مقاله پژوهشی

اثرات تنش خشکی و ریزگرد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک در گیاه سویا (*Glycine max* L.)

لیلی صادقی[۱]، مسعود رفیعی*[۲]، جهانفر دانشیان[۳]

[۱] گروه زراعت، گروه کشاورزی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، [۲]بخش تحقیقات زراعی، باغی و چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد [۳] مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۷/۲۹)

چکیده

خشکسالی‌های اخیر علاوه بر ایجاد تنش خشکی موجب بروز پدیده ریزگرد به‌ویژه در غرب کشور شده است. تأثیر تنش خشکی و ریزگرد بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاه سویا (*Glycine max* L.) رقم کوثر در آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی به‌صورت کرت‌های خردشده با چهار تکرار در کشت تابستانه طی دو سال مورد بررسی قرار گرفت. تنش خشکی از طریق آبیاری پس از ۶۰ (آبیاری مطلوب)، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس الف به‌عنوان عامل اصلی و پاشش ریزگرد در سه سطح عدم کاربرد (شاهد) و کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در متر مکعب هوا به‌صورت شبیه‌سازی در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش خشکی شدید موجب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل‌های a و b، کاتالااز اندام هوایی و ریشه، میزان نور کف سایه‌انداز، محتوی نسبی آب برگ پرچم، ارتفاع بوته، اجزای عملکرد دانه و عملکرد دانه (از ۲۶۵۳ به ۱۱۶۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار شاهد شد، ولی تنش خشکی شدید قندهای محلول، پرولین، پراکسیداز اندام هوایی و ریشه و درجه حرارت برگ (از ۱۸/۴ به ۲۷/۶ درجه سانتی‌گراد) را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. اگرچه اثر ریزگرد بر هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نشد، لیکن با افزایش غلظت ریزگرد به‌طور خطی از عملکرد دانه کاسته و بر محتوی پرولین افزوده شد. در مجموع چنین استنباط شد که تنش خشکی تولید سویا را کاهش معنی‌داری داد، لیکن نشست کم ریزگرد روی برگ‌های سویا به‌دلیل مومی‌بودن برگ‌ها آسیب جدی به سیستم فتوسنتزی گیاه و درنهایت تولید دانه وارد ننمود.

کلمات کلیدی: صفات فیزیولوژیک، عملکرد، درجه حرارت برگ، محتوی نسبی آب

مقدمه

کمبود آب مشکل بزرگی است که تولید گیاهان زراعی در اراضی زراعی دنیا از جمله ایران را شدیداً کاهش می‌دهد (Mahajan and Tuteja, 2005). 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).

تنش کمبود آب روی فرایندهای رشدونمو مؤثر است که به‌صورت تغییرات بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بروز می‌کند (Parida and Das, 2005; Wang *et al.*, 2001).

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

اما مکانیسم‌های دفاعی متعددی در گیاهان وجود دارد که موجب تحمل به تنش کمبود آب می‌شوند؛ همچون تنظیم اسمزی، هومئوستازی یون، سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و هورمونی (Mahajan and Tuteja, 2005) که به بقا و رشد گیاهان تحت شرایط محیطی شدید پیش از مرحله رشد زایشی‌شان کمک می‌کنند. این مکانیسم‌های دفاعی در گیاهان حساس ضعیف‌ترند و سبب کاهش رشد و عملکرد می‌شود (Cha-um and Kirdmanee, 2009).

تنش خشکی موجب ایجاد رادیکال‌های فعال اکسیژن در اثر تنش اکسیداتیو می‌شود که این رادیکال‌ها بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی اثر گذاشته و همچنین موجب پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی می‌شوند (Amini and Haddad, 2013) و درنتیجه بر نشت الکترولیت اثر سوء می‌گذارند. محتوی نسبی آب نیز با میزان آب خاک تغییر می‌کند (Harmut and Babani, 2000). پیش از این نیز کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی a، b و کل محتوی نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ، نشت الکترولیت و عملکرد سورگوم ناشی از تنش خشکی را گزارش شده است (Karimi *et al.*, 2016). بررسی صفاتی نظیر پایداری فعالیت‌های آنزیم‌های فتوسنتزی، رطوبت نسبی برگ و غلظت کلروفیل در شناخت ارقام متحمل به خشکی گیاهان زراعی مؤثر است (احمدی و سی و سه‌مرده، ۱۳۸۴). تنش خشکی سبب کاهش رطوبت نسبی برگ و پایداری غشای سلولی برگ ارقام سویا می‌شود (Munns, 2002). در یک پژوهش مشخص شد که تنش خشکی، تخریب غشاهای سلولی در برگ ذرت و درنتیجه کاهش رشد رویشی ذرت را به‌دنبال داشت (Valentovic *et al.*, 2004). همچنین در آزمایشی تنش خشکی ملایم (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر) سبب افزایش غلظت کلروفیل a و b برگ سویا شد، اما در تنش شدید خشکی (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) غلظت کلروفیل برگ نیز کاهش یافت (پورموسوی و همکاران، ۱۳۸۶). کاهش در غلظت کلروفیل a و b و کاهش فتوسنتز تحت اثر تنش خشکی از دلایل کاهش سطح برگ و رشد رویشی سویا عنوان شده است (Ghorbanli and Niakan, 2006). مشاهده شده است که تنش خشکی به‌دلیل کاهش غلظت کلروفیل و هدایت روزنه‌ای، کاهش فتوسنتز ارقام سویا را در پی داشت (Ohashi *et al.*, 2000). تنش خشکی با افزایش میزان تنفس برگ سویا رشد و عملکرد دانه سویا را تحت اثر قرار داد (Ribas-Carbo *et al.*, 2005).

با کاهش رطوبت خاک، مقدار پرولین برگ‌ها افزایش می‌یابد و نقش کلیدی در تنظیم اسمزی بازی می‌نماید (Ghorbanli and Niakan, 2006; Cha-um and Kirdmanee, 2009). تنظیم اسمزی یک فرآیند فیزیولوژیک است که در طی آن گیاه با انباشت یک‌سری مواد اسمزی مانند پرولین و قندهای محلول در سلول‌ها ناشی از کاهش نیاز به مواد فتوسنتزی به‌دلیل کاهش رشد (Ehdaie *et al.*, 2006)، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش را کاهش می‌دهد تا فشار تورژسانس سلول‌ها در حد مطلوب باقی بماند (Bahramichegeni *et al.*, 2013).

زارع و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی واکنش ارقام و لاین‌های سویا به تنش خشکی مشاهده نمودند تنش خشکی با اثر منفی بر وزن دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه فرعی سبب کاهش عملکرد دانه سویا شد. فرهودی و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و بنیه بذر پنج رقم سویا گزارش نمودند که در شرایط تنش خشکی شدید شاخص تحمل خشکی ارقام ویلیامز، چارلستون، سحر، هامیلتون و صفی‌آباد به‌ترتیب ۰/۷۰، ۰/۵۹، ۰/۴۲، ۰/۳۲ و ۰/۳۵ بود. تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه شد و در شرایط تنش خشکی شدید، بیشترین عملکرد دانه سویا در رقم ویلیامز به‌میزان ۱۱۲/۲ گرم در متر مربع و کمترین مقدار عملکرد دانه در ارقام همیلتون و صفی‌آباد به مقدار ۸۳/۸ و ۸۲/۱ گرم دانه در مترمربع مشاهده شد.

