اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، گلایسین‌بتائین و گاما آمینوبوتیریک اسید برخصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی کارلا (*Momordica charantia* L.) تحت تنش کم‌آبی

افسون رضایی علولو، عزیزاله خیری*، محسن ثانی‌خانی و مسعود ارغوانی

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۷/۲۹)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سطوح مختلف سالیسیلیک اسید، گلایسین‌بتائین و گاما آمینوبوتیریک اسید بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی کارلا (*Momordica charantia* L.) تحت تنش کم‌آبی آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان فاکتور اصلی و دو سطح سالیسیلیک اسید (۲ و ٤ میلی‌مولار)، گلایسین‌بتائین (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) و گاما آمینوبوتیریک اسید (۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) به‌همراه شاهد به‌عنوان فاکتور فرعی به‌کار برده شدند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل (۱/۷۲ میلی‌گرم بر گرم) در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با ۵۰ میلی‌مولار گلایسین‌بتائن حاصل شد. کاربرد برگی ۵۰ میلی‌مولار گلایسین‌بتائین در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین میزان کاروتنوئید (۰/۷۹ میلی‌گرم بر گرم) و آنتوسیانین (۵/۵۱ میکرومول بر گرم) را موجب شد. حداکثر مقدار فنل (۲۰/۱۱ میلی‌گرم بر گرم) و فلاونوئید کل (٤/٤۱ میلی‌گرم بر گرم) در تنش کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با ۱۰۰ میلی‌مولار گلایسین‌بتائین به‌دست آمد. کاربرد ٤ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حداکثر مقدار ویتامین ث (٦۵/٤۵ میلی‌گرم بر گرم) میوه را موجب شد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۷/۱۸٪) با محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی مولار گلایسین‌بتائین در تنش کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده کاربرد سطوح مختلف گلایسین‌بتائین در شرایط تنش کم‌آبی جهت تعدیل شرایط تنش و بهبود خصوصیات فیزیولوژیک گیاه کارلا پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، فنل کل، خربزه تلخ، گابا، ویتامین C

مقدمه

گیاه دارویی کارلا با نام انگلیسی Bitter melon، از تیره کدوئیان (Cucurbitaceae)، یک‌ساله، با میوه‌های تخم‌مرغی شکل، خاردار و گوشتی شکوفا با سه شیار نامنظم است (Anliakumar *et al*., 2015). مرکز اصلی منشاء آن در شرق هند و جنوب چین می‌باشد. ولی تنوع گونه زیادی در آفریقا دارد (Luqman *et al*., 2013). برخلاف سایر سبزیجات تیره کدوئیان که طعم تلخ آنها مربوط به کوکوربیتاسین است طعم تلخ خربزه تلخ به‌دلیل وجود آلکالوئید مومورديسین و گلیکوزیدهای تری‌ترپنی (L and K momrdicoside) است (Tusar *et al*., 2010).

تنش‌های محیطی از مهمترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: kheiry@znu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

گیاهان زراعی در جهان هستند. خشکی به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی شناخته‌شده و موجب تغییر در برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک رشد گیاه می‌شود. تنش کم‌آبی می‌تواند از برخی فعالیت‌های فیزیولوژیکی مانند تعرق، فتوسنتز، طویل شدن بافت‌ها و اندام‌ها ممانعت نموده و یا حتی باعث توقف آنها شود (دلفانی و همکاران، ۱۳۹٤).

از جمله ترکیباتی که در شرایط تنش‌های غیرزیستی در جاروب‌کردن رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن نقش ایفا می‌کنند، ترکیبات فنلی هستند که متابولیت‌های غنی از کربن و به‌عنوان گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی است (Dicko *et al.*, 2005). آسکوربیک اسید یا ویتامین ث نیز از ترکیباتی است که به‌وفور در گیاهان یافت می‌شود و دارای چندین نقش فیزیولوژیکی در گیاهان است به‌عنوان مثال در فرایندهای رشد، تمایز و متابولیسم شرکت دارد. آسکوربیک اسید قادر است در جاروب‌کردن رادیکال‌ها شرکت کند (قربانلی، ۱۳۸۷).

سالیسیلیک اسید ترکیبی فنلی است که به‌عنوان شبه هورمون دارای اثراتی بر متابولیسم، بیوسنتز، فعالیت‌های اکسیداتیو و فعالیت‌های زیستی نظیر رشد و نمو، فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال یون‌ها، تغییر فعالیت برخی آنزیم‌های مهم و ساختار کلروپلاست است (Borsani *et al.*, 2001). در یک بررسی کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاهچه‌های خیار باعث بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شد. علاوه بر این اثرات مخرب خشکی بر روی گیاه با کاربرد سالیسیلیک اسید کاهش پیدا کرد (بیات و همکاران، ۱۳۹۰).

گلایسین‌بتائین به‌طور کلی یک ترکیب مشتق‌شده از اسید آمینه گلایسین است که در بسیاری از میکروارگانیسم‌ها، گیاهان عالی و حیوانات یافت می‌شود. گلایسین‌بتائین یک متابولیت آلی کوچکی است که در آب بسیار قابل حل است و در غلظت‌های بالا غیرسمی است. به‌طور کلی میزان تجمع گلایسین‌بتائین با میزان تحمل به تنش‌ها همبستگی نشان می‌دهد. گلایسین‌بتائین بر روی تثبیت یا ثبات ساختار آنزیم‌ها، کمپلکس‌های پروتئینی، حفظ و نگه‌داری غشاها در دماهای غیرفیزیولوژیکی و تنش شوری مؤثر است. محلول‌پاشی یا کاربرد آن از طریق برگ‌ها سبب می‌شود که این محلول به سرعت توسط بافت‌های برگی جذب شوند. همچنین این محلول از طریق ریشه نیز جذب می‌گردد (Chen and Murata, 2008). در یک بررسی مشاهده شد که تیمار بوته‌های انگور با گلایسین‌بتائین تحت شرایط تنش کم‌آبی باعث افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول و همچنین افزایش تحمل به خشکی گردید (زمانی و همکاران، ۱۳۹۱).

