین آن از ژنوتیپ شماره ۸ حاصل شد. روند تغییرات عملکرد دانه و شاخص سطح برگ سویا در سطوح مختلف اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ از یک رابطه خطی معنی‌دار و منفی پیروی نمود، اما روند تغییرات درجه حرارت برگ و شدت نور کف سایه‌انداز از یک رابطه خطی معنی‌دار ولی مثبت تبعیت نمود. در مجموع، براساس میزان تولید دانه، ژنوتیپ شماره ۷ برای شرایط بدون تنش خشکی و ژنوتیپ شماره ۹ برای شرایط تنش خشکی تحت شرایط اقلیمی معتدل مانند خرم‌آباد پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: تنش کم‌آبی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، درجه حرارت برگ، عناصر ضروری

مقدمه

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: rafieemasoud@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

تنش خشکی عامل اجتناب‌ناپذیری است که در محیط‌های مختلف، بدون مرز مشخص و عدم هشدار واضح وجود دارد و روی تولید، کیفیت، و انرژی زیست‌توده گیاهی تأثیر می‌گذارد (Al-Suhaibani *et al.*, 2021) و بحران آن در کشور جدی است. تنش خشکی را می‌توان به‌صورت فقدان آب کافی مورد نیاز برای رشد طبیعی و تکمیل چرخه زندگی گیاه تعریف نمود (Moosavi *et al.*, 2011; Jabereldar *et al.*, 2017).

سویا حساس‌ترین گیاه زراعی به تنش خشکی است (Oqba, 2017)، هر چند، واکنش سویا به تنش خشکی مانند سایر گیاهان به ژنوتیپ، شدت تنش و زمان وقوع تنش بستگی داشت (Dong *et al.*, 2019). تنش کمبود آب با اثر بر فرایندهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک؛ روی رشد و نمو تأثیر داشت (Dong *et al.*, 2019). گیاهان عموماً دارای سازوکارهای مختلفی همچون دفاع آنتی‌اکسیدانی و تنظیم اسمزی برای مقابله با تنش خشکی بوده و از طریق القای انواعی از پاسخ‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مورفولوژیک به تنش خشکی سازگار شدند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Daryanto *et al.*, 2020).

در گیاهان زراعی از جمله سویا، کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوی نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ، جذب تشعشع خورشیدی، اختلال در فرآیند انتقال مواد فتوسنتزی، نشت الکترولیت و کاهش عملکرد دانه گزارش شده است (عیسی‌زاده پنجعلی خرابسی، ۱۳۹۱؛ Basal and Szabo, 2020).

فتوسنتز در گیاهان تابع تغییر در شدت و زمان تشعشع فعال فتوسنتزی است (Al-Suhaibani *et al.*, 2021). جذب تشعشع در طول فصل رشد متغیر بوده و بیشتر تابع شاخص سطح برگ و آرایش برگ‌ها در سایه‌انداز گیاهی گزارش شده است (رفیعی، ۱۳۹۳؛ Zhang *et al.*, 2008). در پژوهشی مشاهده شد تنش خشکی موجب کاهش سطح تک برگ‌ها، تعداد نهایی برگ و شاخص سطح برگ در ذرت گردید و با افزایش شدت تنش خشکی، درصد نفوذ تشعشع فعال فتوسنتزی به کف سایه اندازگیاهی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (رفیعی، ۱۳۹۳). دلیل کاهش سطح برگ سویا در اثر تنش خشکی (Basal and Szabo, 2020)، کاهش فتوسنتز، افزایش تنفس و ریزش برگ‌ها (زارع و همکاران، ۱۳۸۳) و کاهش انرژی لازم برای توسعه برگ‌ها (Ribas-Carbo *et al.*, 2005) عنوان شده است. همچنین، افزایش دمای برگ ناشی از تنش خشکی، به بسته‌شدن روزنه‌ها نسبت داده شده است (Zandalinas *et al.*, 2018).

یکی از مشکلات اصلی در استان لرستان همانند دیگر مناطق کشور، کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و حتی خشک شدن بسیاری از چاه‌ها در اثر مصرف زیاد آب است. در این خصوص انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی به‌منظور حداکثر صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری و بررسی چگونگی واکنش ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی ضروری است، لذا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی از خصوصیات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های سویا به‌منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ برای شرایط کم‌آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و بیوشیمیایی سویا [*Glycine max* (L.) Merrill] در کشت دوم، آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۷ در دو محیط بدون تنش خشکی (S1: آبیاری هفتگی) و تنش خشکی (S2: آبیاری هر ۱۰ روز یکبار) اجرا شد. در هر محیط ۱۹ ژنوتیپ (G1-G19) سویا ارسالی از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی (جدول ۱) داخلی و رشد نامحدود بودند. آزمایش در ایستگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان اجرا گردید. طبق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن منطقه خرم‌آباد دارای اقلیم نیمه‌گرمسیری با تابستان گرم و خشک است. براساس آمار بلندمدت متوسط حداقل، حداکثر و متوسط حرارت به ترتیب ۹/۲، ۲۵/۲ و ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد دارای اقلیم معتدل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۱- نام ژنوتیپ‌های مورد بررسی

شماره	ژنوتیپ
۱	L504-14
۲	L504-6
۳	Collombus × Fora (L.6)
۴	Clean
۵	Dellsoy×Willo82 (L.2)
۶	LH 2500
۷	Dellsoy×Willo82 (L.5)
۸	Stress Land
۹	AVRDC-25
۱۰	AVRDC-21
۱۱	Collombus × Fora (L.13)
۱۲	Cheleston ×Mustang (L.1)
۱۳	AVRDC-15
۱۴	Cheleston ×Mustang (L.5)
۱۵	AVRDC-3
۱۶	Collombus × Fora (L.3)
۱۷	کوثر
۱۸	TMS
۱۹	Habitt

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه

EC (ds/m)	pH	K (ppm)	P (ppm)	N (%)
۱/۲۵	۷/۵	۳۶۱	۱۳/۵	۰/۴۲

با متوسط بارش سالیانه ۵۲۵ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی ۴۶/۷ درصد است.

قبل از کاشت از خاک مزرعه که در سال قبل از آزمایش به‌صورت آیش بود، نمونه‌برداری مرکب به عمل آمد و در آزمایشگاه تجزیه گردید. نتایج مربوط به برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) نشان داده شده است (جدول ۲). براساس درصد ذرات سلیت، شن و رس خاک، بافت خاک مزرعه لومی سیلتی بود.

عملیات آماده‌سازی زمین در بهار هر سال صورت گرفت. براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) مقدار ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود دی‌آمونیوم فسفات و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به صورت یکنواخت پاشیده شد و به وسیله دیسک سبک مخلوط گردید. خطوط کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر با استفاده از دستگاه فارو ایجاد گردید. هر کرت مشتمل بر چهار خط کاشت به طول پنج متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی دو متر، کرت‌های فرعی یک متر و بین تکرارها سه متر در نظر گرفته شد. کلیه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

عملیات زراعی مطابق معمول منطقه و براساس توصیه‌های تحقیقاتی انجام پذیرفت.

عملیات کاشت بذر ژنوتیپ‌ها به‌صورت دستی و در وسط شیار ایجاد شده روی هر پشته و به عمق حدود ۵ سانیت‌متر در آمد. پس از عمل تنک، بقیه کود نیتروژنه به میزان ۵۰ کیلوگرم کود اوره به صورت سرک بین ردیف‌های کاشت پاشیده شد و زمین آبیاری گردید. عمل وجین علف‌های هرز به صورت دستی و توسط کارگر بسته به نیاز صورت گرفت.