ریزگردها از آلاینده‌های مهم بوده و نقش به‌سزایی در سلامت انسان و رشد گیاه دارد. این پدیده طبیعی که طی سال‌های اخیر شدت یافته، عمدتاً در کشور عراق و در مناطق غربی ایران حادث می‌شود و موجب خسارت می‌گردد (Marsafari *et al.*, 2011). ارتفاع ریزگرد در شهرستان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

خرم‌آباد تا ۱۰۰۰ کیلومتر معادل ۱۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب هوا گزارش شده است و بخش عمده ذرات تشکیل‌دهنده ریزگردهای منطقه ذرات رس است (Anonymous, 2016). کدرشدن هوا ناشی از ریزگردها موجب کاهش مستقیم و غیرمستقیم تشعشع فعال فتوسنتزی می‌شود (Meywerk and Ramanathan, 2002). میان کربن آلی ثانویه در مناطق با کشاورزی متراکم و ریزگردها ارتباط وجود دارد، زیرا ریزگردها حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد کربنه هستند (Li *et al.*, 2013). کاهش تبادل روزنه‌ای و افزایش دمای درونی برگ‌ها و کاهش گذر نور به سمت برگ‌ها، حل‌شدن جزئی املاح نشت کرده بر روی برگ و ایجاد برگ سوزی موضعی به‌ویژه در محل روزنه‌های برگ، همگی در زمره تأثیرات ثانویه هستند (Shomaili, 2012). در بررسی اثر ریزگرد (شستشو و عدم شستشوی برگ) بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم نشان داده شده است که تیمار عدم شستشوی برگ به‌دلیل خسارت ریزگرد موجب تأثیر معنی‌دار و منفی بر خصوصیات فیزیولوژیک و رشدی و درنهایت عملکرد دانه گندم دارد (Shahbazi *et al.*, 2016).

یکی از مشکلات اصلی در استان لرستان همانند دیگر مناطق، کاهش سطح آب‌های زیر زمینی و حتی خشک‌شدن بسیاری از چاه‌ها در اثر مصرف زیاد آب برای زراعت‌هایی همچون سویا است. علاوه بر کمبود آب، پدیده ریزگرد نیز همزمان با دوره رشد سویا در منطقه حادث می‌شود، لذا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر توأم تنش خشکی و ریزگرد بر خصوصیات فیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه در گیاه سویا انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار در تابستان سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در شهرستان خرم‌آباد با ۳۳ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۱۱۷۱ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. مشخصات هواشناسی طی دو سال اجرای آزمایش براساس آمار ایستگاه هواشناسی خرم آباد در جدول ۱ ارائه گردیده است. طبق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه خرم آباد دارای اقلیم نیمه گرمسیری با تابستان گرم و خشک است.

در این آزمایش عامل اصلی تنش خشکی شامل آبیاری پس از ۶۰ (I60، آبیاری مطلوب)، ۹۰ (I90) و ۱۲۰ (I120) میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس الف و عامل فرعی ریزگرد شامل سه سطح شاهد (A0، بدون کاربرد ریزگرد) و کاربرد ۵۰ (A50) و ۱۰۰ (A100) میلی‌گرم در متر مکعب ریزگرد در هوا از منبع رس (شبیه‌سازی) بود، زیرا حداکثر غلظت ریزگرد در شهرستان خرم آباد تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب هوا گزارش شده است که عمدتاً شامل ذرات رس است (Anonymous, 2016). قطعه زمین مورد آزمایش سال قبل آزمایش بود. عملیات آماده‌سازی زمین در بهار هر سال صورت گرفت. بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی بود و بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) مقدار ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌صورت یکنواخت پاشیده شد و به‌وسیله دیسک سبک مخلوط گردید. آنگاه 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 عملیات زراعی مطابق معمول منطقه و براساس توصیه‌های تحقیقاتی انجام پذیرفت.

عملیات کاشت بذر گیاه زراعی سویا رقم کوثر به‌صورت دستی و در وسط شیار ایجادشده روی هر پشته و به عمق حدود ۵ سانتی‌متر در هفته اول تیرماه انجام شد. در مرحله ۳ تا ۵ برگی حقیقی عملیات تنک‌کردن 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 متر مربع بدست آمد. پس از عمل تنک، بقیه کود نیتروژنه به میزان ۵۰ کیلوگرم کود اوره به‌صورت سرک بین ردیف‌های کاشت پاشیده شد و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

جدول ۱- آمار هواشناسی سال‌های اجرای آزمایش (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶)

ماه- سال	بارندگی	دمای حداکثر مطلق	دمای حداقل مطلق	دمای متوسط	دمای حداکثر	دمای حداقل
	(میلی‌متر)	(درجه سانتی‌گراد)				
تیر ماه ۱۳۹۵	۰/۰	۴۳/۴	۱۴/۳	۲۹/۵	۴۰/۰	۱۹/۰
مرداد ماه ۱۳۹۵	۰/۰	۴۳/۴	۱۶/۵	۳۰/۲	۴۰/۲	۲۰/۲
شهریور ماه ۱۳۹۵	۰/۰	۴۰/۸	۳۹/۶	۲۶/۳	۳۷/۰	۱۵/۷
مهر ماه ۱۳۹۵	۰/۰	۳۳/۴	۷/۲	۱۹/۸	۲۹/۹	۹/۷
تیر ماه ۱۳۹۶	۰/۰	۴۴/۰	۱۳/۱	۳۰/۴	۴۰/۷	۲۱/۸
مرداد ماه ۱۳۹۶	۰/۰	۴۴/۲	۱۷/۷	۳۱/۶	۴۱/۵	۲۱/۸
شهریور ماه ۱۳۹۶	۰/۰	۴۲/۷	۱۴/۷	۲۸/۸	۳۹/۲	۱۸/۵
مهر ماه ۱۳۹۶	۰/۰	۳۵/۷	۴/۶	۲۰/۴	۲۹/۹	۱۱/۰

جدول ۲- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

خصوصیات	سال اول	سال دوم
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۹/۲	۱۱/۳
پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۸۵	۳۱۵
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۱۳	۰/۲۸
نیتروژن (درصد)	۰/۳۸	۰/۳۹
اسیدیته	۷/۴	۷/۳
کربن آلی (درصد)	۰/۹۵	۰/۹۷
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۱/۳	۱۰/۲
منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۷/۱	۷/۳
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۳۰	۰/۲۸
مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۹۲	۰/۶۵

زمین آبیاری گردید. عمل وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی و توسط کارگر بسته به نیاز صورت گرفت.

