# بر هم کنش گلیسین‌بتائین برون‌زا و تنش کم‌آبی روی برخی صفات فیزیولوژیک گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicun esculentum* Mill.)

**مهدیه تقدیسی سیار[۱]، شکوفه انتشاری[۲] و فاطمه دانشمند[۲*]**

[۱]گروه زیست شناسی (فیزیولوژی گیاهی)، دانشگاه پیام نور اصفهان، [۲]استادیار گروه علمی زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷ - ۱۹۳۹۵ تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰٤/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٤/۰۳/۰۳)

**چکیده:**

**در بسیاری از گیاهان، گلیسین‌بتائین به عنوان یک اسمولیت و محافظ اسمزی عمل می‌کند. ولی همه گیاهان قادر به سنتز و تجمع این ماده در خود نمی‌باشند، گوجه فرنگی از جمله این گیاهان می‌باشد. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر کاربرد برون‌زای گلیسین‌بتائین در کاهش تنش خشکی در گیاه گوجه فرنگی انجام گرفت. تنش خشکی در سه سطح به صورت قطع آبیاری (۰، ۳ روز خشکی و ۵ روز خشکی) و گلیسین‌بتائین در سه سطح (۰، ۲۵و ۵۰ میلی‌مولار) به صورت محلول‌پاشی روی همه اندام‌های هوایی گیاه اعمال شد. تنش خشکی در هر دو سطح موجب کاهش سطح برگ سوم، وزن خشک اندام هوایی، درصد آب بافت برگ سوم، کاهش مقدار کلروفیل، کاروتنوئیدها، پروتئین، ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها و موجب افزایش پراکسیداسیون لیپید مقدار پرولین، قندهای احیاکننده و آسکوربات کل گردید. ولی کاربرد گلیسین‌بتائین در هر دو غلظت موجب کاهش پراکسیداسیون لیپید، مقدار پرولین و افزایش مقدار کلروفیل، کاروتنوئیدها، قندهای احیاکننده، پروتئین، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین‌ها و آسکوربات کل و در نتیجه افزایش سطح برگ سوم، افزایش وزن خشک اندام هوایی و درصد آب بافت برگ سوم گردید. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد برون‌زای هر دو غلظت گلیسین‌بتائین در گیاه گوجه فرنگی که فاقد توانایی ساخت این ماده می‌باشد، در کاهش اثرات تنش خشکی و بهبود رشد در شرایط تنش و غیرتنش موثر بود.**

**کلمات کلیدی: پراکسیداسیون لیپید، تنظیم اسمزی، تنش کم‌آبی، گلیسین‌بتائین، گوجه‌فرنگی.**

**مقدمه:**

تنش خشکی یکی از تنش‌های محیطی است که می‌تواند منجر به پیری زودرس برگ‌ها، پژمردگی دائمی، کاهش رشد، کاهش تولید محصول و حتی مرگ گیاه شود. کمبود آب در گیاه زمانی اتفاق می‌افتد که میزان تعرق بیش از مقدار جذب آب باشد. به عبارت دیگر علت اصلی تنش آب در گیاه می‌تواند، افزایش میزان تلفات آب یا کافی نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو باشد که بر اثر آن میزان تلفات ناشی از تعرق بر میزان جذب آب توسط ریشه‌ها پیشی گرفته و در صورت ادامه شرایط مذکور میزان تنش بیشتر می‌شود (Taiz and Zeiger, 2005).

گیاهان مکانیسم‌های مختلفی برای مقابله با تنش‌هایی نظیر خشکی دارند. افزایش قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی اعم از آنزیمی و یا غیرآنزیمی و تنظیم اسمزی از جمله این مکانیسم‌ها می‌باشند. سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، گیاهان را در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی محافظت می‌کند و تنظیم اسمزی به سلول‌های گیاهی در جذب آب کمک می‌کند

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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

(Gill and Tuteja, 2010).

در تنظیم اسمزی، اسمولیت‌هایی نظیر قندهای محلول، پرولین و گلیسین‌بتائین ساخته می‌شوند که این ترکیبات علاوه بر دخالت در تنظیم اسمزی و کمک به جذب آب در سلول، نقش‌های حفاظتی روی غشاها و ماکرومولکول‌های سلولی داشته و حتی برخی از آن‌ها نقش جاروب کننده و یا خاموش کننده رادیکال های آزاد و کاهش دهنده تنش اکسیداتیو را نیز دارا می‌باشند (Ashraf and Foolad, 2007; Chen and Murata, 2002).