برای اعمال تیمارهای تنش خشکی، دو محیط در دو طرف آب‌پاش‌های سیستم آبیاری بارانی نیمه‌متحرک قرار گرفتند و یک هفته با نازل‌های دو طرفه هر دو محیط و یک هفته با نازل‌های یک طرفه تنها محیط بدون تنش خشکی آبیاری شد. شروع تیمارهای تنش خشکی بعد از استقرار کامل بوته‌ها در مرحله چهار برگ حقیقی بود و تا دو هفته قبل از برداشت ادامه یافت. درصد رطوبت خاک در فواصل زمانی بین دو آبیاری اندازه‌گیری شد. میزان آب آبیاری با استفاده از میزان رطوبت در زمان ظرفیت مزرعه‌ای خاک (۲۷ درصد) و با توجه به حداکثر عمق نفوذ ریشه در خاک در زمان آبیاری محاسبه گردید. میزان آب داده شده به هر کرت براساس توزیع آب با راندمان ۹۰ درصد کنترل شد.

در مرحله گلدهی روی پنج بوته شاخص سطح برگ، شدت نور کف سایه‌انداز و درجه حرارت برگ در هر کرت اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج پرتابل مدل LA-18 از سطحی معادل نیم مترمربع و شدت نور کف سایه‌انداز با استفاده از دستگاه لوکس متر در ظهر خورشیدی انجام شد. در مرحله گلدهی، درجه حرارت برگ توسط دماسنج تفنگی مدل Gun 2-ds ساخت کشور سوئیس روی برگ‌های جوان پنج بوته از هر کرت اندازه‌گیری شد. نمونه‌هایی از برگ‌های جوان گیاه در مرحله گل‌دهی از دو بوته از ردیف‌های میانی هر کرت با رعایت حاشیه جهت انجام آنالیزهای بیوشیمیایی جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید و سنجش میزان کلروفیل (Arnon, 1967)، پراکسیداز (Mae-Adam and Nelson, 1992) و کاتالاز هفته اول تیرماه انجام شد. در مرحله ۳ تا ۵ برگ حقیقی عملیات تنک کردن به‌صورت دستی انجام شد، به‌این صورت که در هر ۱۰ سانتی‌متر یک بوته سالم و قوی نگهداری و بقیه حذف شدند و بدین ترتیب تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بدست (Dhindsa *et al.*, 1981) و مقدار عناصر ضروری فسفر، پتاسیم، آهن، مس و روی (Ryan *et al.*, 2007) صورت گرفت. در زمان برداشت عملکرد دانه دو ردیف وسط هر کرت آزمایشی با رعایت نیم متر حاشیه از طرفین از مساحت معادل ۴ مترمربع اندازه‌گیری و براساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد. مقدار عناصر ضروری فسفر، پتاسیم، آهن، مس و روی (Ryan *et al.*, 2007) در نمونه‌ای از دانه‌های هر کرت انجام شد.

برای سنجش میزان کلروفیل، نمونه برگ‌های گیاه پس از توزین، در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به خوبی ساییده شد. پس از صاف محلول، حجم نهایی با استفاده از استون ۸۰٪ به ۱۵ میلی‌لیتر رسید. سپس با استفاده از اسپکتروفتومتر، جذب محلول در طول‌موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر به‌ترتیب برای کلروفیل‌های a و b خوانده شد و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری عناصر فسفر و پتاسیم عصاره نمونه‌ها توسط هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک تهیه شد. میزان فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری مقدار پتاسیم موجود در عصاره تهیه شده به روش نشر شعله‌ای و با کمک دستگاه فلیم فتومتر انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری عناصر آهن، روی و مس؛ محلول ۰/۰۰۵ مولار DTPA توسط تری‌اتیلن آمین ۰/۱ مولار در حضور کلراید کلسیم ۰/۰۱ مولار در pH ۷/۳ بافر شد. فعالیت عناصر موجود در نمونه، با تشکیل کمپلکس‌های محلول در آب مولکول‌های DTPA با این عناصر کاهش یافت. در نتیجه این فرآیند عناصر از سطوح خاک واجذب شد تا کاهش غلظت عناصر تعدیل شود. میزان عناصر استخراج شده با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی صفات بیوشیمیایی در اندام هوایی سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	کلروفیل a/b	پراکسیداز	کاتالاز
محیط	۱	۰/۰۰۰۱۴**	۰/۰۰۰۰۲۵**	۰/۰۰۰۲۷**	۱۰/۰۷**	۰/۰۰۳۵**	۰/۰۲۱**
تکرار (محیط)	۴	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۰/۱۲۳	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۸
ژنوتیپ	۱۸	۰/۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۲**	۰/۱۳۲	۰/۰۰۰۲۹۹	۰/۰۰۰۱۷۵
محیط × ژنوتیپ	۱۸	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۷۹۷	۰/۰۰۰۷*	۰/۰۰۰۰۰۹
خطا	۷۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۰۹	۰/۱۴۴	۰/۰۰۰۲۱۷	۰/۰۰۰۴۳۷
ضریب تغییرات		۲/۵۹	۳/۰۳	۲/۲۵	۳/۵۸	۲/۱۳	۴/۸۳

*** و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.**

این عصاره‌گیر به‌عنوان شاخصی برای فرم قابل جذب این عناصر بود. غلظت عناصر کم مصرف در این عصاره با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 صورت گرفت.

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقدار کلروفیل‌های a، b، a+b و a/b به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی و مقدار کلروفیل‌های a و a+b به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ژنوتیپ نیز قرار گرفت (جدول ۳). به‌عبارتی مقدار کلروفیل‌های a و a+b تحت تأثیر هر دو عامل ژنتیک و محیط قرار گرفت. این در حالی است که گلدانی (۱۳۹۱) دریافت برخلاف کلروفیل‌های a و b و مجموع آنها، تغییرات نسبت کلروفیل a/b در اندام هوایی تحت تأثیر هر دو عامل ژنتیک و محیط قرار گرفت.

تنش خشکی موجب کاهش ۶۶/۶، ۳۷/۲، ۵۳/۸ و ۴۳/۹ درصدی به ترتیب مقدار کلروفیل‌های a، b، a+b و a/b شد (جدول ۴). ملاحظه می‌شود که کلروفیل a حساس‌تر از کلروفیل b به تنش خشکی است، که با اظهارات مطابقت Naresh و همکاران (۲۰۱۳) دارد. کلروفیل‌های a و b مهمترین رنگیزه فتوسنتزی هستند که در فتوسنتز به‌طور مستقیم نقش دارند. به‌نظر می‌رسد کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش به‌دلیل عدم سنتز این ماده و افزایش اتیلن (Khan *et al.*, 2010)، کاهش آسیمیلاسیون کربن و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن یا گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) همراه با تجزیه کلروفیل (Lawlor and Cornic, 2002; Al-Suhaibani *et al.*, 2021). پیش از این، کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی در اثر تنش خشکی در لوبیا قرمز (زاده باقری و همکاران، ۱۳۹۳)، سویا (قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۴) و ماش (گلدانی، ۱۳۹۱؛ Naresh *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است.

در میان ژنوتیپ‌ها بیشترین مقدار کلروفیل a اندام هوایی از ژنوتیپ شماره ۱ با میانگین ۰/۰۰۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه و کمترین آن از ژنوتیپ شماره ۱۶ با میانگین ۰/۰۰۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بدست آمد (جدول ۴).