اعمال تیمارهای تنش خشکی بعد از استقرار کامل بوته‌ها در مرحله ۴ برگی حقیقی آغاز شد. درصد رطوبت خاک در فواصل زمانی بین دو آبیاری اندازه‌گیری و زمان آبیاری با توجه به سطوح مختلف تیمار تنش خشکی تعیین شد. میزان آب آبیاری با استفاده از درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه (۲۷ درصد) و زمان آبیاری با توجه به حداکثر عمق نفوذ ریشه در خاک محاسبه گردید. میزان آب داده‌شده به هر کرت براساس توزیع آب با راندمان ۹۰ درصد با پمپ آب کنترل شد.

پخش ریزگرد روی گیاهان زراعی به‌صورت شبیه‌سازی طی ۶ مرحله به‌صورت هفتگی از اواخر تیرماه پس از استقرار گیاه و همزمان با اعمال تیمار تنش خشکی انجام شد. از آنجا که افزایش سطح آلاینده‌ها در هوای خرم آباد هر سال از اردیبهشت تا آبان ماه می‌باشد، لذا میزان ریزگرد براساس اوج آلودگی تا ارتفاع ۱۰۰۰ متر و آلودگی متوسط یعنی به‌ترتیب ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر مترمکعب در نظر گرفته شد. ریزگرد از منبع خاک رس که بنا بر اظهارات سازمان محیط زیست لرستان عمده‌ترین ذره تشکیل‌دهنده ریزگردها در منطقه است، انتخاب و اعمال گردید. اعمال تیمار ریزگرد با استفاده دستگاه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

گوگردپاش دستی و به‌صورت هدایت‌شده انجام شد. بدین منظور قبل از پخش ریزگرد، اطراف هر کرت فرعی با استفاده از ورق‌های سبک یونولیت محصور می‌شد تا از نشت ریزگرد به کرت‌های مجاور ممانعت به‌عمل آید.

نمونه‌هایی از برگ‌های جوان گیاه در مرحله گل‌دهی از دو بوته از ردیف‌های میانی هر کرت با رعایت حاشیه جهت انجام آنالیزهای بیوشیمیایی تنها در سال اول اجرای آزمایش جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید و رنگیزه‌های فتوسنتزی و ترکیبات اسمزی روی آنها اندازه‌گیری گردید. سنجش میزان کلروفیل به روش Arnon (۱۹۴۹)، قندهای محلول به روش Kochert (۱۹۷۸) و پرولین به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) صورت گرفت. در هر سال در مرحله گلدهی، محتوی نسبی آب برگ پرچم (Efeoglu *et al.*, 2009)، شدت نور کف سایه‌انداز و درجه حرارت برگ گیاهی توسط دماسنج تفنگی مدل Gun 2-ds ساخت کشور سوئیس روی برگ پرچم پنج بوته از هر کرت اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت ۱۰ بوته از هر کرت با رعایت حاشیه انتخاب و اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه اندازه‌گیری گردید. همچنین 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.

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 سال اول اجرای آزمایش نشان داد که کلروفیل‌های a و b به‌طور معنی‌داری تنها تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند (جدول ۳) و با افزایش شدت تنش خشکی کاهش معنی‌داری نشان دادند و به‌ترتیب از ۰/۰۱۹ و ۰/۰۰۹ در شرایط نرمال آبیاری به ۰/۰۰۷ و ۰/۰۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در تیمار I120 رسید (جدول ۴). تنش آبی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود (Wang *et al.*, 2001). کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی در اثر تنش خشکی در جو (Amini and Haddad, 2013) و سورگوم (Moseki and Dintwe, 2011) نیز گزارش شده است.

ریزگرد و اثر متقابل تنش خشکی در ریزگرد تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل‌ها نداشت (جدول ۳). این نتایج با اظهارات برخی محققین (Shomaili, 2012) مبنی بر خسارت ریزگرد بر بافت‌های سبز و درنتیجه کاهش رشد و تولید گیاه مطابقت نداشت، زیرا ریزگرد چندان قادر به نشستن بر روی برگ‌های سویا به‌دلیل وجود لایه مومی روی آنها (Kazemi Arbat, 2005) در این آزمایش نبود. بنابراین، شبیه‌سازی پدیده ریزگرد تنها از منبع خاک رس به‌عنوان مهم‌ترین جزء تشکیل دهنده ریزگرد در منطقه، موجب آسیب به سیستم فتوسنتزی گیاه سویا نگردید.

کلروفیل a مهم‌ترین رنگیزه فتوسنتزی است که در فتوسنتز به‌طور مستقیم نقش دارد. تغییرات میزان کلروفیل a در اندام هوایی تنها تحت تأثیر عامل محیط قرار گرفت. تنش آبی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود (Wang *et al.*, 2001). پیش از این، کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی در اثر تنش خشکی در لوبیا قرمز (Zadeh-Bagheri *et al.*, 2014)، سویا (Ghorbanli and Niakan, 2006) و ماش (Gholdani, 2012; Naresh *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است. کامروا و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی اثر تنش خشکی (شاهد یا آبیاری در تمام مراحل رشد به‌طور منظم، تنش شدید در مرحله رشد رویشی، تنش شدید در مرحله گل‌دهی، تنش شدید در مرحله غلاف‌دهی، تنش شدید در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و تنش ملایم در تمام مراحل رشد) بر کلروفیل و پرولین ۸ ژنوتیپ سویا مشاهده نمودند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در میزان رنگریزه فتوسنتزی کلروفیل (شامل کلروفیل a، b و کل) و افزایش معنی‌داری در میزان اسیدآمینه پرولین شد.

ترکیبات اسمزی: اثر تنش خشکی بر میزان پرولین و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی سویا در سال اول

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیل b	پرولین	قندهای محلول غیرساختاری
تکرار	۳	۰/۰۰۰۰۳ **	۰/۰۰۰۰۵ **	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۲ **
تنش خشکی	۲	۰/۰۰۰۰۷۱ **	۰/۰۰۰۰۷۳ **	۰/۰۰۰۳۱ **	۰/۰۰۳ **
خطای ۱	۶	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۲
ریزگرد	۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳
تنش خشکی × ریزگرد	۴	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۶
خطای ۲	۱۸	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۲
ضریب تغییرات	%	۸/۸۵	۴/۷۱	۲/۴۲	۵/۵۵

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۳-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		پراکسیداز اندام هوایی	پراکسیداز ریشه	کاتالاز اندام هوایی	کاتالاز ریشه
تکرار	۳	۰/۰۰۲۶ *	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶ **	۰/۰۰۰۰۰۷
تنش خشکی	۲	۰/۰۰۶۵ *	۰/۰۰۰۵ **	۰/۰۰۰۷۲ **	۰/۰۰۰۰۸۳ **
خطای ۱	۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۱
ریزگرد	۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۲
تنش خشکی × ریزگرد	۴	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱۳ **	۰/۰۰۰۰۰۴
خطای ۲	۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات	%	۳/۷۱	۱۱/۰۷	۴/۲۲	۱/۷۶

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

قندهای محلول غیرساختاری اندام هوایی معنی‌داری بود (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی بر میزان پرولین و قندهای محلول غیرساختاری اندام هوایی به‌طور معنی‌داری افزوده شد. بیشترین میزان پرولین و قندهای محلول غیرساختاری اندام هوایی (به‌ترتیب ۰/۰۶۳ و ۴/۹۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در تیمار I120 مشاهده شد و کم‌ترین آنها (به‌ترتیب ۰/۰۳۵ و ۲/۶۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در شرایط نرمال آبیاری به‌دست آمد (جدول ۴).