گاما آمینوبوتیریک اسید (GABA، گابا) یک اسید آمینه چهار کربنه غیرپروتئینی است که جزء اصلی منبع آمینو اسیدهای آزاد در اکثر پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها است. از لحاظ ساختاری یک مولکول انعطاف‌پذیر است که می‌تواند در حالت محلول چندین ساختار از جمله ساختار حلقوی شبیه به اسید آمینه پرولین را از خودش نشان دهد (Shelp *et al.*, 1999). گابا یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که می‌تواند رشد و عملکرد را در محصولات مختلف کنترل کند و اثر قابل توجهی روی تنظیم رشد داشته باشد. گابا سبب افزایش سطح هورمون‌های درونی گیاه می‌شود که درنتیجه بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد کل مؤثر است (Hoque, 2002). هدف از پژوهش حاضر بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه کارلا به کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید، گلایسین‌بتائین و گاما آمینوبوتیریک اسید در شرایط تنش کم‌آبی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹٦ به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان واقع در طول جغرافیایی ۳٦ درجه و ٤۰ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ٤۸ درجه و ۲٤ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۹٦/۳۷ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از اجرای تحقیق، از عمق ۳۰ -۰ سانتی‌متری نقاط مختلف خاک مزرعه نمونه‌برداری و برای تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آزمایش خاک در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

رس	سیلت	شن	بافت خاک	پتاسیم	فسفر	کلسیم	ماده آلی	نیتروژن	EC	pH
درصد				گرم بر کیلوگرم			درصد			
۳۷	۳۸	۲۵	لوم رسی	۰/۹٤	۰/۲۰	۰/۰۱٦	۰/۱۲	۰/۰۷	۱/٤۹	۷/٤

جدول ۱ ارائه شده است.

تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان فاکتور اصلی و تیمارهای سالیسیلیک اسید دو سطح (۲ و ٤ میلی‌مولار)، گاما آمینوبوتیریک اسید (۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) و گلایسین‌بتائین (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) به‌همراه شاهد، فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. در بهار بعد از انجام عملیات تهیه زمین در ۱۰ خرداد بذرهای خربزه تلخ رقم PALEE F1 که از شرکت EAST-WEST SEED توسط جهاد کشاورزی زابل تهیه شده بودند برای تسریع در جوانه‌زنی به‌مدت ۲٤ ساعت خیسانده شدند و سپس به‌صورت مستقیم در زمینی از قبل آبیاری‌شده در ٦۳ واحد آزمایشی با فاصله ۱/۵۰ متری بین ردیف‌ها و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۷۵ سانتی‌متر در ردیف‌هایی به طول ۵ متر در عمق ۲ سانتی‌متری کشت شدند. فاصله بین سطوح تنش کم‌آبی ۲ متر در نظر گرفته شد. آبیاری بذرها به روش قطره‌ای و با استفاده از تیپ، به‌مدت چهار روز به‌طور روزانه و تا مرحله چهار برگی به‌صورت یک روز در میان و تا استقرار کامل گیاه آبیاری به‌صورت سه روز در میان صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد به‌صورت دستی انجام شد. پس از استقرار کامل گیاه در خاک اولین محلول‌پاشی در مرحله ۱۲-۱۰ برگی انجام شد. برای تعیین میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی از معادله (۱) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که ابتدا همه ردیف‌های کاشت به یک اندازه آبیاری شدند و حجم آب مصرفی با قراردادن بشر مدرج زیر یکی از سوراخ‌های تیپ اندازه‌گیری شد. بعد از گذشت ۲٤ ساعت از آبیاری از عمق توسعه ریشه (۰-۳۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری گردید. نمونه‌های برداشت‌شده توزین و به آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. پس از مشخص‌شدن درصد رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی مزرعه، تنش کم‌آبی در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تعیین گردید. به‌منظور کنترل رطوبت خاک هر روز از عمق توسعه ریشه از سطح خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری گردید. پس از گذاشتن نمونه‌ها در آون و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت موجود در خاک مشخص شده ودر صورت نیاز به آبیاری اقدامات لازم صورت گرفت. میزان آب تعیین‌شده در حد ظرفیت زراعی برای هر سطح تنش کم‌آبی در هر بار آبیاری با قراردادن بشر مدرج زیر یکی از سوراخ‌های تیپ در هر سطح آبیاری اندازه‌گیری شد. اعمال تنش کم‌آبی یک هفته بعد از اولین محلول‌پاشی در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و۵۰ درصد ظرفیت زراعی) اعمال شد. همچنین بوته‌ها دو نوبت نیز در فاز زایشی (گلدهی) با فاصله ۱۰ روز با غلظت‌های تعیین‌شده محلول‌پاشی شدند. ۱۰ روز بعد از آخرین محلول‌پاشی از هر واحد آزمایشی با حذف اثر حاشیه‌ای از ٤ بوته نمونه‌بردای و برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه دانشگاه زنجان منتقل شد.

معادله (۱)

= درصد رطوبت در ظرفیت زراعی

۱۰۰× وزن خاک خشک /(وزن خاک خشک – وزن خاک تر)

صفات مورد اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری کلروفیل کل و کاروتنوئید از روش Arnon (۱۹٦۷) استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ وزن شد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و پس از سانتریفوژکردن با دور پنج هزار به‌مدت ده دقیقه مقدار جذب در طول‌موج‌های ٦٦۳، ٦٤۵، ۵۱۰ و ٤۸۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SAFAS MONACO (RS 232) خوانده شد و در نهایت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آورده شد. در این رابطه (V) حجم نهایی عصاره، (A) جذب نور در طول موج‌های مشخص، (W) وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

Total Chl = [20.2 (A645)+ 8.02 (A663)]×V/(W×1000)
Car = [7.6 (A480) – 1.49 (A510)]× V/(W×1000)

میزان فلاونوئید کل به روش رنگ سنجی آلومینیوم کلراید با استفاده از کوئرسیتین به‌عنوان استاندارد به روش Chang و همکاران (۲۰۰۲) اندازه‌گیری شد. ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ با ۱۰ سی‌سی متانول اسیدی در هاون چینی ساییده شد. به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره صاف‌شده ۱/۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر آلومینیوم‌کلراید ۱۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه شد و مخلوط حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه نگه‌داری شد. میزان جذب نوری در طول‌موج ٤۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. با قراردادن مقدار جذب نمونه‌ها در معادله مربوط به منحنی استاندارد مقدار فلاونوئید کل موجود در عصاره‌ها محاسبه شد و محتوای فلاونوئید بر حسب معادل اکی‌والان‌های کوئرستین بر گرم وزن عصاره تر محاسبه شد.

میزان فنل کل براساس روش فولین سیو کالتیو با استفاده از گالیک اسید به‌عنوان استاندارد به روش Meda و همکاران (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد. به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره صاف‌شده ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲ درصد، ۲/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیو کالتیو۵۰ درصد اضافه شد و نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق نگه‌داری شدند. میزان جذب در طول‌موج ۷۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. با قراردادن مقدار جذب نمونه‌ها در معادله مربوط به منحنی استاندارد، مقدار فنل کل موجود در عصاره‌ها محاسبه شد در نهایت داده‌ها براساس معادل میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر گیاه محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل مقدار ۰/۱ گرم از پوشش ژله قرمز رنگ اطراف بذر با ۵ میلی‌لیتر محلول متانول اسیدی ۱ درصد در یک هاون چینی ساییده شد. محلول به‌مدت ۲٤ ساعت در یخچال نگه‌داری شد. سپس محلول به‌مدت ۱۵ دقیقه و در ٦۰۰۰ دور سانتریفوژ گردید. جذب محلول‌های فاز رویی در طول‌موج‌های ۵۵۰ نانومتر خوانده شد. از محلول متانول اسیدی ۱ درصد به‌عنوان شاهد استفاده شد. میزان آنتوسیانین برای هر عصاره بر حسب میکرومول بر گرم با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید که (A) مقدار جذب، (ε) ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ بر مول بر سانتی‌متر، (b) عرض کوت برابر یک سانتی‌متر و (c) مقدار آنتوسیانین را نشان می‌دهد (Mancinelli *et al*., 1998).

