نقش صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در بهبود عملکرد ژنوتیپ‌های سویا تحت تنش کم‌آبی

علیرضا رهی[۱*]، حمید نجفی‌زرینی[۲]، غلامعلی رنجبر[۳] و مهدی قاجارسپانلو[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه به‌نژادی و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲، ۳ و ۴) استاد گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

*** نویسنده مسئول: genomixar@gmail.com**

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می‌باشد.

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

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی برتحمل به تنش کم آبی در ژنوتیپ‌های سویا، این آزمایش گلدانی با ۱۵ ژنوتیپ وارداتی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در شهرستان دماوند انجام شد. عامل اول شامل ۱۵ ژنوتیپ سویا و عامل دوم شامل دو سطح آبیاری نرمال و قطع آبیاری در زمان ۵۰ درصد غلاف دهی تا زمان دانه بندی بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنوعی بین ژنوتیپ‌ها در شرایط کم آبی و آبیاری عادی وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های ۳، ۵ و۱۳ بیش‌ترین کلروفیل a، ژنوتیپ ۱۵ بیش‌ترین کلروفیل کل، ژنوتیپ ۵ بیش‌ترین کاروتنوئید، ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۱۴ بیش‌ترین پروتئین دانه، ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۳ بیش‌ترین تعداد برگ، ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۰ بیش‌ترین وزن خشک بوته و ژنوتیپ ۱۳ بیش‌ترین شاخص برداشت و عملکرد دانه را داشتند. تنش کم آبیاری باعث کاهش عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک شد. تحت این شرایط برخی صفات نیز افزایش داشتند. ژنوتیپ ۳ دارای بیش‌ترین کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b، ژنوتیپ ۵ و ۸ بیش‌ترین فلاونوئید، ژنوتیپ ۵ بیش‌ترین مقدار پرولین و ژنوتیپ ۱۴ بیش‌ترین عملکرد را داشتند. تجزیه به‌مولفه‌های اصلی نشان داد که در شرایط آبیاری عادی چهار مولفه‌ی اول ۸۵/۶۷ درصد واریانس کل را تبیین نمودند، به‌طوری که سهم مولفه اول تا چهارم به ترتیب ۳۸/۸۱، ۲۰/۶۵، ۱۵/۶۲ و ۱۰/۵۷درصد بود. در شرایط اعمال تنش چهار مولفه اول ۸۲/۲۶ درصد واریانس کل را تبیین کردند، به‌طوری که سهم مولفه اول تا چهارم به‌ترتیب ۳۵/۵۸، ۲۵/۲۰، ۱۳/۶۶ و ۷/۸۰درصد بود.

واژه‌های کلیدی: قطع آبیاری، پرولین، ژنوتیپ‌های متحمل وارداتی و تنش محیطی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

مقدمه

امروزه رشد جمعیت، فعالیت‌های کشاورزی بر روی منابع طبیعی و تغییر آب و هوا، کشت و کار گیاهان زراعی را با مشکل مواجه کرده است. برای غلبه بر این چالش‌های جدید، بسیاری از برنامه‌های اصلاحی در سال‌های گذشته جهت‌یابی خود را در راستای ایجاد تحمل به تنش تغییر داده‌اند. از این رو، متخصصین فیزیولوژی گیاهی و اصلاحگرهای گیاهی مفاهیم فیزیولوژیک جدید، برنامه‌های اصلاحی و روش‌های بیولوژیکی مولکولی مدرنی را برای توسعه ژنوتیپ‌های بهبود یافته متحمل به انواعی از تنش‌های غیر زیستی ارائه نموده‌اند. بنابراین، درک پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاهان زراعی به شرایط تنش‌زا برای کاهش اثرات زیان آور و آسیب رسان تنش و حداکثر نمودن باروری، لازم و ضروری می‌باشد و نیاز مبرمی برای تحقیقات علمی بیش‌تر در راستای افزایش درک از رفتار فیزیولوژیکی گیاهان زراعی در پاسخ به انواع تنش وجود دارد از این رو درک صحیح از این اطلاعات ممکن است سبب دستیابی به ابزارهای مهمی برای ردیابی مواد ژنتیکی بسیار ارزنده و نوید بخش در برنامه‌های اصلاحی گیاهان شود، از این رو ایجاد گیاهان متحمل به تنش‌های غیر زیستی از اهمیت خاصی برخوردار است (Fritsche-Neto and Borém, 2012). در این راستا سویا به عنوان یک گیاه زراعی با اهمیت در جهان نیز از مشکلات موجود همچون خشکی مستثنی نیست. تقاضا برای افزایش روغن سویا و در نتیجه کشت بیش‌تر در طی سال‌ها افزایش داشته، به‌طوری که کشورهای ایالات متحده (۳۲ درصد کل جهان، پیش بینی ۲۰۱۶)، برزیل (۳۱ درصد) و آرژانتین (۱۸ درصد) اقدام به افزایش سطح کشت و تولید خود نمودند (FAO, 2017). در حال حاضر سطح زیر کشت سویا در کشور حدود ۸۰ هزار هکتار می‌باشد، که گلستان، مازندران و اردبیل به‌ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. از نظر عملکرد حدود ۱۱۰ تا ۱۳۰ هزار تن در سال است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به شرایط بالا یکی از راه‌های توسعه سطح کشت و افزایش عملکرد، استفاده از ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی است. نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان داده‌اند تنش خشکی اثرات زیادی بر صفات فیزولوژیک و مورفولوژیک سویا دارند (He *et al.*, 2017). ژنوتیپ‌های سویا مکانیزم‌های متفاوتی برای مقاومت به تنش خشکی از خود نشان می‌دهند. وجود مکانیزم‌هایی که بتواند وضعیت فتوسنتزی برتری در شرایط تنش ارایه دهد، میزان انباشت ماده خشک بیش‌تری را در گیاه خواهد داشت (Wang *et al.*, 2018). همچنین به منظور حفظ تعادل اسمزی در شرایط استرس، انواع خاصی از مولکول-های آلی (مانند قندهای محلول، پرولین و غیره) در سیتوپلاسم سلول‌های سویا انباشته می‌شوند. این ترکیبات گیاه را در مقابل تنش‌ها از طریق سلول محافظت می‌کنند (Sarkar *et al.*, 2015). بنابراین لازم است تحقیقات بیش‌تری در جهت یافتن ژنوتیپ‌هایی که صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی موثر بر عملکرد دارند صورت گیرد. اما نکته مهم این است که در رابطه با اثر و نقش صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در تحمل به خشکی و کم آبی ژنوتیپ‌های سویا تاکنون