تنظیم اسمزی یک فرآیند فیزیولوژیک است که در طی آن گیاه با انباشت یک‌سری مواد اسمزی مانند پرولین و قندهای محلول در سلول‌ها، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش را کاهش می‌دهد تا فشار تورژسانس سلول‌ها در حد مطلوب باقی بماند (Bahramichegeni *et al.*, 2013). افزایش محتوای قند ممکن است ناشی از کاهش نیاز به مواد فتوسنتزی به‌دلیل کاهش رشد باشد (Ehdaie *et al.*, 2006). تجمع پرولین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی سویا در سطوح مختلف تنش خشکی در سال اول

تنش خشکی	کلروفیل a	کلروفیل b	پرولین	قندهای محلول غیرساختاری	پراکسیداز اندام هوایی	پراکسیداز ریشه	کاتالاز اندام هوایی	کاتالاز ریشه
	(میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)							
I60	۰/۰۱۷^{a}	۰/۰۱۲۴^{a}	۰/۲۵^{c}	۲/۳۸^{c}	۰/۳۳^{c}	۰/۰۹^{c}	۰/۰۸^{c}	۰/۰۵^{c}
I90	۰/۰۱۱^{b}	۰/۰۰۹۶^{b}	۰/۴۴^{b}	۳/۷^{b}	۱/۲۴^{b}	۰/۱۲^{b}	۰/۱^{b}	۰/۰۸^{b}
I120	۰/۰۰۷^{c}	۰/۰۰۶۵^{c}	۰/۶۶^{a}	۴/۵۶^{a}	۱/۸۶^{a}	۰/۱۶^{a}	۰/۱۱^{a}	۰/۱^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪). I60، I90 و I120 تنش خشکی به‌ترتیب شامل آبیاری پس از ۶۰ (آبیاری مطلوب)، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس الف.

به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی در تنظیم اسمزی گیاهان حائز اهمیت است که توسط برخی محققین در سویا (کامروا و همکاران، ۱۳۹۶؛ Ghorbanli and Niakan, 2006)؛ ذرت (Rafiee, 2012; Bai and Sui, 2006) و ماش (Narsh *et al.*, 2013; Fateminejhad *et al.*, 2017; Verbruggen, 2008) گزارش شده است. تجمع قند نیز به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی جهت تنظیم اسمزی در گیاهان ذرت (Rafiee, 2012)، ماش (Naresh *et al.*, 2013; Fateminejhad *et al.*, 2017)؛ جو (امینی و حداد، ۱۳۹۲)؛ سورگوم (Karimi *et al.*, 2016) و سویا (Ghorbanli and Niakan, 2006) گزارش شده است.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: اثر تنش خشکی بر میزان پراکسیداز اندام هوایی و ریشه معنی‌داری بود (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی بر میزان پراکسیداز اندام هوایی و ریشه به‌طور معنی‌داری افزوده شد. کمترین میزان پراکسیداز اندام هوایی و ریشه (به‌ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۰۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در شرایط نرمال آبیاری به‌دست آمد و بیشترین میزان پراکسیداز اندام هوایی و ریشه (به‌ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۱۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در تیمار I120 مشاهده شد (جدول ۴).

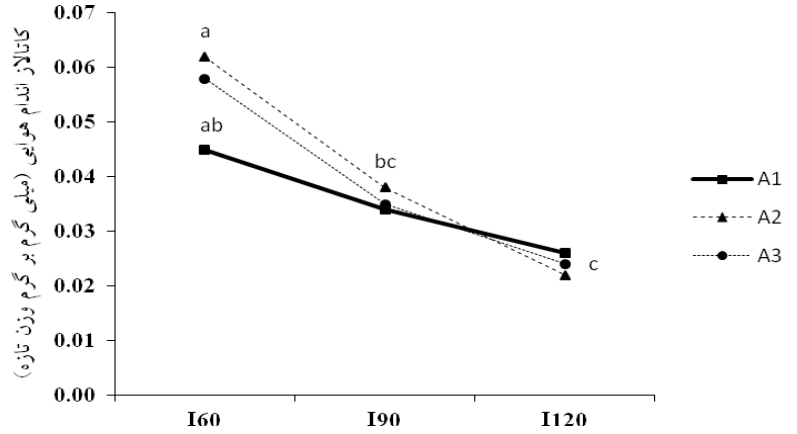
میزان کاتالاز اندام هوایی اختلاف معنی‌داری در سطوح تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی در ریزگرد نشان دادند (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که برخلاف پراکسیداز، با افزایش شدت تنش خشکی از میزان کاتالاز اندام هوایی به‌طور معنی‌داری کاسته شد. بیشترین میزان کاتالاز اندام هوایی (۰/۰۵۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در شرایط نرمال آبیاری مشاهده شد و کمترین میزان کاتالاز اندام هوایی (۰/۰۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در تیمار I120 به‌دست آمد (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثرمتقابل تنش خشکی در ریزگرد نشان داد که روند تغییرات میزان کاتالاز اندام هوایی در سطوح تنش خشکی در شرایط عدم کاربرد ریزگرد نسبت به شرایط کاربرد ریزگرد کمتر بود. بیشترین میزان کاتالاز اندام هوایی (۰/۰۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در شرایط نرمال آبیاری و کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در مترمکعب ریزگرد مشاهده شد و کمترین میزان کاتالاز اندام هوایی (۰/۰۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در تیمار I120 و کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در مترمکعب ریزگرد به‌دست آمد (شکل ۱).

میزان کاتالاز ریشه اختلاف معنی‌داری در سطوح تنش خشکی نشان داد (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از میزان کاتالاز ریشه به‌طور معنی‌داری کاسته شد. کمترین میزان کاتالاز ریشه (۰/۰۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در شرایط نرمال آبیاری مشاهده شد و کمترین میزان کاتالاز ریشه (۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در تیمار I120 به‌دست آمد (جدول ۴).

سازوکارهای آنزیمی و غیرآنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو، یکی از سازوکارهای حفاظتی گیاهان در مقابله با تنش خشکی است. فعالیت پراکسیدازها تحت عوامل تنشی مختلف مانند خشکی، سرما، ایجاد زخم، شوری، آلاینده‌های هوا و پاتوژن‌ها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی و ریزگرد بر میزان کاتالاز اندام هوایی در سویا. I60، I90 و I120 تنش خشکی به‌ترتیب شامل آبیاری پس از ۶۰ (آبیاری مطلوب)، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس الف؛ A0، A50 و A100 به‌ترتیب عدم کاربرد ریزگرد و کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در متر مکعب ریزگرد.