$A= \varepsilon b c$

برای اندازه‌گیری آسکوربیک اسید (ویتامین ث) از روش AOAC (۲۰۰۰) با اندکی تغییر استفاده شد. ابتدا متافسفریک ۱ درصد تهیه شد (۱۰ گرم در یک لیتر). ۰/۱ گرم از بافت میوه با ٦ سی‌سی از محلول متا فسفریک به‌خوبی ساییده شد و در ٦۰۰۰ دور به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتیگراد سانتریفوژ شد. سپس محلول رویی جمع‌آوری گردید. ۵۰ میلی گرم از پودر دی‌کلرو ایندوفنل در ۲۰۰سی‌سی آب گرم حل شد و به آن ٤۲ میلی گرم بی‌کربنات سدیم اضافه شد. این ماده رنگی داخل فویل و در یخچال به‌مدت کوتاه نگه‌داری شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره استخراج شده به دو میلی‌لیتر از محلول رنگی اضافه شد و جذب محلول حاصل در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. غلظت ویتامین C با استفاده از منحنی استاندارد تهیه‌شده از غلظت‌های مختلف آسکوربیک اسید در حضور دی‌کلرو ایندوفنل و بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بیان شد.

مواد جامد محلول (TSS) آب‌میوه با دستگاه رفراکتومتر چشمی مدل ATAGO Brixo-32 به روش McGlone و همکاران (۲۰۰٤) بر حسب درجه بریکس خوانده شد.

آنالیز داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS V9 و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۱ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار آبیاری بر کلروفیل کل، کاروتنوئید، آنتوسیانین، فنل و فلاونوئید کل، ویتامین ث و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری گابا (GA)، گلایسین‌بتائین (GB) و سالیسیلیک اسید (SA) بر برخی صفات فیزیولوژیک کارلا

منابع تغییرات		میانگین مربعات						
	df	کلروفیل کل	کاروتنوئید کل	آنتوسیانین	فنل کل	فلاونوئید کل	ویتامین ث	**مواد جامد محلول**
تکرار	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰٤	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۱	۵/۷۵	۰/۹٦
آبیاری	۲	۰/۱۰**	۰/۰۸۳**	۱/۳۲**	۸۲/۸۷**	۲۰/۸۵**	۲٦۲۸/۹۳**	۱۵/۰۸**
خطای کرت اصلی	٤	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۰۳	۵/٤۱	۰/۱۵
محلول‌پاشی	٦	۰/۳۷**	۰/۰۷۲**	٤/۹٦**	۹/۰۹**	۲/۲۰**	۲۸۹/۵٦**	۸/٦۷**
آبیاری × محلول‌پاشی	۱۲	۰/۰۱*	۰/۰۰۹**	۰/۵۳**	۱/۱۸**	۰/۲٤**	۲٦/۷٤**	۰/٦۲**
خطای کرت فرعی	۳٦	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰٤	۰/۰٦	۰/۰۲	۵/۷۰	۰/۱۹
ضریب تغییرات (درصد)		۳/٤۵	٦/۱۱	٤/۷۱	۱/۵٤	٦/۲۳	۵/۱۱	۹/۲٤

****، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم‌معنی‌داری**

مواد جامد محلول (TSS) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌داری بود. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، گلایسین‌بتائین و گابا افزایش معنی‌دار تمام صفات مورد اندازه‌گیری را سبب شدند. برهمکنش رژیم آبیاری و محلول‌پاشی بر همه صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

کلروفیل کل: طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش شدت تنش کم‌آبی میزان کلروفیل کل به‌شدت کاهش یافت به طوریکه مقدار آن از ۱/۳۲ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۱/۰۳ میلی‌گرم بر گرم در تنش کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رسید. در برهمکنش آبیاری با محلول‌پاشی بیشترین مقدار کلروفیل کل (۱/۷۲ میلی‌گرم برگرم) در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با کاربرد ۵۰ میلی‌مولار گلایسین‌بتائین حاصل شد (شکل ۱).

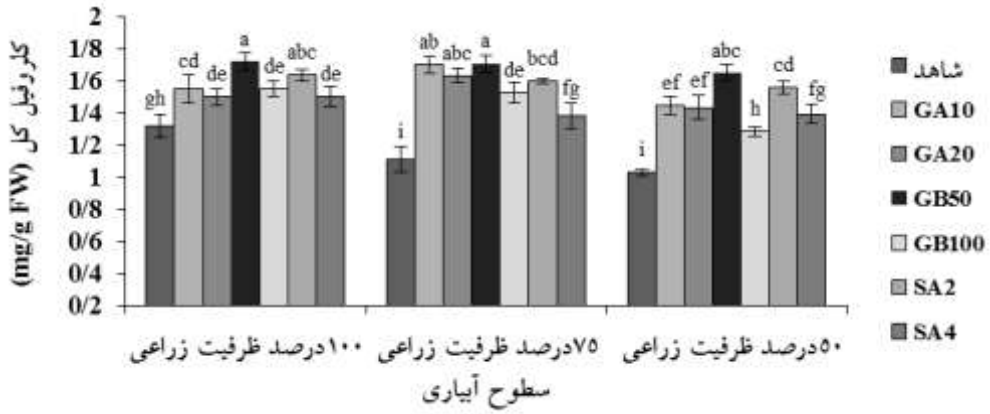
کاروتنوئید کل: طبق نتایج با افزایش شدت تنش کم‌آبی میزان کاروتنوئید از ۰/۲٦ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۰/۵۲ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش یافته بود. در برهمکنش رژیم‌های مختلف آبیاری با الیسیتورها حداکثر مقدار کاروتنوئید (۰/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با ۵۰ میلی‌مولار گلایسین‌بتائین در تنش کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (شکل ۲).

آنتوسیانین: طبق نتایج حاصل اعمال تنش کم‌آبی موجب افزایش مقدار آنتوسیانین کل گردید و مقدار این رنگیزه از ۱/۹۲ میکرومول بر گرم در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۳/۷۰ میکرومول بر گرم در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رسید. در برهمکنش آبیاری با محلول‌پاشی بیشترین مقدار آنتوسیانین (۵/۵۱ میکرو مول بر گرم) در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با ۵۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین به‌دست آمد (شکل۳).