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

تحقیقات مناسبی انجام گرفته است ولی شاید نتوان نتایج به دست آمده را برای تمامی مناطق تعمیم داد و نیاز به آزمایش‌هایی در منطقه هدف باشد. ولی نتایج سایر محققان می‌تواند در به هدف رسیدن اهداف کمک کننده باشد. در این رابطه نتایج تحقیقات Chowdhury و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که تنش خشکی موجب افزایش درصد پرولین و قندهای محلول و کاهش متغیرهای کلروفیل، محتوای کلروفیل، نسبت کلروفیل a به b و پایداری غشاء سلولی شد. در ژنوتیپ‌های متحمل پرولین و قند محلول بیش‌تری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس مشاهده شد. قربانی و نیکان (۱۳۸۴) در بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳ گزارش کردند در مجموع این رقم نسبت به تنش خشکی پاسخ‌های سازشی مناسبی را در پیش گرفته تا از صدمات ناشی از آن محفوظ بماند. نتایج تحقیقات امرایی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی اثر محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر عملکرد دانه و شاخص‌های رشد سویا نشان داد که پرولین، قندهای محلول، رطوبت نسبی و پراکسید هیدروژن بر عملکرد تحت شرایط تنش اثر مثبت دارند. همچنین کامروا و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که خشکی بر روی کلروفیل ژنوتیپ‌های سویا اثر منفی دارد، افزایش غلظت پرولین باعث سازگاری بر شرایط تنش می‌باشد پرولین، تحت شرایط تنش می‌تواند عملکردهای متفاوتی مانند ایجاد تعادل اسمزی، حفاظت از ساختار پروتئینی و غشاء سلول، تثبیت ساختارهای درون سلولی و حذف رادیکال‌های آزاد را داشته باشد. بنابراین هدف از این تحقیق معرفی پاسخ‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ۱۵ ژنوتیپ سویا به قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی تا زمان دانه‌بندی در شرایط کشت گلدانی بود و شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آن‌ها می‌توانند تا حدودی بر افزایش عملکرد موثر باشند، همچنین با توجه به نیاز زیاد این روش به زمان، هزینه، نیروی کار و مزرعه، امکان دارد که با جایگزینی ارزیابی گلخانه‌ای بتوان تا حد زیادی در این موارد صرفه‌جویی کرد و همین‌طور از شرایط کنترل شده‌تری برای بهبود و سرعت بخشیدن ارزیابی‌ها بهره گرفت (رهنمایی تک و همکاران، ۱۳۸۴).

مواد و روش ها

به‌منظور بررسی اثر کم‌آبی و ارزیابی تحمل به تنش کم آبیاری در ۱۵ژنوتیپ سویا با منشاء کشورهای فرانسه، آمریکا، چین، روسیه، کره، ژاپن و ایتالیا درسال ۱۳۹۶ آزمایشی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در شهرستان دماوند به صورت کشت گلدانی در گلخانه روباز اجرا شد. عامل اول شامل ۱۵ ژنوتیپ سویا و عامل دوم شامل دو سطح آبیاری نرمال و قطع آبیاری در زمان ۵۰ درصد غلاف‌دهی تا مرحله دانه بندی بود. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از صفات کلروفیل a (c_1)، کلروفیل b (c_2)، کلروفیل کل (c_3)، کاروتنوئید (c_4)، نسبت کلروفیل a به b (c_5)، آنتوسیانین (c_6)، فلاونوئید (c_7)، پرولین (c_8)، درصد پروتئین دانه (c_9)، تعداد برگ (c_{10})، وزن خشک بوته (c_{11})، تعداد روز

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

تا رسیدگی کامل (c_{12})، شاخص برداشت (c_{13}) و عملکرد هر گلدان (c_{14}) انجام شد. قطر گلدان‌ها حدود ۳۵ و ارتفاع آن‌ها ۴۵ سانتی‌متر بود. که با خاک، ماسه و کود به نسبت ۱:۱:۳ گلدان‌ها پر شدند. در هر گلدان پنج بذر کاشته شد. بر اساس بررسی شرایط اقلیم منطقه آبیاری هر چهار روز یک‌بار صورت گرفت. زمان اجرای قطع آبیاری در مرحله تشکیل ۵۰ درصد غلاف‌ها تا مرحله تشکیل دانه‌بندی برای هر ژنوتیپ بود (جدول ۵). کشت در تاریخ ۵ خرداد انجام شد و مرحله داشت و برداشت تا ۱۰ آبان برای برخی از ژنوتیپ‌ها ادامه داشت. نمونه برداری‌ها در مرحله دانه بندی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و تجزیه آماری با نرم افزار SAS انجام شد. نتایج تجزیه خاک گلدان‌ها مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده‌است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	درصد جذب آب	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)	بور (میلی گرم بر کیلوگرم)
لومی رسی	۳۷	۷/۱	۵/۱	۰/۴۴	۱۳/۳۲	۳۲۰/۶۳	۶/۲۱	۱/۴۵	۰/۹۱	۷/۱۱	۱/۴۵
حد معمول	۳۵-۴۰	۶/۵-۷/۵	>۲	>۰/۲	۱۲-۱۵	۳۰۰-۳۵۰	۵-۸	۱-۲	۰/۸-۱	۵-۸	--

جدول ۲: نام و شماره ژنوتیپ‌های مورد بررسی

شماره ژنوتیپ	نام انگلیسی	تیپ رشدی	منشاء	شماره ژنوتیپ	نام انگلیسی	تیپ رشدی	منشاء
1	Monroe	I	USA	9	Giant Green	I	Japan
2	Mandarin	I	China	10	Elton	I	Russia
3	Wayne	III	USA	11	Soysota	I	Italy
4	kanrich	II	USA	12	Rasuto San	II	Japan
5	karbine	I	France	13	Kanro	II	Korea D.P.R. of
6	Cayuga	I	China	14	Koshurei	II	Rep. of Korea
7	Chestnut	III	Russia	15	Colnon	II	Soviet union
8	Tokio	I	France				

برای سنجش کلروفیل a، b و کل وکاروتنوئید در زمان دان‌بندی از روش (Lichtenthaler, 1987) استفاده شد. مقدار ۰/۰۵ گرم برگ تر را وزن نموده و با ۱۰ میلی لیتر استن ۸۰ درصد سائیده سپس مخلوط به‌دست آمده را صاف نموده و با استون ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رساندیم. جذب محلول در طول موج ۶۴۶، ۶۶۳ و۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد و با استفاده از رابطه‌های ارائه شده غلظت کلروفیل های a ، b ، کل و کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) تعیین شد.

رابطه ۱: $Chl.a = [(12.7(A663) - 2.69(A645)]V/W \times 1000$

رابطه ۲: $Chl.b = [(22.9(A645) - 4.68(A663)]V/W \times 1000$

رابطه ۳: $Chl.T = Chl.a + Chl.b$

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

رابطه ۴:

$$C_{x+c} = \frac{(1000 * A470 - 1.8 * Chl, a - 85.02 Chl, b)}{198}$$

برای سنجش آنتوسیانین ابتدا دیسک‌های برگی تهیه شده از گیاه به وزن ۰/۵ گرم را درهاون چینی و با مقداری متانول اسیدی به نسبت حجمی ۱:۹۹ متانول خالص ۹۹ و اسید کلریدریک (۱) به‌طور کامل ساییده و عصاره در لوله‌های سر پیچ دار ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و عدد جذب در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه گیری گردید (Wagner, 1979). برای محاسبه غلظت از رابطه A= εBC استفاده شد که در این رابطه ε یا ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول در نظر گرفته شد و B عرض کووت برابر ۱ سانتی متر و C غلظت کمپلکس بر حسب $\mu g\ g^{-1}$ FW می‌باشد (Wagner, 1979). برای سنجش فلاونوئید زمان دانه‌بندی دیسک‌های برگی تهیه شده از گیاه به وزن ۰/۵ گرم در هاون چینی و با مقداری اتانول اسیدی به نسبت حجمی ۹۹:۱ الکل اتیلیک (۹۹) و اسید استیک گلاسیال (۱) کاملاً ساییده و پس از سانتریفوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. شدت جذب در طول موج ۳۰۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول زیر بر حسب درصد جذب (absorbance) بیان محاسبه شد (Krizek *et al.* 1998).