افزایش می‌یابد و در هر مورد عمل حفاظتی خاص را انجام می‌دهند. پراکسیدازها در جذب H_2O_2 و پراکسیدازهای آلی که تحت شرایط تنش مختلف تشکیل می‌شوند اهمیت دارد (Tian and Li, 2006). افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در سطوح مختلف خشکی در برنج (Sharma and Dubey, 2005)، ذرت (Rafiee, 2012; Bai and Sui, 2006)، ماش (Naresh *et al.*, 2013; Fateminejhad *et al.*, 2017) و ریحان (بهرامی چگنی و همکاران، ۱۳۹۲) گزارش شده است. در آزمایشی محدودیت آبیاری موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و محتوی پرولین گردید (Khalilzadeh *et al.*, 2016).

محتوی نسبی آب برگ پرچم: اثر تنش خشکی بر محتوی نسبی آب برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود. هیچ‌یک از اثرات ساده و متقابل دیگر بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین دوساله محتوی نسبی آب برگ پرچم نشان داد که بیشترین محتوی نسبی آب برگ پرچم از شرایط نرمال آبیاری با میانگین ۸۴/۰ درصد حاصل شد و در تیمار I120 به ۷۲/۰ درصد کاهش یافت (جدول ۶). پیش از این نیز کاهش محتوی رطوبت نسبی برگ لوبیا بر اثر خشکی گزارش شده است (Costa Franca *et al.*, 2000). بررسی پایداری غشای سلولی یکی از راه‌کارهای شناخت میزان تحمل تنش‌های محیطی از جمله خشکی در گیاهان می‌باشد (Farhoudi, 2007). گزارش شده است که تنش خشکی سبب تخریب شدید غشای سلولی برگ ارقام سویا به‌دلیل کاهش رطوبت نسبی برگ و سطح برگ سویا می‌شود (Munns, 2002).

درجه حرارت سایه انداز: درجه حرارت سایه انداز به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. دیگر اثرات ساده و متقابل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین دوساله درجه حرارت برگ نشان داد که کمترین درجه حرارت سایه انداز از شرایط نرمال آبیاری با میانگین ۱۸/۴ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و در تیمار I120 به ۲۷/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (جدول ۶). تنش خشکی با کاهش محتوی نسبی آب در گیاه موجب افزایش درجه حرارت سایه انداز شد (Khalilzadeh *et al.*, 2016). افزایش دمای برگ ناشی از تنش به بسته‌شدن روزنه‌ها نسبت داده شده است (Zandalinas *et al.*, 2018).

شدت نور کف سایه انداز: تأثیر تنش خشکی در سطح یک درصد بر شدت نور کف سایه انداز معنی‌داری بود. هیچ یک از اثرات ساده و متقابل دیگر بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین دوساله شدت نور کف سایه انداز نشان داد که بیشترین شدت نور کف سایه انداز از تیمار I120

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری‌شده سویا در تابستان سال‌های ۹۶-۱۳۹۵

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		محتوی نسبی آب	درجه حرارت	شدت نور	ارتفاع بوته	تعداد غلاف پر در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۷/۲۱	۵/۶۲	۲۲۳/۴۹	۹۶/۴۵	۲۲/۳	۲/۴	۱۸/۳	۵۶۳۳۵۹
تکرار در سال	۶	۴/۳۵	۴/۳۳	۲۰۹/۵۱	۷۷/۱۲	۳۳/۲	۰/۱۲	۷/۴	۴۴۷۳۵۱
تنش	۲	۱۵/۷ **	۱۰/۹۶ **	۲۳۵۶/۳۷ **	۷۹۲/۴ **	۴۵۷/۶ **	۹/۸ **	۹۶/۹ **	۷۶۳۳۹۶۵ **
سال×تنش	۲	۱۱/۰۴	۰/۸۶	۲۲۹۹/۸۶ **	۲۳/۴۳	۳۲۶/۷ **	۰/۵۵	۸/۷	۳۴۶۲۴۸
خطای۱	۶	۵/۱۳	۱/۰۶	۲۳۱/۲۳	۹۰/۶۴	۲۹/۶	۰/۱۹	۸/۹	۱۲۲۶۲۹
ریزگرد	۲	۱۲/۰۲	۲/۲۱	۱۳۹/۸۸	۱۱۹/۲۶	۳۵/۹	۰/۷۸	۱۰/۱	۷۶۹۲۳۱
سال×ریزگرد	۲	۱۰/۴۵	۱/۲۳	۳۸۶/۰۲	۳۳/۱۶	۳۸/۱	۰/۸۴	۷/۶	۲۲۱۴۲۷
تنش×ریزگرد	۴	۱۰/۹۸	۰/۹۶	۲۲۶/۵۳	۱۱۰/۶۵	۴۰/۲	۰/۴۷	۹/۵	۵۹۶۰۳۲
سال×تنش×ریزگرد	۴	۹/۱۲	۲/۴۴	۳۸۷/۶۶	۱۱۹/۵۸	۳۷/۲	۰/۹۲	۶/۷	۹۹۶۲۶۳
خطای۲	۴۲	۵/۷۶	۲/۶۸	۲۳۶/۴۵	۸۶/۳۲	۳۰/۶۲	۰/۱۵	۷/۲	۱۱۲۴۲۳
ضریب تغییرات (٪)		۳/۱۰	۷/۰۰	۴/۹۵	۱۴/۰۷	۱۴/۷۴	۱۴/۵۹	۱۸/۴۶	۱۶/۴۱

*** و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪**

جدول ۶- مقایسه میانگین دو ساله (۹۶-۱۳۹۵) صفات زراعی سویا در سطوح مختلف تنش خشکی

تنش خشکی	محتوی نسبی آب (درصد)	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	شدت نور (لوکس)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد غلاف پر در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
I60	۸۳/۹ a	۱۸/۴ c	۲۶۰c	۷۷/۷۳ a	۴۲/۲۱ a	۳/۰۴ a	۱۵/۴۵ a	۲۳۹۶a
I90	۷۶/۴ b	۲۴/۱ b	۳۰۲b	۶۸/۰۴ ab	۳۸/۹۰ b	۲/۷۱ b	۱۴/۴۳ b	۲۰۶۴b
I120	۷۱/۹ c	۲۷/۶ a	۳۶۸a	۵۲/۲۹ b	۳۱/۵۱ c	۲/۲۲ c	۱۳/۷۲ c	۱۶۶۶ c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪). I60، I90 و I120 تنش خشکی به‌ترتیب شامل آبیاری پس از ۶۰ (آبیاری مطلوب)، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس الف.

با میانگین ۳۶۸/۴ لوکس حاصل شد و در شرایط نرمال آبیاری ۲۶۰/۲ لوکس کاهش یافت (جدول ۶). افزایش شدت نور کف سایه انداز ناشی از تنش خشکی به‌دلیل کاهش سطح برگ، پیش از این گزارش شده است (Rafiee, 2012).

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۵). مقایسهٔ میانگین دوساله نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از شرایط نرمال آبیاری با میانگین ۴۲/۲ سانتی‌متر حاصل شد و در تیمار I120 به ۳۱/۵ سانتی‌متر کاهش یافت (جدول ۶). به گزارش زارع و همکاران (۱۳۸۳)، کاهش در ارتفاع بوته سویا در اثر تنش خشکی ناشی از کاهش در اندازه سلول‌ها است.