بعضی گزارش‌ها بیان‌کننده افزایش میزان کلروفیل با افزایش تنش رطوبتی (Barraclough and Kate, 2001) و بعضی نشان‌دهنده کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی است (کافی و رستمی، ۱۳۸۶؛ Al-Suhaibani *et al.*, 2021). در برخی مطالعات، گزارش‌هایی در رابطه با واکنش متفاوت (شرفی و همکاران، ۱۴۰۰) و یا عدم تفاوت (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۳) کلروفیل به خشکی در ارقام حساس و مقاوم به خشکی گیاهان زراعی مطرح شده است. کامروا و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی اثر تنش خشکی بر کلروفیل و پرولین ۸ ژنوتیپ سویا مشاهده نمودند که تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده محیط و ژنوتیپ بر صفات بیوشیمیایی اندام هوایی در سویا

تیمارها	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	کلروفیل a/b	پراکسیداز	کاتالاز
	(میلی‌گرم بر گرم)					
محیط						
نرمال	۰/۰۰۳۳ a	۰/۰۰۲۵ a	۰/۰۰۵۸ a	۱/۳۵۴ a	۰/۰۶۳ b	۰/۰۲۹ b
تنش خشکی	۰/۰۰۱۱ b	۰/۰۰۱۶ b	۰/۰۰۲۷ b	۰/۷۵۹ b	۰/۰۷۴ a	۰/۰۵۶ a
ژنوتیپ						
G1	۰/۰۰۳۷ a	۰/۰۰۲۶۵	۰/۰۰۶۳ a	۱/۳۸۸۷۹	۰/۰۷۲۶۲	۰/۰۲۶۵۰
G2	۰/۰۰۲۳ bcd	۰/۰۰۲۲۲	۰/۰۰۴۶ bcd	۱/۰۴۹۸۰	۰/۰۷۹۱۳	۰/۰۵۰۰۰
G3	۰/۰۰۱۸ d	۰/۰۰۱۵۷	۰/۰۰۳۴e	۱/۲۱۸۶۶	۰/۰۷۰۱۷	۰/۰۴۳۸۳
G4	۰/۰۰۱۹ cd	۰/۰۰۱۸۸	۰/۰۰۳۷ cde	۱/۰۳۵۱۱	۰/۰۷۵۹۵	۰/۰۴۴۸۳
G5	۰/۰۰۲۱ bcd	۰/۰۰۲۱۲	۰/۰۰۴۲ b-e	۰/۹۸۴۸۴	۰/۰۷۱۵۰	۰/۰۴۱۰۰
G6	۰۰۲۱۰ bcd	۰/۰۰۲۰۱	۰/۰۰۴۱ b-e	۱/۱۳۲۹۶	۰/۰۶۸۱۷	۰/۰۴۳۰۰
G7	۰/۰۰۱۸ d	۰/۰۰۱۷۷	۰/۰۰۳۵ de	۱/۰۴۹۶۲	۰/۰۵۷۹۲	۰/۰۴۴۵۰
G8	۰/۰۰۲۵ bc	۰/۰۰۲۲۸	۰/۰۰۴۸ bc	۱/۰۶۶۹۱	۰/۰۴۹۳۷	۰/۰۴۲۳۳
G9	۰/۰۰۲۳ bcd	۰/۰۰۱۹۶	۰/۰۰۴۳ b-e	۱/۱۷۶۸۸	۰/۰۷۲۹۷	۰/۰۳۹۵۰
G10	۰/۰۰۲۱ bcd	۰/۰۰۲۶۳	۰/۰۰۴۶ bcd	۰/۷۲۳۶۸	۰/۰۶۰۵۰	۰/۰۴۸۰۰
G11	۰/۰۰۱۹ cd	۰/۰۰۱۵۶	۰/۰۰۳۴ e	۱/۲۰۵۵۸	۰/۰۶۵۳۳	۰/۰۴۳۵۰
G12	۰/۰۰۲۴ bcd	۰/۰۰۲۱۶	۰/۰۰۴۵ b-e	۱/۰۶۲۹۲	۰/۰۶۷۵۰	۰/۰۳۶۸۳
G13	۰/۰۰۲۶ b	۰/۰۰۲۲۷	۰/۰۰۴۹ b	۱/۱۳۷۷۹	۰/۰۷۵۶۳	۰/۰۴۴۶۷
G14	۰/۰۰۲۱ bcd	۰/۰۰۲۱۲	۰/۰۰۴۲ b-e	۰/۹۸۴۸۴	۰/۰۶۸۱۷	۰/۰۴۱۰۰
G15	۰/۰۰۲۱ bcd	۰/۰۰۲۰۱	۰/۰۰۴۱ b-e	۱/۱۳۲۹۶	۰/۰۶۸۱۷	۰/۰۴۳۰۰
G16	۰/۰۰۱۸ d	۰/۰۰۱۷۷	۰/۰۰۳۵ de	۱/۰۴۹۶۲	۰/۰۷۵۹۲	۰/۰۴۴۵۰
G17	۰/۰۰۲۱ bcd	۰/۰۰۲۲۶	۰/۰۰۴۳ b-e	۰/۹۰۷۷۰	۰/۰۷۳۳۷	۰/۰۴۴۸۳
G18	۰/۰۰۱۹ cd	۰/۰۰۲۲۴	۰/۰۰۴۱ b-e	۰/۸۴۳۷۶	۰/۰۶۸۸۳	۰/۰۵۰۳۳
G19	۰/۰۰۱۹ cd	۰/۰۰۲۱۳	۰/۰۰۴۱ b-e	۰/۹۲۹۴۳	۰/۰۶۹۸۳	۰/۰۵۰۱۷
LSD (5%)	۰/۰۰۰۷		۰/۰۰۱۱			

S1 و S2: به‌ترتیب محیط نرمال و تنش خشکی؛ G1 الی G19: به‌ترتیب ژنوتیپ شماره ۱ الی ۱۹. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.

خشکی باعث کاهش معنی‌داری در میزان رنگیزه فتوسنتزی کلروفیل (شامل کلروفیل a، b و کل) و افزایش معنی‌داری در میزان اسیدآمینه پرولین شد. کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی ناشی از تنش خشکی در سویا (صادقی و همکاران، ۱۳۹۹)، و آویشن باغی (شرفی و همکاران، ۱۴۰۰) نیز گزارش شده است.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر مقدار پراکسیداز و کاتالاز اندام هوایی و اثر متقابل تنش خشکی در ژنوتیپ بر مقدار پراکسیداز معنی‌داری بود (جدول ۳). مقدار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان پراکسیداز و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۵- تجزیه واریانس برخی عناصر ضروری در اندام هوایی و دانه سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		فسفر اندام هوایی	پتاسیم اندام هوایی	آهن اندام هوایی	روی اندام هوایی	فسفر دانه	پتاسیم دانه	آهن دانه	روی دانه
محیط	۱	۰/۷۸۴**	۲۰/۷۷**	۹۸۶۷۸**	۹۱۶۲**	۰/۸۷۲**	۱۲۷۰۳۷۰۶	۴۴۱/۷**	۲۹/۰۶**
تکرار (محیط)	۴	۰/۰۰۱۲۶	۰/۰۴۵۲	۳۴۴/۱۱۴	۱۶/۵۸۷	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۰۷۸۹	۰/۰۴۷۶	۰/۰۰۰۴۸
ژنوتیپ	۱۸	۰/۰۰۶۷*	۰/۱۰۴۷۴	۶۴۰۸/۱۶	۱۰۷*	۰/۰۰۰۳۰۱	۰/۰۰۰۰۲۰۱۴	۰/۲۷۲*	۰/۰۰۱۹۰۴
محیط×ژنوتیپ	۱۸	۰/۰۰۲۵۳	۰/۰۷۷۳۳۱	۴۷۸۷/۷۲	۸۶/۴۳	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۴*	۰/۱۱۸۶	۰/۰۰۱۱۷۹
خطا	۷۴	۰/۰۰۳۳۱	۰/۰۸۶۹۳	۷۴۶۸/۹۷	۵۸/۵۰۶	۰/۰۰۰۴۵۶۴۴	۰/۰۰۰۰۲۳	۰/۱۲۹۲	۰/۰۰۱۳۲
ضریب تغییرات		۱۷/۱	۳/۷	۴/۰۸	۲/۳۴	۱/۲۸	۰/۳۵	۱/۴۴	۲/۰۹

*** و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.**

کاتالاز اندام هوایی در اثر تنش خشکی به‌ترتیب ۱۵/۰ و ۴۷/۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها به‌روش برش‌دهی نشان داد که در محیط نرمال، بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی از ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۹ با میانگین ۰/۰۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه و کمترین آن از ژنوتیپ شماره ۱۹ با میانگین ۰/۰۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بدست آمد. در محیط تنش، بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی از ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۵ با میانگین ۰/۰۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه و کمترین آن از ژنوتیپ شماره ۸ با میانگین ۰/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه حاصل شد (جدول ۷). این اختلافات مربوط به‌تفاوت‌های ژنتیکی است.