رابطه ۵:

$$100 \times \frac{V}{700} Fla = \mathrm{ABS(300nm)}$$

برای سنجش پرولین در زمان دانه‌بندی از روش (Bates *et al.*, 1973) استفاده شد. توزین نمونه‌های تر و همگن-سازی آن‌ها در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد، سانتریفیوژ کردن نمونه‌ها و اضافه کردن معرف نین هیدرین و اسیداستیک خالص به سوپرناتانت، قرار دادن در بنماری به مدت یک ساعت، افزودن تولوئن، جداسازی محلول بالایی و خواندن جذب آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر در مقابل شاهد دستگاه، رسم منحنی استاندارد پرولین و محاسبه میزان پرولین اندام‌های گیاه بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر نمونه. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه ۰/۵ گرم بذر منجمد شده سپس در ۱/۵ میلی‌لیتر محلول بافر (تریس ۵۰میلی مولار، EDTA به میزان ۲ میلی مولار و مرکاپتو اتانول ۰/۴ درصد حجم) کاملا مخلوط و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰ گرادیان سانتریفیوژ گردید. سپس با استفاده از محلول سنجش کوماسی میزان پروتئین اندازه‌گیری و برحسب درصد تنظیم شد (نواب پور و همکاران، ۱۳۹۶). برای اندازه‌گیری وزن خشک بوته، از زمان دانه بندی تا پایان فصل زراعی به تفکیک غلاف‌ها، ساقه‌ها و برگ‌های جمع آوری شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند، سپس وزن نمونه‌های خشک شده با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد و در پایان وزن همه اندام‌ها با هم جمع و به عنوان وزن خشک بوته در نظر گرفته شد (نه بندانی و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

همکاران، ۱۳۹۵). برای اندازه‌گیری عملکرد دانه وزن همه دانه‌های بوته هر گلدان بر حسب گرم با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص برداشت از فرمول زیر استفاده شد.

رابطه ۶: ۱۰۰×(عملکرد بیولوژیکی /عملکرد دانه) =شاخص برداشت (درصد).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان داد که تنش آبی به جز نسبت کلروفیل a به b که معنی‌دار نشد، برای سایر صفات در سطح احتمال۱ درصد معنی‌دار شد. اثر ژنوتیپ برای نسبت کلروفیل a به b که معنی‌دار نشد و برای کلروفیل b در سطح ۵ درصد و سایر صفات در سطح احتمال۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل برای کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و تعداد برگ در سطح ۵ درصد و برای کلروفیل a، آنتوسیانین، فلاونوئید، پرولین، درصد پروتئین دانه، وزن خشک بوته، شاخص برداشت و عملکرد هر گلدان در سطح احتمال۱ درصد معنی‌دار شد در این رابطه کامروا و همکاران (۱۳۹۶) بین ژنوتیپ‌های سویا و خصوصیات فیزیولوژیک آن‌ها تنوع مشاهده نمود. امرایی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش نمودند خشکی بر روی صفات فیزیولوژیک، موفولوژیک و عملکرد سویا اثر سوء دارد. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح آبیاری در ژنوتیپ (جدول ۴) در شرایط آبیاری عادی نشان داد که ژنوتیپ ۵ بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، کاروتنوئید و آنتوسیانین را تولید کرده بود. بیش‌ترین تعداد برگ مربوط به ژنوتیپ شماره ۸ بود. بیش‌ترین پرولین را ژنوتیپ شماره ۴ دارا بود. بیش-ترین مقدار کلروفیل b و کلروفیل کل به ژنوتیپ ۱۵ اختصاص داشت. بیش‌ترین فلاونوئید، پروتئین، شاخص برداشت و عملکرد هر گلدان مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۳ بود. ژنوتیپ ۹ بیش‌ترین وزن خشک بوته را دارد و ژنوتیپ ۱ بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی کامل بوته را دارا بود. همچنین نتایج در شرایط تنش نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل به ژنوتیپ ۱۲، کلروفیل b به ژنوتیپ ۳ اختصاص دارد. بالاترین فلاونوئید، پرولین و کاروتنوئید مربوط به ژنوتیپ شماره ۵ بود. ژنوتیپ شماره ۹ توانسته در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین و وزن خشک بوته را تولید کند. بیش‌ترین درصد پروتئین، شاخص برداشت و عملکرد به ژنوتیپ شماره ۱۴ اختصاص دارد. بیش‌ترین تعداد برگ مربوط به ژنوتیپ شماره ۷ و بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی کامل به ژنوتیپ شماره ۴ مربوط است. پور دهقان و همکاران (۱۳۹۳) گزارش نمودند که تنش خشکی بر روی ارقام سویا اثر داشته است، به‌طوری که خشکی و آبیاری کم موجب افزایش پرولین و کاهش کلروفیل و کاروتنوئید شده است و همچنین عملکرد دچار سیر نزولی شده است. همپنین Tritieth Mabulwana (۲۰۱۳) نیز گزارش کرد که محدودیت آب بر مقدار فلاونوئید ارقام سویا اثر دارد و در بعضی از ارقام فلاونوئید کاهش و در بعضی دیگر افزایش نشان می‌دهد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9] [Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات ژنوتیپ‌های سویا در واکنش به تنش و عدم تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (Ms)														
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	نسبت کلروفیل a به b	آنتوسیانین	فلاونوئید	پرولین	پروتئین	تعداد برگ	وزن خشک بوته	تعداد روز تارسیدگی کامل	شاخص برداشت	عملکرد هر گلدان
تکرار	۲	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۵۶^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۵/۳^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۲۴/۵۸^{ns}	۶/۴۲^{ns}	۲۷/۲۳^{ns}	۳/۱۷^{ns}	۱۱۲/۸۷*	۱/۲۷^{ns}	۰/۶۹^{ns}
تنش کم آبیاری (A)	۱	۵/۵۱**	۰/۴۸**	۹/۲۷**	۰/۲۵**	۰/۰۱^{ns}	۳۴۸۷/۸۵**	۶۶/۶۶**	۱۰۶۴۵**	۳۹۲/۷۶**	۳۹۳۳**	۳۸۳۰**	۳۶۱۰**	۸۱۰/۸۴**	۵۱۳/۰۸**
ژنوتیپ (B)	۱۴	۰/۱۹**	۰/۰۸۵*	۰/۳۵**	۰/۱**	۰/۰۳^{ns}	۸۹/۸۲**	۱۴/۵۵**	۱۷۴/۵۲**	۱۳۰/۳۴**	۹۷۷**	۲۳۵/۶۱**	۲۰۶۲**	۲۲۲/۷۹**	۳۴/۴۵**
اثر متقابل (A*B)	۱۴	۰/۱۴**	۰/۸۷*	۰/۳۰*	۰/۰۴*	۰/۰۴۹*	۴/۳۴^{ns}	۱/۸۲**	۷۷/۸۶**	۳۷/۴۸**	۲۷/۸*	۱۲/۹۹**	۱۴/۰۴^{ns}	۳۷/۴۸**	۵/۲۱**
خطا	۵۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۴/۷۵	۰/۲۶	۱۴/۲	۵/۴	۱۳/۰۲	۲/۹۲	۲۵/۶۵	۷/۰۳	۰/۵۵
ضریب تغییرات (C.V.)		۱۷/۰۹	۲۹/۸۸	۱۸/۶۱	۲۵/۲۶	۲۸/۷۷	۷/۹	۲۲/۳۲	۱۷/۳۱	۱۳/۱۱	۱۰/۷	۶/۹۲	۳/۸۴	۱۰/۷۳	۱۱/۵۶