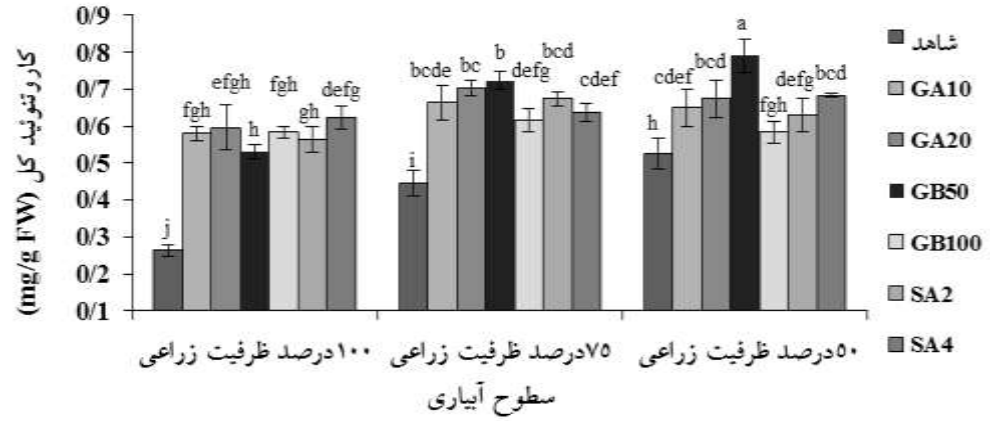
فنل کل: نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش کم‌آبی باعث افزایش میزان فنل کل از ۱۲/۲٦ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۱٦/۵۹ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی شد. بیشترین مقدار فنل کل (۲۰/۱۱ میلی‌گرم بر گرم) با ۱۰۰ میلی‌مولار گلایسین‌بتائین در تنش کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (شکل ٤).

فلاونوئید کل: مطابق با نتایج با افزایش شدت تنش کم‌آبی میزان فلاونوئید کل از ۰/۵۱ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۲/۹۰ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش پیدا کرد. بیشترین

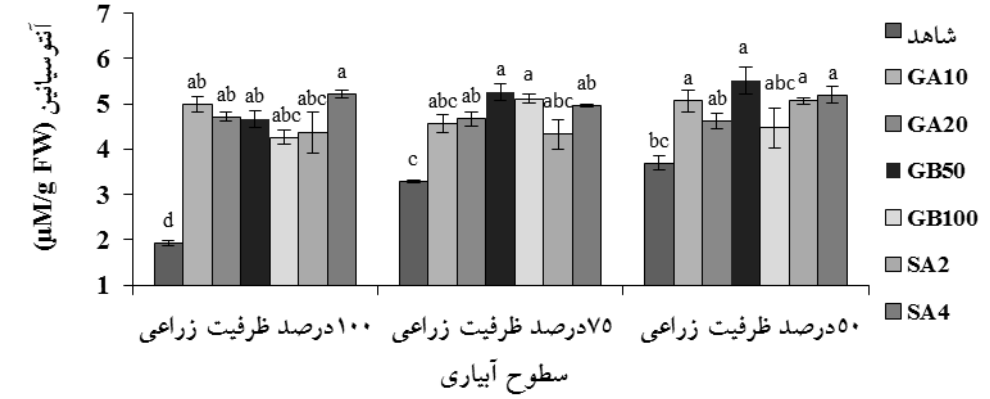
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]



شکل ۱- اثر متقابل تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید (SA)، گلایسین‌بتائین (GB)، گاما آمینوبوتیریک اسید (GA) بر میزان کلروفیل کل. ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.



شکل ۲- اثر متقابل تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید (SA)، گلایسین‌بتائین (GB)، گاما آمینوبوتیریک اسید (GA) بر میزان کاروتنوئید. ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.



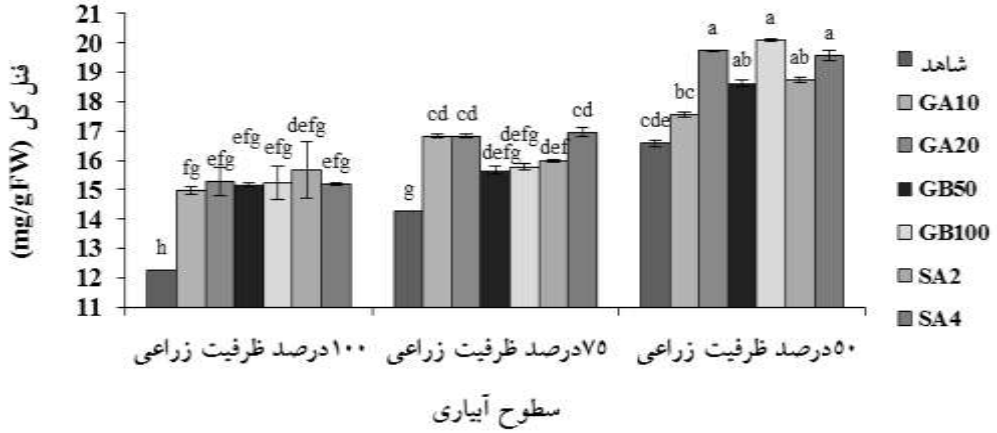
شکل ۳- اثر متقابل تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید (SA)، گلایسین‌بتائین (GB)، گاما آمینوبوتیریک اسید (GA) بر میزان آنتوسیانین. ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

مقدار فلاونوئید کل (٤/٤١ میلی‌گرم بر گرم) در تنش کم‌آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با گلایسین‌بتائین ۱۰۰ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۵).

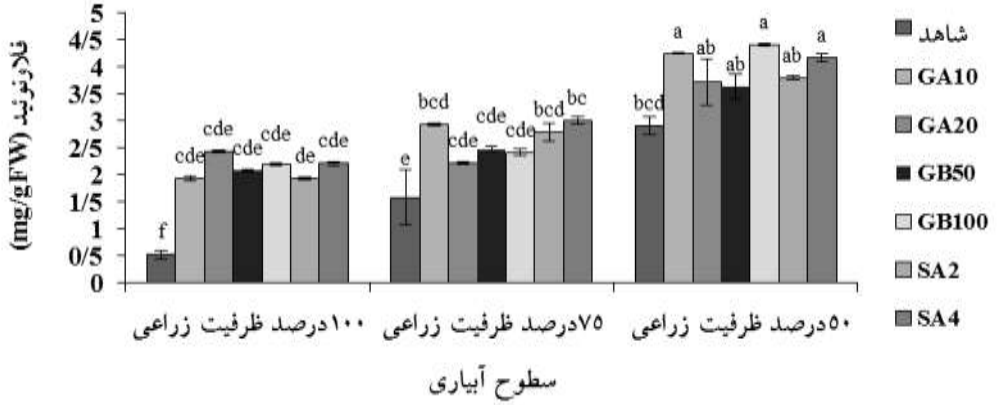
ویتامین ث: مطابق با نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]



شکل ٤- اثر متقابل تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید (SA)، گلایسین‌بتائین (GB)، گاما آمینوبوتیریک اسید (GA) بر میزان فنل کل. ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.