سازوکارهای آنزیمی و غیرآنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو، یکی از سازوکارهای حفاظتی گیاهان در مقابله با تنش خشکی است (Tian and Li, 2006; Daryanto *et al.*, 2020). پراکسیدازها در جذب H_2O_2 و پراکسیدازهای آلی که تحت شرایط تنش مختلف تشکیل می‌شوند اهمیت دارد (Tian and Li, 2006). آنتی‌اکسیدان‌ها به‌طور مؤثری آسیب‌های حاصل از اکسیداسیون ایجادشده توسط رادیکال‌های آزاد را کاهش و یا متوقف می‌کنند و از این طریق به سلامت سلول‌ها کمک می‌کنند (بیات و سپهری، ۱۳۹۳). تلفیقی از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان همچون سوپراکسید دیسوتاز (SOD)، گلوتامین ردوکتاز، کاتالاز، پراکسیداز فاکتور مهمی در تحمل به تنش‌های محیطی در گیاهان مختلف است (Jithesh *et al.*, 2006). بین ژنوتیپ‌های لوبیا، سطوح تنش و اثرات متقابل آنها از لحاظ تغییرپذیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز تفاوت مشاهده شد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۷).

افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سطوح مختلف خشکی و یا وجود برهمکنش میان ژنوتیپ و محیط در سویا (صادقی و همکاران، ۱۳۹۹)، آویشن باغی (شرفی و همکاران، ۱۴۰۰)، گلرنگ بهاره (حشمتی و همکاران، ۱۳۹۵)، نخود (باقری و همکاران، ۱۳۹۸)؛ ذرت (رفیعی، ۱۳۹۳)؛ ماش (فاطمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶؛ Naresh *et al.*, 2013) و ریحان (Ghavami *et al.*, 2017) گزارش شده است. خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) دریافتند که محدودیت آبیاری موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و محتوی پرولین گردید.

عناصر ضروری اندام هوایی و دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر کلیه عناصر ضروری اندازه‌گیری‌شده شامل فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی و دانه معنی‌داری بود. اثر ژنوتیپ بر فسفر و روی در اندام هوایی و آهن در دانه معنی‌داری شد. اثر متقابل تنش خشکی در ژنوتیپ نیز بر فسفر و پتاسیم دانه معنی‌داری گشت (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی مقدار فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی را به‌ترتیب ۳۹/۷، ۶۹/۸، ۲۴/۴ و ۳۸/۴ درصد و مقدار فسفر و روی در دانه را به‌ترتیب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات ساده محیط و ژنوتیپ بر برخی عناصر اندام هوایی و دانه در سویا

تیمارها	فسفر اندام هوایی	پتاسیم اندام هوایی	آهن اندام هوایی	روی اندام هوایی	فسفر دانه	پتاسیم دانه	آهن دانه	روی دانه
	(درصد)		(میلی‌گرم بر گرم)		(درصد)		(میلی‌گرم بر گرم)	
محیط								
نرمال	۰/۴۱۷^{a}	۱/۲۲^{a}	۲۴۱^{a}	۴۶/۷^{a}	۱/۷۵^{b}	۱/۴۸^{b}	۷۹/۴^{b}	۳۷/۲^{a}
تنش خشکی	۰/۲۵۱^{b}	۰/۳۷^{b}	۱۸۲^{b}	۲۸/۸^{b}	۱/۵۸^{a}	۱/۶۸^{a}	۸۳/۴^{a}	۳۶/۲^{b}
ژنوتیپ								
G1	۰/۳۴۶$^{a-d}$	۰/۶۳۲	۲۰۳/۶۶۷	۲۹/۳۳^{d}	۱/۶۵۹	۱/۵۸۳	۸۱/۲ $^{b-g}$	۳۶/۶۸۵
G2	۰/۴۱۲^{a}	۱/۰۶۷	۲۴۰/۵۰۰	۳۸/۳۳^{abc}	۱/۶۵۳	۱/۵۸۱	۸۱/۶ $^{a-d}$	۳۶/۷۰۷
G3	۰/۳۱۳^{cde}	۰/۸۳۳	۲۳۸/۳۳۳	۳۹/۱۶^{abc}	۱/۶۷۳	۱/۵۸۶	۸۱/۱ ^{efg}	۳۶/۶۸۸
G4	۰/۳۲۶$^{b-e}$	۰/۸۹۲	۱۹۰/۶۶۷	۳۰/۶۶^{cd}	۱/۶۶۷	۱/۵۸۳	۸۱/۳ $^{d-g}$	۳۶/۳۷۸
G5	۰/۳۳۵$^{b-e}$	۰/۷۵۵	۱۸۶/۵۰۰	۳۹/۶۶^{ab}	۱/۶۶۷	۱/۵۸۴	۸۱/۶ $^{a-e}$	۳۶/۷۰۰
G6	۰/۳۵۱$^{a-d}$	۰/۶۷۸	۲۱۰/۵۰۰	۴۳/۵^{a}	۱/۶۷۶	۱/۵۸۵	۸۱/۴ $^{a-g}$	۳۶/۷۱۷
G7	۰/۳۳۲$^{b-e}$	۰/۹۶۰	۲۰۸/۵۰۰	۳۶/۱۶$^{a-d}$	۱/۶۶۲	۱/۵۸۲	۸۱/۱^{fg}	۳۶/۶۷۵
G8	۰/۳۶۱^{abc}	۰/۹۷۵	۲۳۸/۱۶۷	۳۷/۵$^{a-d}$	۱/۶۵۹	۱/۵۸۳	۸۱/۴ $^{b-g}$	۳۶/۶۸۷
G9	۰/۲۸۶^{de}	۰/۶۷۵	۲۲۳/۰۰۰	۴۳/۳۳^{a}	۱/۶۷۶	۱/۵۸۷	a ۸۱/۸	۳۶/۷۳۵
G10	۰/۳۴۵ ^{bcd}	۰/۷۲۵	۲۳۷/۳۳۳	۳۵/۸۳$^{a-d}$	۱/۶۶۴	۱/۵۸۵	۸۱/۴$^{b-g}$	۳۶/۷۰۷
G11	۰/۲۹۲ ^{de}	۰/۷۲۸	۲۰۴/۰۰۰	۳۶/۶۶$^{a-d}$	۱/۶۵۷	۱/۵۸۲	۸۱/۴$^{a-f}$	۳۶/۶۹۰
G12	۰/۳۱۵^{cde}	۰/۸۳۰	۱۶۷/۰۰۰	۳۳/۳۳^{bcd}	۱/۶۵۸	۱/۵۸۱	۸۱/۰۶ ^{g}	۳۶/۶۶۷
G13	۰/۳۹^{ab}	۰/۹۷۲	۱۶۷/۶۶۷	۴۳/۰^{a}	۱/۶۶۲	۱/۵۸۵	۸۱/۶^{abc}	۳۶/۷۱۲
G14	۰/۳۱۷^{cde}	۰/۸۶۲	۲۷۸/۰۰۰	۴۴/۱۶^{a}	۱/۶۷۶	۱/۵۸۶	۸۱/۶^{ab}	۳۶/۷۲۲
G15	۰/۲۷۷^{e}	۰/۷۳۷	۱۸۸/۸۳۳	۴۱/۵ ^{ab}	۱/۶۶۴	۱/۵۸۲	۸۱/۲$^{c-g}$	۳۶/۶۸۷
G16	۰/۳۶۲^{abc}	۰/۷۴۷	۱۵۹/۰۰۰	۳۵/۶۶ ^{ab}	۱/۶۶۳	۱/۵۸۲	۸۱/۱^{fg}	۳۶/۶۷۸
G17	۰/۳۴۳$^{b-e}$	۰/۵۶۰	۲۱۷/۸۳۳	۳۵/۶۶ $^{a-d}$	۱/۶۷۰	۱/۵۸۵	۸۱/۵$^{a-f}$	۳۶/۷۱۲
G18	۰/۳۱۵^{cde}	۰/۷۷۵	۲۶۶/۶۶۷	۳۷/۸۳ $^{a-d}$	۱/۶۷۰	۱/۵۸۵	۸۱/۵$^{a-e}$	۳۶/۷۰۵
G19	۰/۳۳۷$^{b-e}$	۰/۷۱۷	۱۹۴/۵۰۰	۳۳/۰ ^{bcd}	۱/۶۵۹	۱/۵۸۲	۸۱/۴$^{b-g}$	۳۶/۶۹۷
LSD (5%)	۰/۰۶۶۲			۸/۷۹۹۳			۱/۹۹۳	

S1 و S2: به‌ترتیب محیط نرمال و تنش خشکی؛ G1 الی G19: به‌ترتیب ژنوتیپ شماره ۱ الی ۱۹. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.