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

جدول ۴: مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری در ژنوتیپ‌های سویا در واکنش به تنش و عدم تنش آبیاری

تنش	ژنوتیپ	کلروفیل a ($mg.g^{-1}fw$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}fw$)	کلروفیل کل ($mg.g^{-1}fw$)	کاروتنوئید ($mg.g^{-1}fw$)	نسبت کلروفیل a به b	آنتوسیانین ($\mu mol/gfw-1$)	فلاونوئید (درصد)	پرولین ($\mu mol/gfw-1$)	درصد پروتئین دانه	تعداد برگ	وزن خشک بوته (گرم)	تعداد روز تا رسیدگی کامل	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد تک بوته درگلدان (گرم)
عدم تنش	۱	۱/۴۱ cdefgh	۰/۷۷ abcdef	۲/۱۸ abcdef	۰/۶ bcdef	۰/۵۵ abcd	۱۶/۳۹ h	۱/۲۶ ijkl	۹/۴۳ hij	۱۷/۴۲ efghij	۵۴ b	۲۹/۹۳ efg	۱۶۱/۶۷ c	۳۰/۷۹ abcde	۹/۲۲ cd
	۲	۱/۵۴ bcdef	۰/۷۶ abcdef	۲/۳۱ abcdef	۰/۷ abcde	۰/۴۹ abcd	۱۸/۵۵ h	۱/۸۲ fghijkl	۱۴/۹۳ ghi	۲۳/۶۰ bcd	۳۰ hijk	۴۰/۱۶ a	۱۳۳ e	۲۵/۶۴ fghi	۱۰/۲۹ c
	۳	۲/۰۱ a	۰/۶ abcdefg	۲/۶۱ ab	۰/۳۴ g	۰/۳ de	۲۶/۵ def	۱/۵۶ ghijkl	۱۱/۸۹ hij	۱۹/۹۶ cde	۳۴ fghi	۲۲/۶۵ i	۱۵۵/۳۳ cd	۱۲/۹۱ mn	۲/۹۴ jk
	۴	۱/۳۴ cdefgh	۰/۸۸ abc	۲/۲۲ abcdef	۰/۷۷ abcd	۰/۶۵ ab	۱۷/۰۲ h	۱/۴۶ ghijkl	۱۶/۲۲ gh	۱۹/۷۳ de	۲۵ klmn	۳۶/۴۳ bc	۱۸۳/۶۷ a	۲۴/۹۲ ghij	۷/۳۸ ef
	۵	۲/۰۷ a	۰/۴۴ cdefg	۲/۵ abc	۰/۹۳ a	۰/۲۱ e	۲۷/۱۸ de	۲/۲۶ defghi	۱۱/۳۹ hij	۲۶/۹۲ ab	۴۸ bc	۲۹/۵۸ fgh	۱۲۱ fghi	۳۰/۷۸ abcde	۱۲/۰۳ b
	۶	۱/۵۳ cbdefg	۰/۶۶ abcdefg	۲/۱۹ abcdef	۰/۵۴ cdefg	۰/۴۳ abcd	۲۰/۴۴ gh	۱/۱۶ jkl	۱۰/۰۵ hij	۱۶/۸۹ efghij	۲۲ mnop	۳۹/۰۸ ab	۱۳۴ e	۲۳/۳۸ hijk	۸/۴۷ de
	۷	۱/۳۹ cdefgh	۰/۶۷ abcdef	۲/۰۶ abcdef	۰/۶۱ bcdef	۰/۴۸ abcd	۱۹/۸۵ gh	۰/۹۸ l	۵/۸۸ j	۱۳/۲۹ hijk	۶۷ a	۳۶/۱۱ bc	۱۲۵ efg	۳۲/۷۷ abc	۸/۷۹ d
	۸	۱/۴۳ cdefgh	۰/۴۷ bcdefg	۱/۹۱ bcdefg	۰/۴۳ efg	۰/۳۳ de	۱۸/۷۶ h	۱/۱۱ jkl	۸/۳۵ ij	۱۵/۹۴ efghijk	۲۳ lmno	۲۶/۸ gh	۱۳۰ ef	۲۸/۷۴ bcdefg	۵/۱۱ gh
	۹	۱/۴۸ bcdefg	۰/۵۸ abcdefg	۲/۰۶ abcdef	۰/۵۲ defg	۰/۳۹ bcde	۱۸/۰۱ h	۱/۳۱ ijkl	۱۰/۳۷ hij	۱۷/۷۹ fghi	۳۶ fghi	۱۷/۷۵ kl	۱۳۴/۳۳ e	۲۸/۷۷ bcdefg	۱۱/۵۹ b
	۱۰	۱/۸ abcd	۰/۵۵ abcdefg	۲/۳۴ abcde	۰/۶۴ bcdef	۰/۳۲ de	۲۲/۸۶ fg	۱/۰۵ kl	۷/۹۹ ij	۱۵/۶۶ efghijk	۴۴ cde	۴۰/۲۸ a	۱۳۴/۶۷ e	۲۶/۲۵ efghi	۶/۹۲ f
	۱۱	۱/۶۱ abcde	۰/۶۶ abcdef	۲/۲۷ abcdef	۰/۶۱ bcdef	۰/۴۱ bcde	۱۹/۴۶ gh	۰/۹۵ l	۵/۴۹ j	۱۳/۲۴ ijk	۵۰ bc	۲۶/۳۸ h	۱۰۸/۳۳ jk	۲۵/۸۵ efghi	۵/۰۵ h
	۱۲	۱/۷۹ abcd	۰/۷۸ abcde	۲/۵۷ abc	۰/۷ abcde	۰/۴۵ abcd	۲۶/۵۲ def	۱/۴۳ hijkl	۱۱/۳۱ hij	۱۸/۹۶ efg	۴۶ cd	۱۹/۵ ijkl	۱۴۷/۶۷ d	۲۷/۷۳ cdefgh	۸/۹۳ cd
	۱۳	۲/۰۳ a	۰/۵۳ abcdefg	۲/۵۶ abc	۰/۸۲ abc	۰/۲۷ de	۲۵/۶۶ def	۲/۴۳ defg	۱۵/۴۱ ghi	۳۰/۹۸ A	۶۱ a	۳۲/۲ def	۱۴۷/۳۳ d	۴۰/۰۱ a	۱۴/۶۸ a