اجزای عملکرد دانه: اثر تنش خشکی بر تعداد غلاف پر در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین دوساله نشان داد که کلیه اجزای عملکرد دانه سویا با افزایش شدت تنش خشکی کاهش معنی‌داری یافت. بیشترین تعداد غلاف پر در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه (به‌ترتیب ۷۷/۷ غلاف، ۳/۰ دانه و ۱۵/۵ گرم) از شرایط نرمال آبیاری و کمترین آنها (به‌ترتیب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

۵۲/۳ غلاف، ۲/۲ دانه و ۱۳/۷ گرم) از تیمار I120 بدست آمد (جدول ۶).

زارع و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی واکنش ارقام و لاین‌های سویا به تنش خشکی مشاهده نمودند تنش خشکی با اثر منفی بر وزن دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه فرعی سبب کاهش عملکرد دانه سویا شد. کاهش در وزن صد دانه ناشی از اعمال تنش خشکی در سورگوم را گزارش دادند (Jabereldar, 2017). تفاوت در تعداد دانه ناشی از تنش با اظهارات دیگر محققان مطابقت دارد که ابراز داشتند کاهش در عملکرد دانه و تشکیل دانه تحت تنش خشکی، عمدتاً ناشی سقط جنین یا ناباروری دانه گرده است (Rafiee and alhor, 2015; Boyer and Westgate, 2004; Jabereldar, 2017). آبیاری در مرحله گل‌دهی بر باروری گلچه‌ها و افزایش تعداد دانه‌ها تأثیر دارد، در حالی‌که در مرحله دانه‌بندی، آبیاری بر افزایش اندوخته غذایی و پر شدن دانه‌ها و درنتیجه افزایش وزن آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Mazaherilaghab *et al.*, 2001).

عملکرد دانه: با توجه به نتیج تجزیه واریانس مرکب دو ساله، تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه سویا که برآیند اجزای عملکرد است، معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه سویا در شرایط نرمال آبیاری با متوسط ۲۳۹۶/۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه از در تیمار I120 با متوسط ۱۶۶۶/۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۶). کاهش عملکرد دانه را می‌توان در کاهش اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف پر در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در شرایط تنش خشکی جستجو نمود که خود متأثر از کاهش محتوی نسبی آب برگ پرچم و رشد (ارتفاع) بود (جدول ۶).

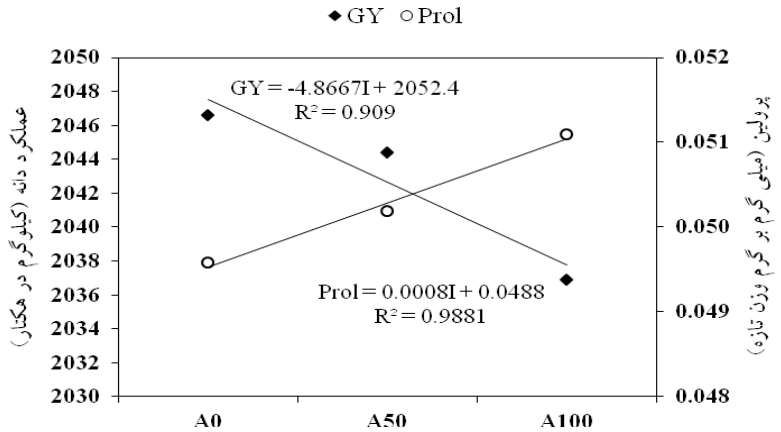
سویا گیاهی است حساس به تنش خشکی که کمبود رطوبت قابل دسترس ریشه به‌ویژه در مرحله گلدهی تا تشکیل دانه، عملکرد دانه را به‌شدت کاهش می‌دهد، اما باید توجه نمود واکنش سویا به تنش خشکی مانند سایر گیاهان به ژنوتیپ، شدت تنش و زمان وقوع تنش بستگی دارد (Munns, 2002). زارع و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی واکنش ارقام و لاین‌های سویا به تنش خشکی مشاهده نمودند تنش خشکی با اثر منفی بر وزن دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه فرعی سبب کاهش عملکرد دانه سویا شد. عبدی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) نیز کاهش عملکرد دانه سویا در شرایط تنش خشکی را گزارش نمودند. همچنین گزارش شده است که تنش خشکی از طریق کاهش توانایی فتوسنتزی و اختلال در فرآیند انتقال فتوسنتزی باعث کاهش عملکرد دانه ارقام سویا می‌شود (Ohashi *et al.*, 2000).

این نتایج نشان می‌دهد که کاهش محتوی آب گیاه ناشی از تنش خشکی از یک سو موجب افزایش درجه حرارت برگ و از سوی دیگر با کاهش سطح برگ سبب افزایش شدت نور در کف سایه انداز گیاهی می‌شود و در مجموع موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد. نتایج تحقیقات مختلف نیز حاکی از افزایش درجه حرارت سایه انداز (Menezes *et al*, 2015) و شدت نور کف سایه انداز (Rafiee, 2014) و کاهش محتوی نسبی آب (Amjad Ali *et al.*, 2009; Rafiee, 2014) و عملکرد دانه (Fateminejhad *et al.*, 2017; Karimi *et al.*, 2016; Rafiee, 2014; Assefa and Staggenborg, 2010; El Naim *et al.*, 2012) در گیاهان سورگوم دانه‌ای، ذرت و ماش در اثر تنش خشکی است، که با یافته‌های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

اگرچه اثر ریزگرد بر محتوی پرولین (جدول ۳) و عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۵)، اما روند تغییرات این دو صفت در سطوح مختلف ریزگرد نشان داد که با افزایش غلظت ریزگرد به‌طور خطی از عملکرد دانه کاسته (R2= 0.91**) و بر محتوی پرولین افزوده (R2= 0.99**) شد (شکل ۲). در میان سطوح ریزگرد، عدم کاربرد ریزگرد با میانگین ۲۰۴۶/۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در مترمکعب ریزگرد با میانگین ۲۰۳۶/۹ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را بدون تفاوت معنی‌دار به خود اختصاص داد (شکل ۲). این نتایج نشان می‌دهد که وجود مقدار کم ریزگرد روی برگ‌ها به‌دلیل مومی‌بودن برگ‌های سویا، احتمالاً با تأثیر منفی بر تعرق و فتوسنتز گیاه از جذب آب کاسته و موجب افزایش محتوی پرولین و کاهش عملکرد دانه گردیده است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]



شکل ۲- روند تغییرات عملکرد دانه (GY) و پرولین (Prol) سویا در سطوح مختلف ریزگرد. A0، A50 و A100 به‌ترتیب عدم کاربرد ریزگرد و کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در متر مکعب ریزگرد.