۱۰/۰، ۲/۷ درصد کاهش داد، اما موجب افزایش به‌ترتیب ۱۱/۸ و ۴/۷ درصدی پتاسیم و آهن در دانه شد (جدول ۶). کاهش جذب عناصر در اندام هوایی در اثر تنش خشکی و به تبع آن در دانه توسط رفیعی و همکاران (۱۳۸۲) و غلامی و همکاران (۱۴۰۱) گزارش شده است، اما افزایش جذب پتاسیم و آهن در دانه در شرایط تنش خشکی را می‌تواند ناشی از رهاسازی این عناصر توسط اندام هوایی و افزایش غلظت آنها در آوندهای آبکش و یا رقابت میان عناصر موجود در آوندها (رفیعی، ۱۳۹۳) باشد.

در میان ژنوتیپ‌ها، بیشترین میزان فسفر اندام هوایی از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل محیط در ژنوتیپ بر برخی صفات بیوشیمیایی اندام هوایی و دانه سویا به‌روش برش‌دهی برای محیط

تیمارها		پراکسیداز اندام هوایی (میلی‌گرم بر گرم)	فسفر دانه (درصد)	پتاسیم دانه (درصد)
محیط	ژنوتیپ			
	G1	۰/۰۷۵^{ab}	۱/۷۴۴^{abc}	۱/۴۸۲^{abc}
	G2	۰/۰۷۷^{a}	۱/۷۵۱^{abc}	۱/۴۸۴^{abc}
	G3	۰/۰۵۷^{abc}	۱/۷۵^{abc}	۱/۴۸۵^{abc}
	G4	۰/۰۷۰^{ab}	۱/۷۶۱^{abc}	۱/۴۸۳^{abc}
	G5	۰/۰۶۹^{ab}	۱/۷۵۶^{abc}	۱/۴۸۶^{abc}
	G6	۰/۰۵۱^{bc}	۱/۷۷۷^{a}	۱/۴۸۸^{a}
	G7	۰/۰۶۷^{ab}	۱/۷۲۶^{bc}	۱/۴۷۷^{c}
	G8	۰/۰۷۷^{a}	۱/۷۴۵^{abc}	۱/۴۸۳^{abc}
	G9	۰/۰۷۷^{a}	۱/۷۵۳^{abc}	۱/۴۸۶^{abc}
نرمال	G10	۰/۰۵۷^{abc}	۱/۷۴۵^{abc}	۱/۴۸۳^{abc}
	G11	۰/۰۵۱^{bc}	۱/۷۴۹^{abc}	۱/۴۸۴^{abc}
	G12	۰/۰۶۹^{ab}	۱/۷۴۳^{abc}	۱/۴۸۱^{abc}
	G13	۰/۰۶۲^{abc}	۱/۷۵۷^{abc}	۱/۴۸۷^{a}
	G14	۰/۰۵۱^{bc}	۱/۷۶۴^{abc}	۱/۴۸۶^{ab}
	G15	۰/۰۶۷^{ab}	۱/۷۶۵^{ac}	۱/۴۸۵^{abc}
	G16	۰/۰۶۸^{ab}	۱/۷۲۴^{c}	۱/۴۷۸^{bc}
	G17	۰/۰۵۴^{abc}	۱/۷۴۱^{abc}	۱/۴۸۲^{abc}
	G18	۰/۰۵۹۶^{abc}	۱/۷۶۶^{ac}	۱/۴۸۸^{a}
	G19	۰/۰۴۱^{c}	۱/۷۷^{a}	۱/۴۸۶^{ab}
	LSD (5%)	۰/۰۲۴	۰/۰۳۸۸	۰/۰۰۸۵

S1 و S2: به‌ترتیب محیط نرمال و تنش خشکی؛ G1 الی G19: به‌ترتیب ژنوتیپ شماره ۱ الی ۱۹. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.

ژنوتیپ شماره ۲ با میانگین ۰/۴۱۲ درصد و کمترین آن از ژنوتیپ شماره ۱۵ با میانگین ۰/۲۷۷ درصد بدست آمد (جدول ۶). همچنین، بیشترین و کمترین مقدار روی اندام هوایی از ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱ (به‌ترتیب ۴۳/۵ و ۲۹/۳ میلی‌گرم بر گرم) بیشترین و کمترین مقدار آهن دانه از ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۹ (به‌ترتیب ۸۱/۸ و ۸۱/۱ میلی‌گرم بر گرم) حاصل شد (جدول ۶). این اختلافات مربوط به‌تفاوت‌های ژنتیکی است.

مقایسه میانگین‌ها به‌روش برش‌دهی نشان داد که در محیط نرمال، بیشترین و کمترین مقدار فسفر دانه از ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۶ (به‌ترتیب ۱/۷۸ و ۱/۷۲ درصد) و بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم دانه از ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۷ (به ترتیب ۱/۴۹ و ۱/۴۸ میلی‌گرم بر گرم) حاصل شد. اما در محیط تنش، بیشترین و کمترین مقدار فسفر دانه از ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ و ۱۹ (به‌ترتیب ۱/۶۰ و ۱/۵۵ درصد) و بیشترین و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

ادامه جدول ۷-

تیمارها		پراکسیداز اندام هوایی (میلی‌گرم بر گرم)	فسفر دانه (درصد)	پتاسیم دانه (درصد)
محیط	ژنوتیپ			
	G1	۰/۰۷۰^{ab}	۱/۵۷۲$^{a-e}$	۱/۶۸۳$^{a-e}$
	G2	۰/۰۸۱^{a}	۱/۵۵۴^{de}	۱/۶۷۸^{de}
	G3	۰/۰۸۳^{a}	۱/۵۹۶^{ab}	۱/۶۸۶^{abc}
	G4	۰/۰۸۱^{a}	۱/۵۷۱$^{a-e}$	۱/۶۸۲$^{a-e}$
	G5	۰/۰۷۳^{a}	۱/۵۷۱$^{a-e}$	۱/۶۸۲$^{a-e}$
	G6	۰/۰۸۵^{a}	۱/۵۷۴$^{a-e}$	۱/۶۸۲$^{a-e}$
	G7	۰/۰۴۸^{b}	۱/۵۹۷^{a}	۱/۶۸۶^{ab}
	G8	۰/۰۲۱^{c}	۱/۵۷۱$^{a-e}$	۱/۶۸۲$^{a-e}$
	G9	۰/۰۶۸^{ab}	۱/۵۹۹^{a}	۱/۶۸۸^{a}
تنش خشکی	G10	۰/۰۸^{a}	۱/۵۸۳$^{a-d}$	۱/۶۸۵$^{a-d}$
	G11	۰/۰۷۳^{a}	۱/۵۶۵^{cde}	۱/۶۷۸^{cde}
	G12	۰/۰۸۳^{a}	۱/۵۷۳$^{a-e}$	۱/۶۸۱$^{b-e}$
	G13	۰/۰۸۱^{a}	۱/۵۶۶$^{b-e}$	۱/۶۸۲$^{a-e}$
	G14	۰/۰۷۳^{a}	۱/۵۸۸^{abc}	۱/۶۸۵$^{a-d}$
	G15	۰/۰۸۵^{a}	۱/۵۶۳^{cde}	۱/۶۷۹^{cde}
	G16	۰/۰۸۴^{a}	۱/۶۰۱^{a}	۱/۶۸۷^{ab}
	G17	۰/۰۷۸^{a}	۱/۵۹۹^{a}	۱/۶۸۸^{a}
	G18	۰/۰۸۳^{a}	۱/۵۷۴$^{a-e}$	۱/۶۸۲$^{a-e}$
	G19	۰/۰۸^{a}	۱/۵۴۷^{e}	۱/۶۷۷^{e}
LSD (5%)		۰/۰۲۴۴	۰/۰۳۰۹	۰/۰۰۷