شکل ٥- اثر متقابل تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید (SA)، گلایسین‌بتائین (GB)، گاما آمینوبوتیریک اسید (GA) بر میزان فلاونوئید کل. ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

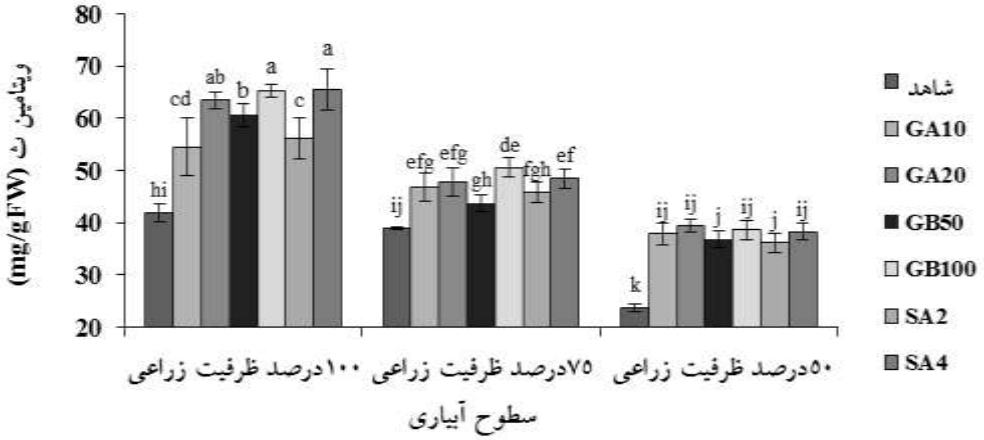
افزایش شدت تنش کم‌آبی میزان ویتامین ث میوه از ٤١/٨١ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۲۳/۸۰ میلی‌گرم بر گرم در سطح آبیاری ٥۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و سطوح مختلف تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار ویتامین ث متعلق به محلول‌پاشی با ٤ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی است (شکل ٦).

مواد جامد محلول: نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی میزان مواد جامد محلول نیز افزایش پیدا کرد به طوریکه مقدار آن از ۱/۳٤ ٪ در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ٤/۰۰ ٪ در سطح آبیاری ٥۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش پیدا کرد. حداکثر مقدار مواد جامد محلول در سطح آبیاری ٥۰ درصد ظرفیت زراعی با ۱۰۰ میلی‌مولار گلایسین حاصل شد (شکل ۷).

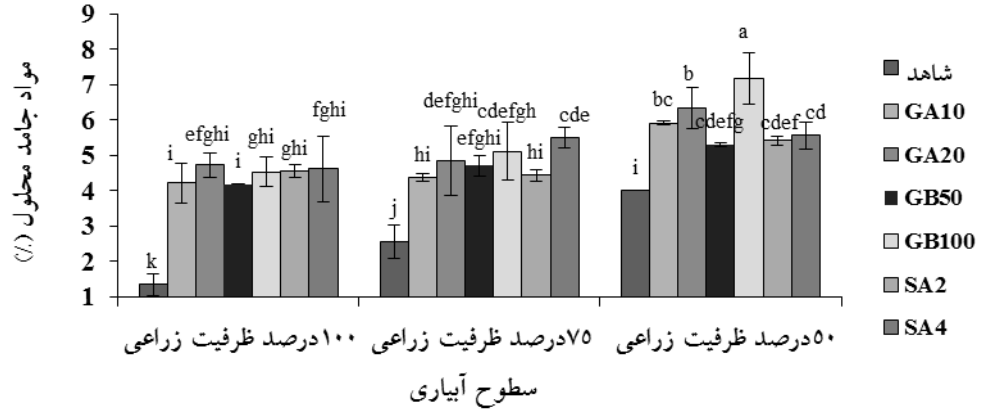
بحث

طبق نتایج حاصل، تنش کم‌آبی باعث کاهش محتوای کلروفیل کل و افزایش مقدار کاروتنوئیدها و آنتوسیانین گردید. کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به‌دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیباتی مانند پرولین باشد. شرایط تنش موجب می‌شود تا گلوتامات که پیش‌ماده ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل قرار گیرد (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰). یکی از صدمات اکسیداتیوی مهمی که در شرایط تنش خشکی ایجاد می‌شود تخریب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]



شکل ٦- اثر متقابل تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید (SA)، گلایسین‌بتائین (GB)، گاما آمینوبوتیریک اسید (GA) بر میزان ویتامین ث ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.



شکل ۷- اثر متقابل تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید (SA)، گلایسین‌بتائین (GB)، گاما آمینوبوتیریک اسید (GA) بر مواد جامد محلول. ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

کلروفیل است که به‌دنبال این تخریب رنگیزه‌های محافظتی مانند کاروتنوئیدها و آنتوسیانین افزایش می‌یابد (Chalker-scott, 2002) که در مطالعه حاضر نیز تنش خشکی سبب کاهش مقدار کلروفیل کل و افزایش مقدار کاروتنوئیدها و آنتوسیانین شد.

افزایش کاروتنوئیدها در اثر تنش کم‌آبی به‌دلیل این است که آنها در محافظت از غشاهای تیلاکوئیدی و جلوگیری از اکسیداسیون نوری کلروفیل‌ها مؤثر است (Lawlor and Cornic, 2002). افزایش شدت تنش کم‌آبی سبب افزایش مقدار آنتوسیانین‌ها شد که می‌تواند به‌دلیل نقش محافظتی رنگیزه‌های آنتوسیانین که به‌عنوان گیرنده‌های رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و موجب محافظت گیاهان در برابر تنش‌های اکسیداتیو می‌شوند باشد (Lin-Wang *et al*., 2010). افزایش آنتوسیانین در *Sempreflorens begonia* در شرایط تنش گزارش شده است که به‌علت نقش محافظت نوری آنها در حذف مستقیم گونه‌های فعال اکسیژن هنگام تنش اکسیداتیو است (Zhang *et al*., 2010). در بررسی حاضر محلول‌پاشی گابا موجب افزایش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی گردید که مطابق با پژوهشی بود که کاربرد گابا باعث توسعه بیوسنتز کلروفیل در گیاهچه‌های ذرت شده بود، این افزایش را این‌گونه توجیه کردند که گابا قادر است سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدها را توسعه بخشد که می‌تواند در بهبود کارایی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

فتوسنتز مفید باشد (Li *et al*., 2016). در مطالعه Vijayakumari و Puthur (۲۰۱۶) افزایش قابل توجهی در فعالیت فتوسیستم I و II در گیاه فلفل سیاه (*Piper nigrum* Linn) با تیمار گابا مشاهده شد.