گزارش شده است که ریزگردها با کاهش جذب نور توسط برگ‌ها، باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل برگ می‌شوند (Chaturvedi *et al.*, 2013). در بررسی اثر ریزگرد (شستشو و عدم شستشوی برگ) بر گندم مشاهده شد که تیمار عدم شستشوی برگ به‌دلیل خسارت ریزگرد موجب تأثیر معنی‌دار و منفی بر خصوصیات فیزیولوژیک و رشدی و درنهایت عملکرد دانه ارقام گندم گردید (Shahbazi *et al.*, 2016).

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش مشخص شد که میزان کلروفیل‌های a و b؛ کاتالاز اندام هوایی و ریشه و محتوی نسبی آب برگ پرچم با افزایش شدت تنش خشکی به‌طور خطی کاهش معنی‌داری یافتند، اما ترکیبات اسمزی (قندهای محلول و محتوی پرولین برگ)، پراکسیداز اندام هوایی و ریشه، شدت نور کف سایه انداز و درجه حرارت برگ افزایش معنی‌داری نشان داد. افزایش تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته و اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف پر در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه و در نتیجه عملکرد دانه شد. افزایش غلظت ترکیبات اسمزی در شرایط تنش خشکی نشان‌دهنده واکنش گیاه سویا در تعدیل تنش خشکی است. نکته قابل توجه دیگر در این آزمایش آن است که نشست کم ریزگرد روی برگ‌ها به‌دلیل مومی‌بودن برگ‌های سویا آسیب جدی به سیستم فتوسنتزی گیاه و درنهایت تولید دانه وارد ننمود که خود نشان‌دهنده مزیت این گیاه و گیاهان با ساختار مورفولوژیک مشابه برای کشت در شرایط آلودگی ریزگرد است.

منابع

احمدی، ع. و سی و سه مرده، ع. (۱۳۸۴) اثر تنش خشکی بر کربوهیدرات‌های محلول، کلروفیل و پرولین در چهار رقم گندم سازگار با شرایط متفاوت اقلیمی ایران. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۵: ۷۶۳-۷۵۳.

امینی، ز. و حداد، ر. (۱۳۹۲) نقش رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقابل تنش اکسیداتیو. پژوهش‌های سلولی و مولکولی (زیست شناسی ایران) ۲۶: ۲۵۱-۲۶۵.

بهرامی چگنی، ز.، امیری، ح. و لاری یزدی، ح. (۱۳۹۲) بررسی اثر تنش خشکی بر برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه ریحان. همایش ملی علوم و فنون کشاورزی ۴۳۰-۴۱۹.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

پورموسوی، س. م.، محمدگلوی، م.، دانشیان، ج.، قنبری، ا. و بصیرانی، ن. (۱۳۸۶) بررسی تأثیر تنش خشکی و کود دامی بر محتوای رطوبت، میزان پایداری غشاء سلول و محتوای کلروفیل برگ سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۴: ۱۱۹-۱۱۰.

زارع، م.، زینالی‌خانقاه، ح. و دانشیان، ج. (۱۳۸۳) ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۵: ۸۶۷-۸۵۹.

عبدی‌پور، م.، رضایی، ع. ح.، هوشمند، س. و رئیسی، ف. (۱۳۸۹) اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سویا. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز ۱۴: ۲۹-۲۰.

فرهودی، ر.، مدحج، ع. و پاینده، خ. (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی پایان فصل بر فتوسنتز، عملکرد دانه و بنیه بذر پنج رقم سویا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۶: ۵۵-۴۱.

کامروا، بابائیان جلودار، س. و باقری، ن. ع. (۱۳۹۶) تأثیر تنش خشکی بر صفات کلروفیل و پرولین در ژنوتیپ‌های مختلف سویا (*Glycine max*). پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی ۹: ۱۰۴-۹۵.

Amjad Ali, M., Abbas, A., Niaz, S., Zulkiffal, M. and Ali, S. (2009) Morphophysiological criteria for drought tolerance in sorghum (Sorghum bicolor) at seedling and post-anthesis Ssages. International Journal of Agricultural Biotechnology 11: 674-680.

Anonymous (2016) Available at: http://www.lorestandoe.ir/news.html.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Phisiology 24: 1-15.

Assefa, Y. and Staggenborg, S. A. (2010) Grain sorghum yield with hybrid advancement and change in agronomic practices from 1957 through 2008. Agronomy Journal 102: 703-706.

Bahramichegeni, Z., Amiri, H. and LariYazdi, H. (2013) Effect of drought stress on some physiological parameters of basil. Agricultural Science and Technology 419-430 (In Persian with English Summary).

Bai, I. and Sui, F. (2006) Effect of soil drought stress on leaf of maize. Pedosphere 16: 326-332.

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

Boyer, J. and Westgate, M. (2004) Grain yields with limited water. Journal of Experimental Botany 55: 2385-2394.

Chaturvedi, V., Hejazi, M. I., Edmonds, J. A., Clarke, L. E., Kyle, G. P., Davies, E., Wise, M. A. and Calvin, K. V. (2013) Climate Policy Implications for Agricultural Water Demand. Pacific Northwest National Laboratory Technical Report PNNL- 22356. U.S. Department of Energy, Richland, WA, USA.

Cha-um, S. and Kirdmanee, Ch. (2009) Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress. Agricultural Sciences in China 8: 51-58.

Costa Franca, M. G., Pham, Thi A. T., Pimentel, C., Pereyra Rossiello, R. O., Zuily-Fodil, Y. and Laffray, D. (2000) Differences in growth and water relations among phaseolus vulgaris cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany 43: 227-237.

Ehdaie, B., Alloush, G. A., Madore, M. A. and Waines, J. G. (2006) Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. postanthesis changes in internode dry matter. Journal of Crop Science 46: 735-746.

El Naim, A. M., Baldu, M. A. M. and Zaied, M. M. B. (2012) Effect of tillage depth and pattern on growth and yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under rain-fed. Journal of Novel Applied Sciences 1: 68-73.

Efeoglu, B., Ekmekci, Y. and Cichek, N. (2009) Physiolocal responces of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany 75: 34-42.

Farhoudi, R. (2007) Effect of salt stress on seedlings growth and ions homeostasis of soybean (*Glysin max*) cultivars. International Journal of Biology 11: 25-32.

Fateminejhad, P., Lary-Yazdy, H. and Rafee, M. (2017) Effect of aerosols and drought stresses on some physiological traits of mungbean (*Vigna radiata* L.). Applied Research in Field Crops 30: 19-30.

Gholdani, M. (2012) Effect of irrigation intervals on some morphophysiological traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) ecotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 10: 412-420 (In Persian with English Summary).

Ghorbanli, M. and Niakan, M. (2006) The effect of drought stress on soluble sugar, total protein, proline, phenolic compound, chlorophyll content and rate reductase activity in soybean (*Glycine max* L.cv.Gorgan3). Materials and Energy 18: 537-550 (In Persian with English Summary).

Harmut, K. L. and Babani, F. (2000) Detection of photosynthetic activity and water stress by imaging the red chlorophyll fluorescence. Plant Physiology and Biochemistry 38: 889-895.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

Jabereldar, A. A., El Naim, A. M., Abdalla, A. A. and 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: 1-6.