	۱۴	۱/۹۱ ab	۰/۶۴ abcdefg	۲/۵۵ abc	۰/۴۷ efg	۰/۳۳ de	۲۰/۰۳ gh	۲/۰۲ efghijk	۱۴/۵۰ ghi	۲۹/۸۸ A	۲۵ klmn	۳۵/۳۹ cd	۱۲۸ ef	۳۳/۲۷ ab	۱۲/۱۵ b
	۱۵	۱/۸ abc	۰/۹۱ ab	۲/۷۱ a	۰/۶۹ abcde	۰/۵ abcd	۲۳/۴۳ efg	۱/۱۷ jkl	۱۰/۱۸ hij	۱۶/۹۸ efghij	۳۷ fgh	۳۳/۱۸ cde	۱۲۸/۳۳ ef	۲۸/۵۱ bcdefg	۹/۴۵ cd
تنش	۱	۱/۲ efghi	۰/۴۲ defg	۱/۶۲ efghij	۰/۴۱ efg	۰/۳۵ cde	۳۹/۱۲ a	۲/۳۴ defgh	۲۹/۰۵ de	۱۲/۹۴ Jk	۳۸ efg	۱۶/۱۲ lmn	۱۵۳ cd	۲۸/۸۱ bcdefg	۴/۶۶ hi
	۲	۱/۰۷ fghi	۰/۶۸ abcdef	۱/۷۵ defghij	۰/۷ abcde	۰/۶۴ abc	۲۸/۵۸ d	۳/۱۶ cd	۳۳ cd	۱۳/۴۲ hijk	۱۹ nopqr	۲۳/۰۵ i	۱۱۴/۳۳ hij	۱۰/۳۳ no	۲/۳۹ kl
	۳	۱/۳۶ cdefgh	۰/۹۶ a	۲/۳۲ abcdef	۰/۳۹ fg	۰/۷۲ a	۳۲/۴۹ c	۱/۹۵ efghijk	۳۰/۰۲ de	۸/۶۲ L	۲۱ mnop	۱۴/۲۴ mn	۱۴۶ d	۷/۱۳ o	۱/۰۲ m
	۴	۰/۸۲ i	۰/۲۲ g	۱/۰۴ j	۰/۳۵ g	۰/۲۹ de	۲۸/۱۴ d	۲/۸۴ de	۲۹/۹۹ de	۱۴/۶۵ ghijk	۱۷ opqr	۱۶/۹۶ klm	۱۷۱ b	۱۴/۵۳ mn	۲/۵۱ kl
	۵	۱/۳۱ efgh	۰/۶۲ abcdefg	۱/۹۳ bcdefg	۰/۸۷ ab	۰/۴۸ abcd	۳۸/۸۳ a	۵/۷۳ a	۴۹/۱۹ a	۱۷/۳۱ efghij	۳۲ ghij	۲۱/۴۷ ij	۱۱۱/۶۷ ij	۳۰/۰۷ bcdef	۶/۴۵ fg
	۶	۱/۳۷ cdefgh	۰/۴۷ bcdefg	۱/۸۴ cdefgh	۰/۴۸ efg	۰/۳۴ cde	۳۲/۸۰ c	۳/۸۹ bc	۳۰/۴۰ de	۱۵/۰۴ fghijk	۱۴ r	۲۲/۰۸ ij	۱۲۲/۶۷ fgh	۱۴/۵ mn	۳/۳۲ ij
	۷	۱/۳۲ defgh	۰/۶۱ abcdefg	۱/۹۴ bcdefg	۰/۷۹ abcd	۰/۴۶ abcd	۳۴/۳۶ bc	۳/۱۲ cd	۲۵/۰۳ ef	۱۱/۵ Kl	۵۴ b	۱۲/۸۴ nop	۱۰۸/۶۷ jk	۲۹/۶۶ bcdefg	۳/۷۹ hi
	۸	۱/۱۱ fghi	۰/۴۲ defg	۱/۵۳ ghij	۰/۳۶ fg	۰/۴۱ bcde	۳۴/۰۱ bc	۱/۱۴ jkl	۳۲/۶۸ cd	۱۴/۲۹ hijk	۱۷ opqr	۹/۶۵ p	۱۱۷ ghij	۲۰/۷۴ jkl	۲/۰۶ l
	۹	۱/۲ efghi	۰/۳۸ defg	۱/۵۸ fghij	۰/۵۱ defg	۰/۳۲ de	۳۹/۱۹ a	۵/۲۸ a	۴۴/۴۵ ab	۲۳/۹۲ Bc	۱۵ pqr	۲۶/۹۹ gh	۱۲۱/۶۷ fghi	۲۶/۵۳ efghi	۷/۱۷ ef
	۱۰	۰/۹۸ hi	۰/۳۲ fg	۱/۳ ij	۰/۴۳ efg	۰/۳۳ de	۳۳/۹۰ bc	۳/۰۷ cd	۲۰/۴۳ fg	۱۴/۳۸ hijk	۳۰ ijkl	۱۳/۴۹ no	۱۲۲/۶۷ fgh	۱۷/۳۶ lm	۲/۳۲ l
	۱۱	۱/۲۹ cdefgh	۰/۵۱ bcdefg	۱/۸۴ cdefgh	۰/۵۶ cdefg	۰/۴۲ bcde	۳۲/۳۵ cc	۱/۸۱ ghijkl	۲۱/۴۵ fg	۱۱/۶۵ Kl	۳۴ fghij	۱۰/۸۳ op	۹۹/۶۷ k	۲۱/۹۹ ijkl	۲/۴۰ kl
	۱۲	۱/۶۶ abcde	۰/۸۰ abcd	۲/۴۶ abcd	۰/۶۱ bcdef	۰/۴۹ abcd	۲۵/۵۶ def	۲/۰۷ efghi	۲۳/۹۸ ef	۱۷/۸۹ efgh	۳۳ ghij	۱۹/۸ ijk	۱۳۰/۳۳ ef	۲۵/۴۱ fghij	۵/۰۳ h
	۱۳	۱/۱ fghi	۰/۳۴ efg	۱/۴۴ hij	۰/۳۹ fg	۰/۳۱ de	۳۲/۴۸ c	۲/۷۹ def	۳۷/۶۹ bc	۱۲/۰۴ Kl	۴۰ def	۲۲/۱۳ ij	۱۳۳ e	۱۹/۵۲ kl	۴/۳ hi
	۱۴	۱/۰۶ ghi	۰/۴۴ cdefg	۱/۵ ghij	۰/۴۴ efg	۰/۳۹ bcde	۳۸/۴۴ a	۴/۴۳ b	۴۲/۳۳ b	۲۷/۷ Ab	۱۵ qr	۲۲/۵۶ ij	۱۱۵/۶۷ ghij	۴۰/۸ abcd	۹/۱۱ cd
	۱۵	۰/۸۲ i	۰/۴۹ bcdefg	۱/۳۵ ij	۰/۴۸ efg	۰/۵۴ abcd	۳۷/۱۸ ab	۴/۱۶ b	۳۹/۹۵ b	۱۹/۲۷ Ef	۲۷ jklm	۱۸/۸۷ jkl	۱۱۵ ghij	۲۷/۲ defgh	۵/۱۴ gh

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، اختلاف معنی دار ندارند.