در برهمکنش گلایسین‌بتائین با آبیاری گلایسین توانست میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی را افزایش دهد که به‌دلیل توانایی گلایسین‌بتائین در کندترکردن سرعت تجزیه کلروفیل و کاروتنوئیدها و یا افزایش بیوسنتز آنها باشد. علاوه بر این بتائین می‌تواند کلروپلاست و غشاها را از اثرات منفی تنش خشکی و تنش اکسیداتیو ناشی از آن محافظت کند و همبستگی غشاها را حفظ نماید (Hussain *et al*., 2008). طبق بررسی Korkmaz و همکاران (۲۰۱۲) مصرف گلایسین‌بتائین میزان فتوسنتز و غلظت کلروفیل را در گیاه فلفل تحت تنش شوری در مقایسه با شاهد افزایش و زیان‌های ناشی از تنش شوری را کاهش داد که مطابق با نتایج بررسی حاضر بود. با توجه به اینکه گلایسین‌بتائین به‌عنوان یک محافظ اسمزی در برابر تنش خشکی عمل می‌کند، کاربرد آن به‌منظور تنظیم اسمزی سلول همراه با افزایش کاروتنوئید که در محافظت از غشاهای تیلاکوئیدی نقش دارد، انجام می‌گیرد (Lawlor and Cornic, 2002).

در بررسی حاضر سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقدار کلروفیل کل گردید که می‌تواند به‌دلیل افزایش توان آنتی‌اکسیدان‌های سلولی و سنتز پروتئین‌های جدیدی باشد که از دستگاه‌های فتوسنتزی حمایت می‌کند (Alfonso and Martin, 2007). کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه کلزای تحت تنش خشکی باعث افزایش تجمع اسمولیت‌های از قبیل پرولین و پروتئین‌های محلول جهت حفظ محتوای آب نسبی می‌شود که حاصل این امر افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش‌خشکی است (Ullah *et al*., 2012).

ترکیبات فنلی در تنش کم‌آبی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافتند که این افزایش با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات ارتباط مستقیم دارد (Kim *et al*., 1997) که از طریق دادن الکترون به آنزیم‌ها و سم‌زدایی آب اکسیژنه تولیدشده می‌توانند در سلول به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل کنند (Sakihama *et al*., 2002). طبق بررسی Abdel hamid و همکاران (۲۰۱۶) تنش خشکی باعث افزایش محتوای فنل کل در ارقام گوجه‌فرنگی و گیاه شنبلیله شد.

افزایش میزان فلاونوئیدها تحت تنش آبی ممکن است به‌علت القای فعالیت آنزیمی مرتبط با تولید ترکیبات مختلف فلاونوئیدها در شرایط تنش باشد (Tarek *et al*., 2017). در بررسی حاضر نیز افزایش مقدار فلاونوئیدها در تنش کم‌آبی مشاهده شد. کاربرد گابا در این بررسی موجب افزایش مقدار فنل کل و فلاونوئیدها نسبت به تیمار شاهد (آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) شد. که با نتایج تحقیق Soleimani و همکاران (۲۰۱۵) که تیمار گابا سبب افزایش قابل توجه مقدار فنل کل و فلاونوئیدها در میوه هلو شد مطابقت دارد. این افزایش را این گونه توجیه کردند که گابا موجب تحریک فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) و راه اندازی مسیر فنیل پروپانوئید می‌شود. افزایش مشاهده شده در مقدار فنل و فلاونوئید کل در تیمار با سالیسیلیک اسید با افزایش شدت تنش کم‌آبی را این‌گونه می‌توان توضیح داد که سالیسیلیک اسید سبب افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) می‌شود. در واقع آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز امکان تبدیل فنیل آلانین به ترانس- سینامیک اسید را فراهم ساخته و سبب ادامه چرخه فنیل پروپانوئیدی و تولید مواد فنلی می‌شود. ترانس سینامیک اسید پیش‌ماده اصلی فلاونوئیدها و لیگنین‌هاست و بنابراین فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز سبب افزایش سطح تولید مواد فنیل پروپانوئیدی می‌گردد (Bagal, 2012). افزایش فنل کل در گیاه گشنیز با تیمار سالیسیلیک اسید گزارش شده است (Divya *et al*., 2014).

کاربرد خارجی حلال‌های سازگار مانند گلایسین‌بتائین می‌تواند سطح ترکیات فنلی را در گیاه ذرت تحت تنش خشکی افزایش دهد (Ali and Ashraf, 2011). محلول‌پاشی گلایسین‌بتائین سبب افزایش در مقدار فلاونوئید کل شد که چنین اثرات کاربرد خارجی این اسمولیت‌ها در افزایش این ترکیبات ممکن است به‌دلیل نقش تنظیم‌کنندگی یا مولکول

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

سیگنال‌دهندگی آنها در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، همچنین فرایندهای انطباق گیاه در شرایط تنش باشد (Ashraf and Foolad, 2007).

با افزایش شدت تنش مقدار ویتامین ث به‌شدت کاهش یافت که این کاهش را این گونه می‌توان توضیح داد که ویتامین ث از اسیدهای آلی است که به‌دلیل دمای زیاد ایجادشده ناشی از تنش کم‌آبی، تنفس افزایش یافته و بنابراین اسیدها به‌عنوان سوبسترا در پدیده تنفسی شرکت می‌کنند این امر باعث کاهش اسید و درنتیجه کاهش ویتامین ث در تنش کم‌آبی می‌شود (Munger and Robinson, 1991). با کاربرد گابا مقدار ویتامین ث نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری پیدا کرد. افزایش آسکوربیک اسید در میوه‌های هلو نیز تحت تیمار با گابا مشاهده شد که ممکن است به‌دلیل فعال‌شدن سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی یا مهار فعالیت آنزیم آمینو اگزاکتیک اسید (AAO) باشد (Soleimani *et al*., 2015). افزایش مشاهده‌شده در مقدار ویتامین ث با کاربرد گلایسین‌بتائین را این گونه می‌توان توجیه کرد که گلایسین‌بتائین فعالیت مونودهیدرو آسکوربات ردوکتاز (MDHAR) و دهیدرو آسکوربات ردوکتاز (DHAR) افزایش می‌دهد که به‌دنبال آن مقدار آسکوربات نیز افزایش می‌یابد (Hoque *et al*., 2008).

با افزایش شدت تنش مقدار ویتامین ث به‌شدت کاهش یافت ولی با تیمار سالیسیلیک اسید افزایش چشم‌گیری در میزان ویتامین ث مشاهده شد که می‌تواند به‌دلیل تأثیر غیرمستقیم سالیسیلیک اسید از طریق افزایش کربوهیدرات‌هایی مانند گلوکز و ساکارز باشد. این قندها فاکتورهای کلیدی مسیر آنزیمی هستند که در طی آن گلوکز به آسکوربات تبدیل می‌شود (Jahangir *et al*., 2009). نتایج مشابه در گیاه توتون تحت تنش شوری مشاهده شده است (Hoque *et al*., 2008). گزارشی مبنی بر تأثیر سالیسیلیک اسید بر افزایش میزان ویتامین ث در گوجه‌فرنگی وجود دارد (Kalarani *et al*., 2002).