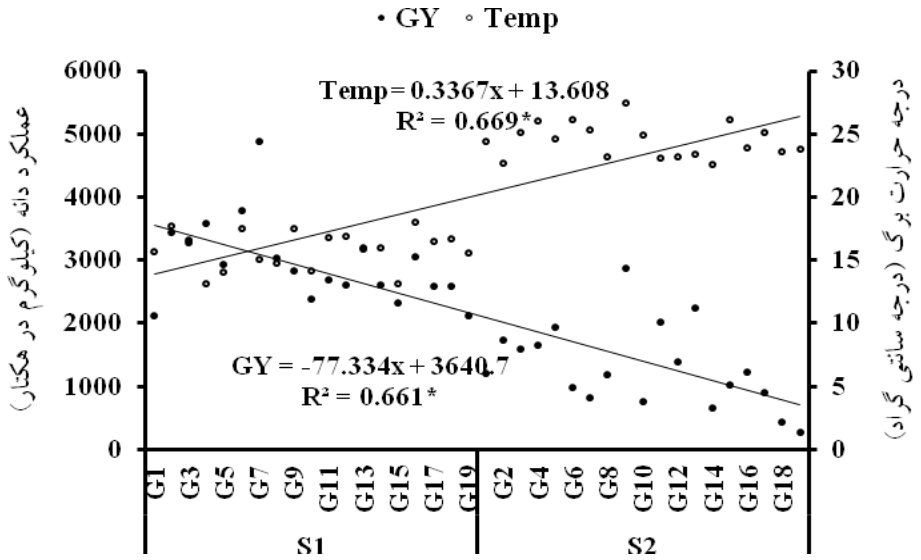
S1 و S2: به‌ترتیب محیط نرمال و تنش خشکی؛ G1 الی G19: به‌ترتیب ژنوتیپ شماره ۱ الی ۱۹. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.

کمترین مقدار پتاسیم دانه از ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۱۷ (به ترتیب ۱/۶۹ و ۱/۶۸ میلی‌گرم بر گرم) حاصل شد (جدول ۷).

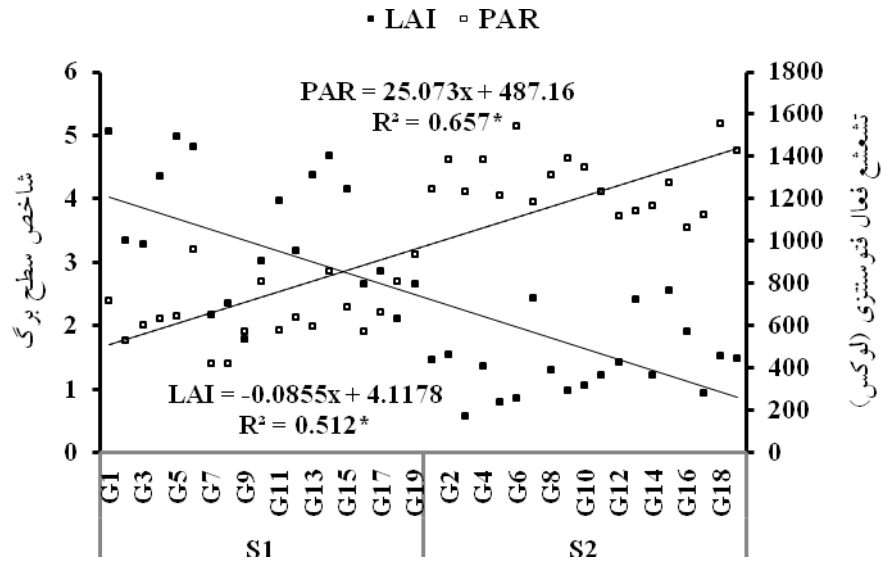
پیش از این، کاهش در جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف از خاک و انتقال عناصر از اندام هوایی به دانه در ذرت (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۲)، کلزا (غلامی و همکاران، ۱۴۰۱)، ریحان (Ghavami *et al.*, 2017)، آویشن باغی (Sharafi *et al.*, 2019)، نخود (باقری و همکاران، ۱۳۹۸) و در سویا (صادقی و همکاران، ۱۳۹۹) گزارش شده است.

روند تغییرات عملکرد دانه، درجه حرارت برگ، شاخص سطح برگ و شدت نور کف سایه‌انداز: روند تغییرات عملکرد دانه و شاخص سطح برگ سویا در سطوح مختلف اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ از یک رابطه خطی معنی‌دار (به‌ترتیب $R^2= 0.661^*$ و $R^2= 0.512^*$) و منفی پیروی نمود، بطوریکه با اعمال تنش خشکی کاهش یافت (به‌ترتیب شکل‌های ۱ و ۲)؛ اما روند تغییرات درجه حرارت برگ و شدت نور کف سایه انداز نشان داد که از یک رابطه خطی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]



شکل ۱- روند تغییرات عملکرد دانه (GY) و درجه حرارت برگ (Temp) در سطوح مختلف اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ سویا. G1 الی G19: به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱ الی ۱۹؛ S1 و S2: به‌ترتیب محیط‌های بدون تنش خشکی و تنش خشکی



شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) و تشعشع فعال فتوسنتزی کف سایه‌انداز (PAR) در سطوح مختلف اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ سویا. G1 الی G19: به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱ الی ۱۹؛ S1 و S2: به‌ترتیب محیط‌های بدون تنش خشکی و تنش خشکی

معنی‌دار (به‌ترتیب $R^2= 0.669^*$ و $R^2= 0.657^*$) ولی مثبت تبعیت نمود (شکل ۲). بیشترین عملکرد دانه در شرایط نرمال رطوبتی از ژنوتیپ شماره ۷ (۴۸۹۴ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط تنش خشکی از ژنوتیپ شماره ۹ (۲۸۷۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (شکل ۲).