[Downloaded from cjj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.39.5.9]

نتایج تحقیقات حشمتی و همکاران (۱۳۹۵) در گلرنک و حاجی بلند و همکاران (۱۳۹۳) در کلزا نشان داد که مقدار آنتوسیانین در سطوح مختلف تنش خشکی به طور یکنواخت نیست و گاهی با افزایش و یا کاهش مواجه است. تاجیک خاوه و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند تنش خشکی موجب کاهش تعداد برگ در سویا می‌شود. اثر تنش خشکی بر کاهش وزن بوته‌های ژنوتیپ‌های سویا در بررسی نواب پور و همکاران (۱۳۹۶) نیز گزارش شده است. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی در شرایط آبیاری عادی ضرایب بردارهای ویژه مشخص کردند که با ترکیبات متفاوتی از خصوصیات و صفات می‌توان عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ۵). طبق نتایج به دست آمده چهار مولفه اول ۸۵/۶۷ درصد واریانس کل را تبیین کردند به‌طوری که سهم مولفه اول تا چهارم به ترتیب ۳۸/۸۱، ۲۰/۶۵، ۱۵/۶۲ و ۱۰/۵۷ درصد بود. در مولفه اول کلروفیل a، فلاونوئید، درصد پروتئین دانه، وزن خشک هر بوته و عملکرد هر گلدان بیش‌ترین همبستگی را دارند. در مولفه دوم کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به b، پرولین و تعداد روز تا رسیدگی کامل گیاه بیش‌ترین سهم را در همبستگی این مولفه ایفا نمودند (جدول ۶). کلروفیل کل و آنتوسیانین درمولفه سوم بیش‌ترین اهمیت را دارند. در مولفه چهارم کاروتنوئید و تعداد برگ قرار بیش‌ترین سهم را دارند. در شرایط اعمال کم آبیاری چهار مولفه اول ۸۲/۲۶ درصد واریانس کل را تبیین کردند (جدول ۶)، به‌طوری که سهم مولفه اول تا چهارم به ترتیب ۳۵/۵۸، ۲۵/۲۰، ۱۳/۶۶ و ۷/۸۰ درصد بود. در مولفه اول آنتوسیانین، فلاونوئید، پرولین، درصد پروتئین دانه، شاخص برداشت و عملکرد هر گلدان بیش‌ترین همبستگی را دارند. در مولفه دوم کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و نسبت کلروفیل b به a بیش‌ترین سهم را در همبستگی این مولفه ایفا نمودند. وزن خشک بوته درمولفه بیش‌ترین اهمیت را در مولفه سوم دارند. در مولفه چهارم کلروفیل a و تعداد روز تا رسیدگی کامل گیاه قرار بیش‌ترین سهم را دارند. با توجه به این که مولفه اول تغییراتی را که در برمی‌گیرد، توسط مولفه دوم تبیین نمی‌شود و دو مولفه مستقل از هم‌دیگر هستند، به این جهت دو مولفه را به صورت محور عمود برهم و به شکل یک نمودار بای پلات رسم شد تا جهت تعیین تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف و تعیین ژنوتیپ‌های دور و نزدیک استفاده شود. در شرایط آبیاری عادی بر اساس دو مولفه اول و تعادل بین همه صفات ژنوتیپ‌های ۵، ۱۳ و ۱۴ در راستای بردارهای کلروفیل a، کلروفیل کل، آنتوسیانین، فلاونوئید، درصد پروتئین دانه، عملکرد و شاخص برداشت قرار گرفته‌اند (شکل ۱). در شرایط اعمال تنش ۵، ۹، ۱۴ و ۱۵ در راستای جهت بردارهای صفات شاخص برداشت، پرولین، عملکرد، فلاونوئید، وزن خشک بوته، آنتوسیانین و درصد پروتئین دانه قرار گرفته اند. ژنوتیپ های ۲، ۳، ۷، ۱۱ و ۱۲ در جهت بردارهای کلروفیل های a، b و کل، نسبت کلروفیل a به b و تعداد برگ قرار دارند (شکل ۲). بنابراین کلروفیل اثر مثبت بر عملکرد گیاه دارد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۰). اما بسیاری از پروتئین‌ها بر گیاه اثر مثبتی دارند. در شرایط معمولی روال ساخت پروتئین‌ها ادامه دارد، ولی در شرایط تنش بخش دیگری از پروتئین‌ها وارد سیستم متابولیک گیاه می‌شوند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

این قبیل پروتئین‌ها همانند پروتئین‌های عکس العمل نشان دهنده به اسید آبسیزیک، دهیدرین‌ها، پروتئین‌های ذخیره‌ای رویشی هستند. بسیاری از اسیدهای آمینه مانند پرولین و پروتئین‌های دیگر مانند کافئات متیل ترانسفراز مرتبط با لیگنینی شدن گلیکولیز و چرخه کربس (انولاز وتریوز فسفات ایزومراز) نسبت به تنش آبی افزایش نشان می‌دهند، همچنین میزان پروتئین کل و آمینواسیدهای آزاد در ارقام متحمل و حساس در مواقع زیادی افزایش می‌یابند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین افزایش انواع پروتئین در شرایط تنش می‌تواند موجب حفظ عملکرد دانه شود. مثلا پروتئین Gβ برای بقا و رشد گیاه ضروری است. Gα پایه‌ای برای گسترش دانه می‌باشد. سه پروتئین Gγ، DEP1، GGC2 وGS3 ، اندازه دانه را تنظیم می‌کنند. ترکیبات مختلف پروتئین در دانه می‌تواند حجم و وزن دانه را کاهش یا افزایش دهد. بنابراین وجود گسترده چنین سیستم حفاظت شده در گیاه، یک رویکرد قابل پیش بینی قابل قبول را برای اندازه دانه (عملکرد) ارقام نشان می‌دهد (Sun *et al.*, 2018). گیاهان برای مقابله با تنش‌ها مکانیسم‌های دفاعی مختلفی شامل آنزیمی و غیرآنزیمی به‌کار می‌برند. آسکوربات، توکوفرول، کاروتنوئیدها و ترکیب‌های متفرقه ازجمله فلاونوئیدها، مانیتول‌ها و پلی فنول‌ها می باشد. وجود رنگیزه‌های محافظ مانند کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها از تخریب بیش‌تر مولکول کلروفیل در هنگام تنش جلوگیری به عمل می‌آورند (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱).