کاربرد خارجی بتائین باعث افزایش فعالیت دو آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) که در چرخه‌ی آسکوربات – گلوتاتیون (ASC - GSH) در گیاه برنج تحت تنش شوری شده است (Demiral and Turkan., 2004). یکی از وظایف مهم گیاه طی تنش خشکی حفظ آماس سلولی از طریق تنظیم اسمزی است که این عمل به وسیله یک فرایند فعال تجمع مواد قابل حل مناسب طی رشد و در زمان تنش آب رخ می‌دهد (Blum, 1988) که در مطالعه حاضر نیز تنش کم‌آبی سبب افزایش تجمع مواد جامد محلول گردید. سالیسیلیک اسید به‌علت افزایش نفوذپذیری غشا میزان جذب و کاربرد مواد کانی را بهبود می‌بخشد که درنتیجه منجر به افزایش وزن و مواد جامد محلول می‌گردد (Javaheri *et al*., 2012). محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید روی گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum*) نشان داد که میزان مواد جامد محلول نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Yildirim and Dursun, 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد با کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۵۰ درصد، مقدار کلروفیل کل و ویتامین ث کاهش یافت. اما این تنش موجب افزایش آنتوسیانین، فنل و فلاونوئید کل، کاروتنوئید و مواد جامد محلول گردید. کاربرد سطوح مختلف گلایسین‌بتائین تحت تنش‌های مختلف کم‌آبی توانست بیشتر صفات فیزیولوژیکی مورد اندازه‌گیری را افزایش دهد. لذا به نظر می‌رسد استفاده از گلایسین‌بتائین می‌تواند از طریق افزایش تولید موادی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی مانند فنل و فلاونوئید موجب تعدیل تنش کم‌آبی و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش کم‌آبی گردد. ویتامین ث یکی از فاکتورهای مهم در تعیین کیفیت میوه کارلا است که بیشترین مقدار آن با کاربرد ٤ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد. با توجه به اهمیت این فاکتور و نیز ارزان قیمت‌بودن سالیسیلیک اسید و نداشتن تأثیر سو زیست محیطی می‌توان از آن جهت افزایش کیفیت میوه کارلا استفاده نمود. در حالت کلی کاربرد تیمارهای آزمایشی سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و افزایش مقاومت گیاه کارلا در برابر تنش کم‌آبی شدند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

منابع

بیات، ح.، مردانی، ح.، آرویی، ح. و سلاح‌ورزی، ی.(۱۳۹۰) تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانهال‌های خیار (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) تحت تنش خشکی. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی۳: ۱۴-۱.

حیدری شریف‌آباد، ح. (۱۳۸۰) گیاه و شوری. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ۳۴-۳۶.

دلفانی، م.، براری، م.، ملک‌ملکی، ف.، صفری‌زارچ، م.، قاضی‌زاده، م.، معصومی، ا. وجهان بین، س. (۱۳۹۴) نقش گلایسین‌بتائین در بهبود تحمل به تنش خشکی در گیاهان. سیزدهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر، کرمان.

زمانی، م. م.، ربیعی، و نجاتیان، م. ع.(۱۳۹۱) تأثیر کاربرد پرولین و گلایسین‌بتائین بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی انگور در شرایط تنش خشکی. مجله علوم باغبانی ایران ۴۳: ۳۹۳-۴۰۱.

قربانلی، م. (۱۳۸۷) جذب و انتقال در گیاهان. انتشارات دانشگاه پیام نور.

AOAC (2000) Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C.

Abdel hamid, E. M., Mervat, Sh. and Tawfik, M. M. (2016) Physiological response of Fenugreek plant to the application of proline under different water regimes. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences 7: 580-594.

Alfonso, L. V. and Martin Mex, R. (2007) Effects of salicylic acid on the bioproductivity of plants. In: Salicylic Acid: A Plant Hormone (eds. Hayat, S. and Ahmad, A.) Pp.15-23. Springer, Dordrecht.

Ali, Q. and Ashraf, M. (2011) Exogenously applied glycine betaine enhances seed and seed oil quality of maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. Environmental and Exprimental Botany 71: 249-259.

Anliakumar, K. R., Kumar, G. P. and Ilaiyaraja, N. (2015) Nutritional, pharmacological and medicinal properties of *Momordica charantia*. International Journal of Nutrition and Food Sciences 4: 75-83.

Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007) Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Exprimental Botany 59: 206-216.

Bagal, U. R., Lee bens mack, J. H., Walter Lorenz, W. and Dean, J. F. D. (2012) The phenyl alanine ammonia lyase (PAL) gene family shows a gymnosperm specificline age. BioMed Central Genomics 13: 1471-2164.

Blum, A. (1988) Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press.

Borsani, V., Valpuesta, V. and Bottela, A. M. (2001) Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology 126: 1024-1030

Chalker-Scott, L. (2002) Do anthocyanins function as osmoregulators in leaf tissues? Advances in Botanical Research 37: 103-106.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis 10: 178-182.

Chen, T. H. and Murata, N. (2008) Glycinebetaine an effective protectant against abiotic stress in plants. Trends in Plant Science 13: 499-505.

Demiral, T. and Turkan, I. (2004) Does exogenous glycine betaine affect anti oxidative system of rice seedlings under Na Cl treatment? Journal of Plant Physiology 161: 1089-100.

Dicko, M. H., Gruppen, H., Barro, C., Traore, A. S., van Berkel, W. J. H. and Voragen, A. G. J. (2005) Impact of phenolic compounds and related enzymes in sorghum varieties for resistance and susceptibility to biotic and abiotic stresses. Journal of Chemical Ecology 31: 2671-2688.

Divya, P., Puthusseri, B. and Neel warne, B. (2014) The effect of plant regulators on the concentration of caretonoids and phenolic compound in foliage of Coriander. Food Science and Technology 56: 101-110

Hoque, M. A., Banu, M. N. A., Nakamura, Y., Shimoishi, Y. and Murata, Y. (2008) Proline and glycine betaine enhance antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems and reduce NaCl-induced damage in cultured tobacco cells. Plant Physiology 165: 813-824.

Hoque, M. M. (2002) Effect of CI-IAA, GABA and TNZ-303 on growth, yield and contributing characters of wheat. MS Thesis, Department of Crop Botany, Bangladesh Agriculture University, Mymensingh.

Hussain, M., Malik, M. A., Farooq, M., Ashraf, M. Y., and Cheema, M. A. (2008) Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. Journal of Agronomy and Crop Science 194: 193-199.