Karimi, R., Hadi, H. and Tajbakhsh Shishavan, M. (2016) Exploring the possibility of reducing deficit water stress damage on yield of forage sorghum by foliar application of salicylic acid and zinc sulphate. Agricultural crop management (Journal of Agriculture) 18: 507-520 (In Persian with English Summary).

Kazemi Arbat, H. (2005) Morphology and anatomy of cereal crops. 2nd Ed. Tabriz University Press.

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R. and Jalilian, J. (2016) Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. Journal of Plant Interactions 11: 130-137.

Kochert, G. (1978) Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Hand Book of Physiological Method Helebust (ed. Craig, J. S) Pp. 56-97. Journal of Agricultural, Cambridge University Press, Cambridge.

Li, Q., Wang-Li, L., Jayanty, R. K. M. and Shah, S. B. (2013) Organic and elemental carbon in atmospheric fine particulate matter in an animal agriculture intensive area in north Carolina: Estimation of secondary organic carbon concentrations. Open Journal of Air Pollution 2: 7-18.

Mahajan, S. and Tuteja, N. (2005) Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives in Biochemistry and Biophysics 444: 139-158.

Marsafari, M., Asoudar, M. A. and Kordi, S. (2011) Aerosol resources and adjust their harm effects. 2nd National Conference on Critical Management. Tehran. Iran. (In Persian).

Mazaherilaghab, H., Nori, F., Zare- Abyane, H. and Vafaei, H. (2001) Effect of final irrigation on important traits of three varieties of sunflower in dry land farming. Iranian Journal of Agricultural Research 1: 41-44 (in Persian).

Menezes, C. B., Saldanha, D. C., Santos, C. V., Andrade, L. C., Mingote Julio, M. P., Portugal, A. F. and Tardin, F. D. (2015) Evaluation of grain yield in sorghum hybrids under water stress. Genetics and Molecular Research 14: 12675-12683.

Meywerk, J. and Ramanathan, V. (2002) Influence of anthropogenic aerosols on the total and spectral irradiance on the sea surface during INDOEX, Journal of Geophysics Research Atmospheres 107: 14-17.

Moosavi, S. G., Seghatoleslami, M. J., Javadi, H. and Ansari-nia, E. (2011) Effect of irrigation intervals and planting patterns on yield and qualitative traits of forage sorghum. Advances in Environmental Biology 5: 3363-3368.

Moseki, B. and Dintwe, K. (2011) Effect of water stress on photosynthetic characteristics of two sorghum cultivars. Australian Journal Biotechnology 5: 89-91.

Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.

Naresh, R. K., Purushottam, S. P., Dwivedi, A. and Kumar, V. (2013) Effects of water stress on physiological processes and yield attributes of different mungbean (L.) varieties. African Journal of Biochemistry Researc 7: 55-62.

Ohashi, Y., Saneoka, H. and Fujita, K. (2012) Effect of water stress on growth, photosynthesis, and photoassimilate translocation in soybean and tropical pasture legume siratro. Soil Science and Plant Nutrition 46: 417-425.

Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

Rafiee, M. (2012) Effect of every other furrow irrigation and planting density on physiological traits in corn. World Applied Science Journal 17: 189-193.

Rafiee, M. (2014) Corn: proceeding. 1st Ed. Sarva Press. Iran (In Persian).

Rafiee, M. and Kalhor, M. (2015) Economic water use efficiency of corn (*Zea mays* L.) Hybrids as Affected by Irrigation Regimes: A Case Study in West Iran. Archives of Agronomy and Soil Science 781-789.

Ribas-Carbo, M., Taylor, N., Giles, L., Busquets, S., Finnegan, P. M., Day, D. A., Lambers, H., Medrano, H., Berry, J. A. and Flexas, J. (2005) Effects of water stress on respiration in soybean leaves. Plant Physiology 139: 466-473.

Shahbazi, T., Saiedi, M., Nosratti, I. and Jalali Honarmand, S. (2016) Evaluation the effect of airborne dust on physiological characteristics and yield of different wheat varieties (*Triticum* sp.). Journal of Plant Process and Function 5: 195-203.

Shomaili, M. (2012) Aerosols, resources and their effects on crops. A case study: sugarcane farms in south Khoozestan province. 2nd National Conference on Critical Management. Tehran, Iran. (In Persian).

Sharma, P. and Dubey, R. S. (2005) Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Geowth Regulation 46: 209-221.

Tian, X. and Li, Y. (2006) Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biologia Plantarum 50: 775-778.

Valentinuz, O. and Tollenar, M. (2004) Vertical profile of leaf area and leaf senescence during the grain- filling period in maize. Journal of Crop Science 44: 827-834.

Verbruggen, N. and Hermans, C. (2008) Proline accumulation in plants: a review. Amino Acids 35: 753-759.

Wang, W., Vinocur, B., Shoseyov, O. and Altman, A. (2001) Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: Physiological and molecular considerations. Acta Horticulturae 560: 285-292.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

Zadeh-Bagheri, M., Javanmardi, Sh., Alozadeh, O. and Kamelmanesh, M. M. (2014) Effects of drought on grain yield and some physiological characteristics of red bean genotypes. Journal of Plant Ecophysiology 6: 2-11 (In Persian with English Summary).

Zandalinas, S. I., Mittler, R., Balfagon, D., Arbona, V. and Gomez-Cadenas, A. (2018) Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. Physiology of Plant 162: 2-12.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]

Effects of drought stress and aerosols on yield and some physiological traits of soybean (*Glycine max* L.)

Leili Sadeghi[1], Masoud Rafiee[2*], Jahanfar Daneshian[3]

[1] Department of Agronomy, Department of Agriculture, 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 Institude, AREEO, Karaj, Iran
(Received: 15/07/2020, Accepted: 20/10/2020)

Abstract

Recent droughts, in addition to creating drought stress, have caused the phenomenon of aerosols, especially in the west of the country. The effects of drought stress and aerosols on the physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) Kosar cultivar were investigated in an experiment based on a randomized complete block design as split plots with 4 replications in summer cultivation for two years. Drought stress through irrigation after 60 (optimal irrigation), 90 and 120 mm evaporation from Class A evaporation pan as the main factor and spraying of aerosols in three levels of non-application (control) and application of 50 and 100 mg in cubic meters of air were placed in subplots as simulations. The results showed that severe drought stress significantly reduced the amount of chlorophylls a and b, catalase of shoots and roots. The amount of light of the canopy floor and the relative water content of the flag leaf (from 89 to 70%), plant height, yield components and grain yield (from 2653 to 1167 kg per hectare) were compared to the control treatment, but soluble sugars, proline content, shoot and root peroxidase and leaf temperature (from 18.4 to 27.6 °C) increased significantly. Although the effect of aerosols on any of the traits was not significant, but with increasing the concentration of aerosols, grain yield decreased linearly whereas proline content increased linearly. Overall, it was found that drought stress significantly reduced soybean production, but low aerosols settling on soybean leaves did not cause serious damage to the plant photosynthetic system and ultimately seed production due to leaves waxy nature.

Keywords: Leaf temperature, Physiological traits, Relative water content, Yield.

Corresponding author, Email: rafieemasoud@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.16.6]