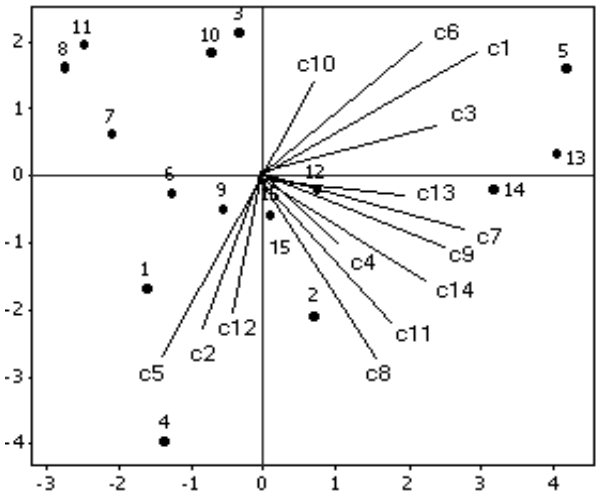
جدول ۵: تجزیه به مولفه های اصلی در بررسی روابط بین عملکرد و سایر صفات ژنوتیپ‌های سویا تحت تاثیر تنش و عدم تنش کم آبیاری

	عدم تنش				تنش			
صفات	PC1	PC2	PC3	PC4	PC1	PC2	PC3	PC4
کلروفیلa	۰/۳۳	-۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۱	-۰/۱۴	۰/۲۹	-۰/۰۴	۰/۴۸
کلروفیلb	-۰/۱۱	۰/۴۲	۰/۱۶	۰/۲۶	-۰/۲۰	۰/۴۱	۰/۲۳	-۰/۰۴
کلروفیل کل	۰/۲۸	-۰/۰۳	۰/۳۶	۰/۳۲	-۰/۱۹	۰/۴۴	۰/۰۹	۰/۲۶
کاروتنوئید	۰/۲۳	۰/۱۶	-۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۰۴	۰/۴۲	-۰/۱۳	-۰/۲۱
نسبت کلروفیل a به b	-۰/۲۱	۰/۴۷	-۰/۰۱	۰/۲۴	-۰/۱۸	۰/۳۱	۰/۲۶	-۰/۴۱
آنتوسیانین	۰/۲۶	-۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۳۱	۰/۰۳	-۰/۱۹	-۰/۲۵
فلاونوئید	۰/۴۱	۰/۰۷	۰/۰۲	-۰/۱۳	۰/۳۷	۰/۱۴	۰/۱۲	-۰/۱۴
پرولین	۰/۲۵	۰/۳۸	۰/۲۲	-۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۰۹	۰/۲۳	-۰/۱۹
درصد پروتئین دانه	۰/۳۹	۰/۱	۰/۰۳	-۰/۲۱	۰/۳۸	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۱۸
تعداد برگ	۰/۰۸	-۰/۱۴	-۰/۳۴	۰/۵۴	-۰/۰۹	۰/۱۷	-۰/۵۷	-۰/۰۰۱
وزن خشک بوته	۰/۲۹	۰/۲۴	-۰/۱۴	-۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۱	۰/۳۶	۰/۲۳
تعداد روز تارسیدگی کامل	-۰/۰۳	۰/۳۹	۰/۲۴	۰/۰۵	-۰/۰۸	-۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۴۱
شاخص برداشت	۰/۱۸	۰/۰۶	-۰/۵۳	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۱۶	-۰/۴۲	۰/۱۳
عملکرد هر گلدان	۰/۳۳	۰/۱۷	-۰/۳۲	-۰/۰۶	۰/۴۰	۰/۱۷	-۰/۰۵	۰/۲۵
مقدار ویژه	۵/۴۳	۲/۸۹	۲/۱۸	۱/۴۸	۴/۹۸	۳/۵۲	۱/۹۱	۱/۰۹
درصد واریانس	۳۸/۸۱	۲۰/۶۵	۱۵/۶۲	۱۰/۵۷	۳۵/۵۸	۲۵/۲۰	۱۳/۶۶	۷/۸۰
درصد واریانس تجمعی	۳۸/۸۱	۵۹/۴۹	۷۵/۰۹	۸۵/۶۷	۳۵/۵۸	۶۰/۷۹	۷۴/۴۵	۸۲/۲۶

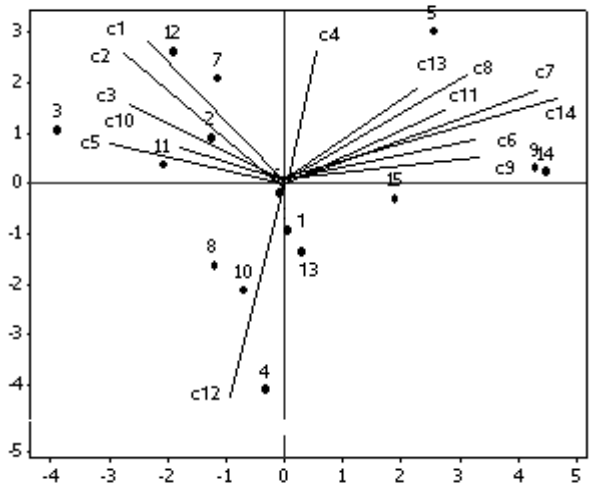
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط آبیاری عادی نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ۷، ۸، ۱۰ و ۱۱ در یک گروه قرار می‌گیرند، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۹، ۴، ۳، ۱۲و ۱۵ می باشد و گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های ۵، ۱۳ و ۱۴ است که با بای پلات حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی مطابقت دارد (شکل ۳). نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ۱۳، ۸، ۱۰ و ۴ در یک گروه قرار می‌گیرند، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های ۲، ۶، ۳، ۷، ۱۱ و ۱۲ می‌باشد و گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های ۵، ۹، ۱۴ و ۱۵ است که با بای پلات حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی مطابقت دارد (شکل ۴).



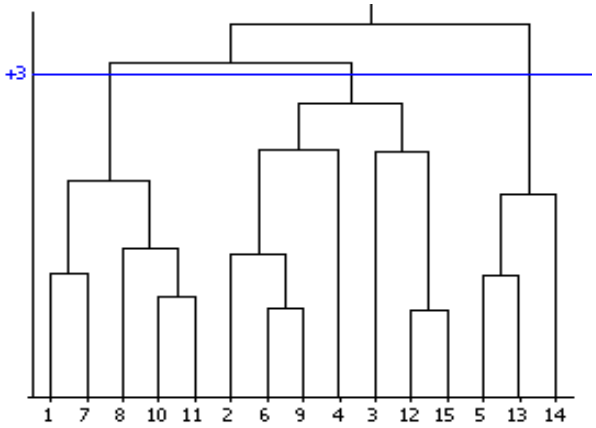
شکل ۱: نمودار دو بعدی گروه‌بندی ژنوتیپ‌های بر اساس عامل اول و دوم حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی در شرایط آبیاری عادی



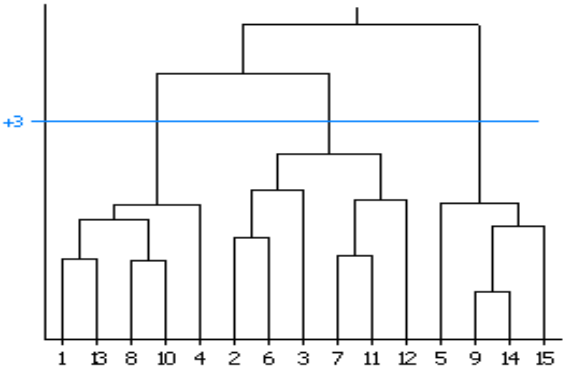
شکل ۲: نمودار دو بعدی گروه‌بندی ژنوتیپ‌های بر اساس عامل اول و دوم حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی در شرایط تنش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]