این نتایج نشان می‌دهد که کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

سویا ناشی از تنش خشکی از یک سو به‌دلیل افزایش درجه حرارت برگ است که خود ناشی از کاهش محتوی آب گیاه (خلیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶؛ رفیعی، ۱۳۹۳) است و از سوی دیگر کاهش شاخص سطح برگ و افزایش شدت نور کف سایه‌انداز یعنی کاهش جذب نور و در نتیجه فتوسنتز است. رابطه خطی قوی میان عملکرد دانه با شاخص سطح برگ و همچنین درصد جذب نور در سایه‌انداز ذرت در زمان گل‌دهی گزارش شده است (رفیعی، ۱۳۹۳). نتایج تحقیقات مختلف نیز حاکی از کاهش شاخص سطح برگ (عیسی‌زاده پنجعلی خرابسی، ۱۳۹۱؛ Ribas-Carbo *et al.*, 2005)، افزایش شدت نور کف سایه‌انداز (Basal and Szabo, 2020; Daryanto *et al.*, 2020)، افزایش درجه حرارت برگ (خلیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶؛ Zandalinas *et al.*, 2018) و کاهش عملکرد دانه (پورموسوی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Basal and Szabo, 2020; Dong *et al.*, 2019; Mc callum *et al.*, 2000) در گیاه سویا در اثر تنش خشکی است، که با یافته‌های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مشخص گردید اگر چه گیاه حساس به تنش خشکی سویا با افزایش آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز سعی در تعدیل تنش خشکی با دفاع آنتی‌اکسیدانی نمود، اما تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقدار فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی و مقدار فسفر و روی در دانه گردید. میان ژنوتیپ‌ها از نظر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، دفاع آنتی‌اکسیدانی و مقدار عناصر غذایی ضروری در اندام هوایی و دانه، شاخص سطح برگ، درجه حرارت برگ، جذب تشعشع و عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت، که این اختلافات مربوط به‌تفاوت‌های ژنتیکی است. مطالعه روند تغییرات نشان داد که تنش خشکی از یک سو با کاهش محتوی آب گیاه که با افزایش درجه حرارت برگ نمایان گشت، کارخانه فتوسنتزی گیاه یعنی رنگیزه‌ها را تخریب نمود و جذب عناصر را کاهش داد و از سوی دیگر با کاهش شاخص سطح برگ موجب هدر رفت تشعشع فعال فتوسنتزی شد و در نهایت عملکرد دانه کاهش یافت. در مجموع، براساس میزان تولید دانه، ژنوتیپ شماره ۷ برای شرایط بدون تنش خشکی و ژنوتیپ شماره ۹ برای شرایط تنش خشکی تحت شرایط اقلیمی معتدل مانند خرم‌آباد پیشنهاد می‌شود.

منابع

باقری، عظیمه، سیادت، عطااله، کوچک‌زاده، احمد، مرادی تلاوت، محمدرضا، و رفیعی، مسعود (۱۳۹۸). پاسخ فیزیولوژیک ارقام نخود به آبیاری تکمیلی و استفاده از پلیمر سوپر جاذب در شرایط کشت دیم. *به زراعی کشاورزی*، ۲۱(۳)، ۲۷۳-۲۵۹. https://doi.org/10.22059/jci.2019.277271.2178

بیات، سمیه، و سپهری، علی (۱۳۹۳). اثر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ماده خشک ذرت در شرایط تنش خشکی. *مجله تحقیقات غلات*، ۴، ۱۲۷-۱۳۹. DOR: 20.1001.1.22520163.1393.4.2.4.0

پورموسوی، سید محمود، گلوی، محمد، دانشیان، جهانفر، قنبری، احمد، بصیرانی، نصراله، و جنوبی، پریسا (۱۳۸۸). تأثیر کود دامی بر عملکرد کمی و کیفی لاین L17 سویا در شرایط تنش خشکی. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۰(۱)، ۱۳۳-۱۴۵. DOR: 20.1001.1.20084811.1388.40.1.14.6

حشمتی، سیاوش، امینی دهقی، مجید، و فتحی امیرخیز، کیوان (۱۳۹۵). بررسی اثر کود شیمیایی و زیستی فسفر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی صفات بیوشیمیایی گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. *نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۶، ۲۰۳-۲۱۳. https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.19.203

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

حیدری، مریم، طالعی، علی‌رضا، و عباسی، علی‌رضا (۱۳۹۷). بررسی تأثیر تنش خشکی بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده در ژنوتیپ‌های لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۹(۱)، ۲۷-۱۱. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.209308.654148

خلیل‌زاده، راضیه، سید شریفی، رئوف، و جلیلیان، جلال (۱۳۹۶). تأثیر سایکلوسل و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط محدودیت آبی. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۶(۲۱)، ۲۶۶-۲۴۷. DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.2.4

رفیعی، مسعود، کریمی، محمد مهدی، نورمحمدی، قربان، و نادیان، حبیب‌اله (۱۳۸۲). اثرات تنش خشکی، مقادیر فسفر و روی بر توزیع عمودی سطح برگ، نفوذ نور در سایه‌انداز و رابطه آنها با عملکرد دانه ذرت. *مجله علوم زراعی ایران*، ۵(۱)، ۳۵-۲۲. https://civilica.com/doc/1481997

رفیعی، مسعود (۱۳۹۳). ذرت (مجموعه مقالات- جلد اول)، انتشارات سروا ۲۴۴ صفحه.

زاده باقری، مسعود، جوانمردی، شورانگیز، علیزاده، امید، و مجتبی کامل منش، محمد (۱۳۹۳). اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا قرمز. *نشریه اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۶(۱۸)، ۲-۱۱. DOR: 20.1001.1.20085958.1393.6.18.1.0

زارع، مهدی، زینالی خانقاه، حسن، و دانشیان، جهانفر (۱۳۸۳). ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی. *مجله علوم کشاورزی ایران*، ۳۵(۴)، ۸۵۹-۸۶۷. https://www.sid.ir/paper/439084/fa

شرفی، قدرت‌اله، چنگیزی، مهدی، رفیعی، مسعود، گماریان، مسعود، و خاقانی، شهرام (۱۴۰۰). اثر تنش خشکی و کود زیستی ورمی کمپوست بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.). *نشریه فرآیند و کارکردهای گیاهی*، ۱۰(۴۴)، ۱۴۷-۱۵۹. DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.8.4

صادقی، لیلی، رفیعی، مسعود، و دانشیان، جهانفر (۱۴۰۰). اثرات تنش خشکی و ریزگرد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک در گیاه سویا (*Glycine max* L.). *نشریه فرآیند و کارکردهای گیاهی*، ۱۰(۴۱)، ۲۶۳-۲۷۷. DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6

عیسی‌زاده پنجعلی خرابسی، جابر (۱۳۹۱). اثر محلول‌پاشی متانول بر ویژگی‌های کمی و کیفی سویا در تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، ایران.

غلامی، مسعود، کوچک‌زاده، احمد، سیادت، عطاءاله، مرادی تلاوت، محمدرضا، و رفیعی، مسعود (۱۴۰۱). سنجش محتوای عناصر غذایی ارقام مختلف کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تأثیر ازتوباکتر و آبیاری. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۳(۱)، ۳۸-۲۷. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.311630.654762

فاطمی‌نژاد، پگاه، لاری یزدی، حسین، و رفیعی، مسعود (۱۳۹۶). اثرات ریزگرد و تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و ترکیبات نیتروژن‌دار ماش. *نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی*، ۳۰(۲)، ۱۹-۳۰. https://doi.org/10.22092/AJ.2018.109025.1109

قربانلی، مه‌لقا، و نیاکان، مریم (۱۳۸۴). بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. *نشریه علوم (دانشگاه خوارزمی)*، ۵(۱-۲)، ۵۳۷-۵۵۰. SID. https://sid.ir/paper/43909/fa

کافی، محمد، و رستمی، مجید (۱۳۸۶). اثر تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن سه ژنوتیپ گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*، ۵(۱)، ۱۳۱-۱۲۱.