Jahangir, M., Bayoumi Abdel-Farid, I., Kim, H., Chio, Y. and Verpoorte, R. (2009) Healthy and unhealthy plants. The effect of stress on the metabolism of Brassicaceae. Enviromental and Exprimental Botany 67: 23-33.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

Javaheri, M., Mashayekhi, K., Dadkhah, A. and ZakerTavallaee, F. (2012) Effects of salicylic acid on yield and quality characters of tomato fruit (*Lycopersicum esculantum* Mill). International Journal of Agriculture and Crop Science 4: 1184-1187.

Kalarani, M. K., Thangaraj, M., Sivakumar, R. and Mallika, R. (2002) Effects of salicylic acid on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) productivity. Journal of Crop Research 23: 486-492.

Kim, B. J., Kim, J. H., Kim, H. P. and Heo, M. Y. (1997) Biological screening of 100 plant extracts forcosmetic use (II): Anti oxidative activity and free radical scavenging activity. Cosmetic Science 19: 299-307.

Korkmaz, A., Sirikci, R., Kocacınar, F., Deger, O. and Demirkırıan, A. R. (2012) Alleviation of salt-induced adverse effects in pepper seedlings by seed application of glycine betaine. Scientia Horticulturae 148: 197-205.

Lawlor, D. W. and Cornic, G. (2002) Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plants, Cell and Environment 25: 275-294.

Li, Wu., Jianhua, Liu., Gaoke, Li., Yuliang, Li. Wenjia, Lu. Lei, Gao. Fuguang, Han. and Jianguang, Hu. (2016) exogenous γ-aminobutyric acid (GABA) application improved early growth, net photosynthesis, and associated physio-biochemical events in maize. Frontiers in Plant Science 7: 919.

Lin-Wang, K., Bolitho, K., Grafton, K., Kortstee, A., Karunairetnam S., McGhie, T., Espley, R., Hellens, R. and Allan, A. (2010) An R2R3 MYB transcription factor associated with regulation of the anthocyanin biosynthetic pathway in Rosaceae. BioMed Central Plant Biology 10: 50.

Luqman, M., Shahbaz, B., Ali, T. and Iftikhar, M. (2013) Critical analysis of rural development initiatives in Pakistan: implications for sustainable development. Spanish Journal of Rural Development 4: 67-74.

Mancinelli, A. L., Hoff, A. M. and Cottrell, M. (1998) Anthocyanin production in Chl-rich and Chl-poorseedling. Plant Phyisiol 86: 652-654.

McGlone, V. A., Jordan, R. B., Seelye, R. and Martinsen, P. J. (2004) Comparing density and NIR methods for measurement of Kiwifruit dry matter and soluble solids content. Journal of the Postharvest Biology and Technology 26: 191-198

Meda, A., Lamien, C. E. Romito, M. Millogo, J. and Nacoulma, O. G. (2005) Determination of the total phenolic, flavonoid and pralin contents in Burkina Fasan honey, as well as their scavenging activity. Food Chemistry 91: 571-577.

Munger, H. M. and Robinson, R. W. (1991) Nomenclature of (*Cucumis melo* L). Cucurbit Genetics Cooperative Reputation 14: 53-64.

Sakihama, Y., Cohen, M. Grace, S. and Yamasaki, H. (2002) Plant phenolic antioxidant and pro oxidant activities phenolic-induced oxidative damage mediated by metals in plant. Toxicology 177: 67-80.

Shelp, B. J., Bown, A. W. and Michael, M. D. (1999) Metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid. Trends in Plant Science 4: 446-452.

Soleimani, A. M., Razavi, F. and Karamneghad, F. (2015) Maintaining the postharvest nutritional quality of peach fruits by L-Aminobutyric Acid 5: 1457-1463.

Tarek, A. E., Mervat, Sh. S. and Ahmed, M. S. (2017) Proline treatment improves physiological responses in quinoa plants under drought stress. Bioscience Research 14: 21-33

Tusar, K., Behera, S. B. and Bharathi, L. K. (2010) Bitter Gourd: Botany, Horticulture, Breeding. Horticultural Reviews 37: 101-141

Ullah, F., Bano, A. and Nosheen, A. (2012) Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. Pakistan Journal of Botany 44: 1873-1880.

Vijayakumari, K. and Puthur, J. T. (2016) γ-aminobutyric acid (GABA) priming enhances the osmotic stress tolerance in piper nigrum Linn. Plants subjected to peg-induced stress. Plant Growth Regulation 78: 57-67.

Yildirim, E. and Dursun, A. (2009) Effect of foliar salicylic acid application in plant growth and yield of tomato under greenhouse condition. Acta Horticulture 807: 395-400.

Zhang, K. M., Yu, H. J., Shi, K., Zhou, Y. H., Yu, J. Q. and Xia, X. J. (2010) Photoprotective roles of anthocyanins in Begonia semperflorens. Plant science 179: 202-208.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]

Effect of salicylic acid, glycine betaine and gamma amino butyric acid as foliar application on physiological indices of bitter melon (*Momordica charantia* L.) under water deficit Stress

Afsoon Rezaie Allolo, *Azizollah Kheiry, Mohsen Sanikhani, Masoud Araghavani
Horticultural science Department, Faculty of Agriculture, Universit of Zanjan, Iran
(Received: 18/04/2018, Accepted: 21/10/2018)

Abstract

In order to investigate the effect of foliar application of salicylic acid, glycine betaine and gamma amino butyric acid on the physiological characteristics of bitter melon (*Momordica charantia* L.) under water deficit stress, a split plot experiment was conducted as randomized complete block design with three replications at Zanjan University in 2017. The treatments consisted of three levels of irrigation (50, 75 and 100% field capacity) as the main factor and two levels of salicylic acid (2 and 4 mM), glycine betaine (50 and 100 mM) and gamma amino butyric acid (10 and 20 mM) with control, as sub factor. The results showed that increased water deficit decreased total chlorophyll content and vitamin C content. While increasing in water deficit increased the amount of anthocyanin, carotenoids, total phenol, flavonoids and soluble solids. The highest total chlorophyll (1.62 mg/g) content was obtained in irrigation level of 100% field capacity with 50 mM glycine betain. Application of 50 mM glycine betaine in 50% of field capacity irrigation produced the highest levels of carotenoids (0.79 mg/g) and anthocyanins (5.51 µM/g). The maximum amount of phenol (20.11 mg/g) and flavonoid (4.41 mg/g) was obtained in 50% field capacity and 100% glycine betaine, respectively. Application of 4 mM salicylic acid at irrigation level of 100% of field capacity increased significantly in vitamin C (65.45 mg/g) content. The highest amount of soluble solids (7.18%) was obtained in100 mM glycine betaine in 50% field capacity water deficit. According to the results, application of different levels of glycine betaine in stress conditions is recommended to redress water deficit stress and improve the physiological properties of bitter melon.

Keywords: Anthocyanin, total phenol, bitter melon, GABA, vitamin C.

Corresponding author, Email: kheiry@znu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.8.8]