شکل ۳: نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های سویا تحت تاثیر آبیاری عادی



شکل ۴: نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های سویا تحت تاثیر تنش خشکی

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج این پژوهش وجود تنوع بین ژنوتیپ‌های سویا و خصوصیات مورد بررسی در شرایط خشکی و بدون خشکی را تایید کرد. طبق تجزیه به مولفه‌های اصلی نقش آنتوسیانین، فلاونوئید، پرولین و درصد پروتئین دانه در شرایط تنش بیش‌تر نشان داده شد، ولی در شرایط عادی کلروفیل و برخی صفات ظاهری موثرتر بودند. تجزیه خوشه‌ای نیز نشان داد، بهترین ژنوتیپ‌ها در شرایط عادی ۵ از فرانسه، ۱۳ و ۱۴ از کره هستند و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های ۵ از فرانسه، ۹ از ژاپن، ۱۴ از کره و ۱۵ از روسیه می‌باشند.

منابع

احمدی، ک.، قلی زاده، ه .، آبادزاده، ه.، حسین پور، ر.، عبدشاه، الف.، کاظمیان، الف. و رفیعی، ه. ۱۳۹۶. آمارنامه سالیانه. انتشارات سازمان ترویج کشاورزی. ۴۲۰ ص.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

امرایی، ب.، پاک‌نژاد، ف.، ابراهیمی، م. و سبحانیان، ح. ۱۳۹۶. اثر محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر عملکرد دانه و شاخص‌های رشد سویا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹ (۳۴): ۱۲۹-۱۱۱.

پوردهقان، م.، مدرس ثانوی، ع.، قناتی، ف. و کرمی، س. ۱۳۹۳. ارزیابی تأثیر هگزاکونازول بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک تحمل به کم‌آبی در دو رقم سویا. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۱(۱): ۱۹۸-۱۸۳.

تاجیک خاوه، م.، الهدادی، الف.، دانشیان، ج. و آرمند پیشه، الف. ۱۳۹۰. بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر گره-زایی و رشد سویا تحت تنش آبی بذر. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۳۳ (۳): ۳۴۶-۳۳۷.

حاجی بلند، ر.، کیوانفر،ن.، جودمند، الف.، رضائی، ح. و یوسف نژاد، م. ۱۳۹۳. تأثیر تیمار سلنیم روی تحمل تنش خشکی در گیاه کلزا. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۲۷ (۴): ۵۶۸-۵۵۷.

حشمتی، س.، امینی دهقی، م.، رضازاده، ع. و فتحی امیرخیز، ک. ۱۳۹۵. بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های مختلف فسفر بر خصوصیات فیزیولوژیکی رنگدانه‌های فتوسنتزی و قندهای محلول در گلرنگ تحت شرایط کمبود آب. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۴(۲): ۳۱۷-۳۰۴.

رهنمایی تک، ع.، واعظی، ش.، مظفری، ج، و شاه نجات بوشهری، ع. ۱۳۸۴. امکان جایگزینی ارزیابی گلخانه ای تنوع ژنتیکی لوبیا چیتی به جای ارزیابی مزرعه ای. اولین همایش ملی حبوبات. ۶۳۶-۶۳۸.

عباسی، ع.، رحمانی، م. و وفایی، ر. ۱۳۹۰. بیوشیمی گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران. ۸۰۰ ص.

قربانلی، م. و کیاپور، ع. ۱۳۹۱. بررسی اثر غلظت‌های مختلف مس بر رنگیزه‌ها و فعالیت سیستم‌های دفاعی غیرآنزیمی و آنزیمی در گیاه خرفه. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۲): ۲۴۷-۲۳۵.

قربانی، م. و نیکان، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان۳. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم. ۵ (۱): ۵۵۰-۵۳۷.

کافی، م.، برزویی، الف.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی. ۵۰۲ صفحه.

کامروا، س.، بابائیان جلودار، ن. و باقری، ن. ۱۳۹۶. تاثیر تنش خشکی بر صفات کلروفیل و پرولین در ژنوتیپ‌های مختلف سویا. پژوهش‌نامه اصلاح گیاهان زراعی. ۹ (۲۳): ۱۰۴-۹۵.

نواب پور، س.، هزارجریبی، ا. و مازندرانی، ا. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مهم زراعی و میزان پروتئین و روغن دانه در ژنوتیپ‌های سویا. تنش‌های محیطی در علوم زراعی.۱۰ (۴): ۵۰۳-۴۹۱.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]

نه بندانی، ع.، سلطانی، الف.، زینلی، الف.، رئیسی، س. و نجفی، ر. ۱۳۹۵. استفاده از الگوی دو مرحله‌ای برای توصیف تسهیم ماده خشک بین برگ و ساقه ارقام سویا. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۱): ۸۷-۷۶.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Teare, D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant And Soil, 39 (1): 205-207.

Chowdhury, J., Karim, M., Khaliq, Q. and Ahmed, A. 2017. Effect of drought stress on bio-chemical change and cell membrane stability of soybean genotypes. Bangladesh Journal. Agril. Res. 42 (3): 475-485.

Fang, X. W. and Li, F. M. 2017. Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* L. Merr.) Under drought. Agricultural Water Management, 179:236–245.

Food and Agriculture Organization. 2017. The impact of disasters and crises on agriculture and food security in FAO. Retrieved Feb 15, 2018, from http://www.fao.org/biodiversity.

Fritsche-Neto, R. and Borém, A. 2012. Plant Breeding For Abiotic Stress Tolerance. Departamento de Fitotecnia Universidade Federal de Viçosa.

He, J., Du, Y. L., Wang, T., Turner, N. C., Yang, R. P., Jin, Y., Xi, Y., Zhang, C., Cui, T.,

Krizek, D.T., Britz, S. J. and Mirecki, R. M. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. new red fire lettuce. Physiologia Plantarum, 103: 1-7.

Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148: 350-382.

Sarkar, k., Mannan, M., Haque, M. and Ahmed, J. 2015. Physiological basis of water stress tolerance in soybean**.** Bangladesh Agron. Journal. 18 (2): 71-78.

Sun, S., Wang, L., Mao, H., Shao, L., Xiao, Ouyan, Y. and Zhang, Q. 2018. J A G-protein pathway determines grain size in rice. Nature Communications.9 (1):1-11.

Tritieth Mabulwana. B. 2013 .Determination of drought stress tolerance among soybean varieties using morphological and physiological markers. UNIVERSITY OF LIMPOPO. 96p

Wagner, G. J. 1979. Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology, 64: 88-93.

Wang, W., Wang, C., Pan, D., Zhang, Y., Luo, B. and Ji, J. 2018. Effects of drought stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence images of soybean (*Glycine max*) seedlings. Int Journal Agric & Biol Eng. 11 (2): 196-201.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.39.5.9]