کامروا، سمیه، بابائیان جلودار، نادعلی، و باقری، نادعلی (۱۳۹۶). تأثیر تنش خشکی بر صفات کلروفیل و پرولین در ژنوتیپ‌های مختلف سویا (*Glycine max* L.). *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۹، ۱۰۴-۹۵. https://doi.org /10.29252/jcb.9.23.95

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

گلدانی، مرتضی (۱۳۹۱). اثر فواصل آبیاری بر برخی شاخص‌های رشد اکوتیپ‌های ریحان (*Ocimum basilicum* L.). *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۰(۲)، ۴۲۰-۴۱۲. https://doi.org/10.22067/GSC.V10I2.16291

موحدی دهنوی، محسن، مدرس ثانوی، سیدعلی محمد، سروش‌زاده، علی و جلالی، مختار (۱۳۸۳). تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل (SPAD) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی و محلول پاشی روی و منگنز. *نشریه مدیریت بیابان*، ۹(۱)، ۱۰۷-۹۳. https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/444108

میرزایی، ملیحه، معینی، احمد، قناتی، فائزه (۱۳۹۲). اثر تنش خشکی بر میزان پرولین و قندهای محلول گیاهچه‌های کلزا (*Brassica napus* L.). *نشریه زیست‌شناسی ایران*، ۲۶(۱)، ۹۰-۹۸. https://www.sid.ir/paper/21514/fa

Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Ab-dul-Wajid, H. H., & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants, 10*, 1-25. https://doi.org/10.3390/plants10020259

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal, 23*, 112-121. https://www.ijsr.net/archive/v4i11/NOV151021.pdf

Barraclough, P. B. & Kate, J. (2001). Effect of water stress on chloropHyll meter reading in wheat. *Plant Nutrition*, 722-723. https://doi.org/10.1007/0-306-47624-X_350

Basal, O. & Szabo, A. (2020). Physiomorphology of soybean as affected by drought stress and nitrogen application. *Scientifica (Cairo), 2020*. https://doi.org/10.1155/2020/6093836

Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2020). Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: A review. *Agriculture and Water Management, 179*, 18-33.

Dhindsa, R. S., Dhindsa, P., & Thorpe, A. T. (1981). Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decrease levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany, 32*, 93-101. https://doi.org/10.1093/jxb/32.1.93

Dong, S., Jiang, Y., Dong, Y., & Wang, L. (2019). A study on soybean responses to drought stress and rehydration. *Saudian Journal of Biological Science, 26*(8), 2006-2017.

Ghavami, A., Abdossi, V., Rafiee, R., & Khalighi, A. (2017). The effect of mycorrhiza and vermicompost bio-fertilizers on some physiological characteristics of sweet basil plant (*Ocimum basilicum* L.) under the stress condition caused by water deficit. *Ukrainian Journal of Ecology, 7*(4), 325-329. https://doi.org/10.15421/2017-123

Gholdani, M. (2012). Effect of irrigation intervals on some morphophysiological traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research, 10*(2), 412-420. https://doi.org/10.22067/GSC.V10I2.16291

Jabereldar, A. A., El Naim, A. M., Abdalla, A. A., & Dagash, Y. M. (2017). Effect of water stress on yield and water use efficiency of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in semi-arid environment. *International Journal of Agriculture and Forestry, 7*(1), 1-6. https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20170701.01

Jithesh, M. N., Prashanth, S. R., Sivaprakash, K. R., & Parida A. K. (2006). Antioxidative response mechanisms in halophytes: Their role in stress defense. *Journal of Genetics, 85*, 237-254. https://link.springer.com/article/10.1007/BF02935340

Lawlor, D. W. & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell and Environment, 25*, 275-294. https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x

Khan, N. A., Shabian, S., Masood, A., Nazar, A., & Iqbal, N. (2010). Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology, 1*, 1-8. https://doi.org/10.4081/pb.2010.e1

Mae-Adam, J. W. & Nelson Sharp, C. J. (1992). Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall Fese Ue. *Journal of Plant Physiology*, 99, 872-878. https://doi.org/10.1104/pp.99.3.872

Mc Callum, M. H., Peoples, M. B., & Connor, D. J. (2000). Contribution of nitrogen by field pea (*Pisum sativum* L.) in a continuous cropping sequence compared with lucene (*Medicago sativa* L.) based pature ley in the Victorian Wimmera. *Austrelian Journal of Agricultural Research*, 51, 13-22. https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/6977210

Moosavi, S. G., Seghatoleslami, M. J., Javadi, H., & Ansari-nia, E. (2011). Effect of irrigation intervals and planting patterns on yield and qualitative traits of forage Sorghum. *Advances in Environmental Biology, 5*(10), 3363-3368. https://www.researchgate.net/publication/287244676

Naresh, R. K., Purushottam, S. P., Dwivedi, A., & Kumar, V. (2013). Effects of water stress on physiological processes and yield attributes of different *mungbean* (L.) varieties. *African Journal of Biochemistry Researc, 7*(5), 55-62. https://worldveg.tind.io/record/49811?ln=en

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

Oqba, B. (2017). The effects of drought stress on soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth, physiology and quality – Review. *Acta Agrar Debreceniensis, 72*. https://doi.org/10.34101/actaagrar/72/1576

Ribas-Carbo, M., Taylor, N., Giles, L., Busquets, S., Finnegan, P. M., Day, D. A., Lambers, H., Medrano, H., Berry, J. A., & Flexas, J. (2005). Effects of water stress on respiration in Soybean leaves. *Plant Physiology, 139*, 466-473. https://doi.org/10.1104/pp.105.065565

Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2007). Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. ICARDA.

Sharafi, Gh. A., Changizi, M., Rafiee, M., Gomarian, M., & Khagani, Sh. (2019). Investigating the effect of drought stress and vermicompost biofertilizer on morphological and biochemical characteristics of *Thymus vulgaris* L. *Archives of Pharmacy Practice, 10*(3), 137-145. https://archivepp.com/issue/archiveapp-vol10-iss3

Tian, X. & Li, Y. (2006). Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. *Biological Plantarum, 50* (4), 775-778. https://doi.org/10.1007/s10535-006-0129-7

Zandalinas, S., Mittler, R., Balfagon, D., Arbona, V., & Gomez-Cadenas, A. (2018). Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiology of Plant, 162*(1), 2-12. https://doi.org/10.1111/ppl.12540

Zhang, L., Vander Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., & Spiertz, J. H. (2008). Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research, 107*, 29-42. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.12.014

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

Investigating some biochemical and morpho-physiological reactions of soybean genotypes to drought stress in summer cultivation

Saeed Amiri[1], Masoud Rafiee[2*], Jahanfar Daneshian[3], Ali Khorgamy[1]

[1] Department of Agronomy and Plant Breeding, Khorramabad branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran
[2] Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran
[3] Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran
(Received: 2023/01/23, Accepted: 2023/08/15)

Abstract

Drought stress is the main factor in reducing production and the area under soybean cultivation. In order to investigate the effect of drought stress on the biochemical and morphophysiological characteristics of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill], an experiment was conducted with 19 soybean genotypes in two environments without drought stress (watering weekly) and drought stress (watering every 10 days) in the form of a randomized complete block design with three replications in Khorramabad in the summer of 2017. The results of the analysis of variance showed that drought stress decreased the amount of chlorophylls a, b, a+b and a/b (66.6%, 37.2%, 53.8% and 43.9%, respectively); decreased the amount of phosphorus, potassium, iron and zinc in aerial parts (39.7, 69.8, 24.4 and 38.4 percent, respectively) and decreased the amount of phosphorus and zinc in seeds (0.10 and 7.2 percent, respectively), but it resulted in an increase in peroxidase and catalase of the shoot (0.15 and 47.6 percent, respectively) and an increase in the amount of potassium and iron in the seed (11.8 percent and 4.7 percent, respectively). Among the genotypes, the highest amount of aerial organ chlorophyll a was obtained from genotype number 1 and the lowest amount was obtained from genotype number 16. The comparison of the means by the cutting method showed that in the normal environment, the highest amount of aerial organ peroxidase was obtained from genotypes No. 8 and 9 and the lowest was obtained from genotype No. 19. While, in the stress environment, the highest amount of aerial organ peroxidase was obtained from genotypes number 6 and 15 and the lowest from genotype number 8. The trend of changes in grain yield and soybean leaf area index at different levels of the interaction effect of drought stress and genotype followed a significant and negative linear relationship, but the trend of changes in leaf temperature and shade floor light intensity followed a significant but positive linear relationship. In general, based on the amount of seed production, genotype number 7 is recommended for conditions without drought stress and genotype number 9 for drought stress conditions under moderate climatic conditions such as Khorramabad.

Keywords: Dehydration stress, Photosynthetic pigments, Antioxidant enzymes, Leaf temperature, Essential elements

Corresponding author, Email: rafieemasoud@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]