گلیسین‌بتائین یا بتائین (N, N, N تری متیل گلیسین) یک ترکیب آمونیوم چهارتایی می‌باشد و در گستره‌ی وسیعی از میکروارگانیسم‌ها، جانوران و گیاهان وجود دارد. گلیسین‌بتائین یک ملکول دوقطبی است اما در pH فیزیولوژیک خنثی می‌باشد. آزمایشات و بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که گلیسین‌بتائین به عنوان یک محافظ اسمزی، ساختمان چهارم پروتئین‌ها و همچنین ساختار غشاهای سلولی را از اثرات مضر تنش شوری، خشکی و گرما محافظت می‌کند. گزارش شده است در تنش شوری، گلیسین‌بتائین اجزای درگیر در فتوسنتز نظیر روبیسکو و کمپلکس رهاکننده اکسیژن در فتوسیسم II و کمپلکس ATP سنتتاز را از غیرفعال شدن و جدا شدن زیرواحدها محافظت نموده است (Arafa *et al.*, 2007; Sakamoto and Murata, 2000). تجمع گلیسین‌بتائین در پاسخ به تنش‌هایی نظیر شوری، خشکی، گرما و سرما در بسیاری از گیاهان رخ می‌دهد و همبستگی مثبتی بین تجمع گلیسین‌بتائین و افزایش مقاومت به تنش شوری در ذرت، و تنش سرما در جو گزارش شده است (Chen and Murata 2008, 2011; Ashraf and Folad, 2007, He *et al.*, 2011). اما برخی از گیاهان مهم در کشاورزی نظیر برنج، سیب زمینی، توتون و گوجه فرنگی فاقد آنزیم‌های سنتز کننده گلیسین‌بتائین می‌باشند، بنابراین در شرایط تنش یا غیرتنش فاقد توانایی تجمع این اسمولیت در سلول‌های خود می‌باشند (Huang *et al.*, 2000). گزارش شده است که کاربرد برون‌زای گلیسین‌بتائین روی گیاهان تجمع دهنده گلیسین‌بتائین و تعدادی از گیاهان غیرتجمع دهنده این ترکیب، موجب افزایش مقاومت در برابر برخی تنش‌های محیطی شده است (Sakamoto and Murata, 2000).

از آن جا که گوجه فرنگی گیاهی است که فاقد توانایی سنتز گلیسین‌بتائین می‌باشد (Huang *et al.*, 2000)، هدف از این مطالعه بررسی میزان تاثیر گلیسین‌بتائین برون‌زا بر کاهش تنش خشکی در گیاهان گوجه فرنگی می‌باشد. بدین منظور برخی از پارامترهای رشد و پارامترهای فیزیولوژیک نظیر پراکسیداسیون لیپید، اسمولیت‌ها و آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی در گیاهان گوجه فرنگی در شرایط غیرتنش و تحت تنش کم آبی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها:

گیاه مورد آزمایش در این پژوهش گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicun esculentum* Mill.) رقم Falcato بود. آزمایش به صورت گلخانه‌ای در گلخانه مجتمع آموزش ملاصدرای یزد وابسته به وزارت جهاد کشاورزی، انجام گرفت. طی آزمایشات مقدماتی غلظت گلیسین‌بتائین و مدت زمان و نحوه تیماردهی بهینه گردید. بذرها در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۱ سانتیمتر، حاوی ۶۵۰ گرم رس: پیت ماس: ماسه با نسبت‌های (۲:۱:۱) کاشته شد و آبیاری تا زمان اعمال تیمارها به صورت یک روز در میان با توجه به ظرفیت مزرعه‌ای (حدود ۲۰۰ میلی‌لیتر آب) برای همه گلدان‌ها به طور یکسان انجام شد. گیاهان در شروع مرحله چهار برگی، به مدت یک هفته به صورت یک در میان تحت تیمار محلول پاشی (روی همه اندام هوایی گیاه) با غلظت های ۰، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار گلیسین‌بتائین قرار گرفتند (روی گیاهان شاهد آب مقطر اسپری گردید). بعد از اعمال تیمار گلیسین‌بتائین، تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در سه سطح ۰، ۳ روز و ۵ روز اعمال گردید و سپس گیاهان برداشت شده و پس از اندازه‌گیری پارامترهای رشد و مورفولوژیک، برگ سوم (شمارش از پایین به بالا) در نیتروژن مایع فریز شده و در دمای ۸۰- نگهداری شد.

**اندازه‌گیری پارامترهای رشد و درصد آب بافت:** سطح برگ

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

سوم و درصد آب بافت برگ سوم و وزن خشک اندام هوایی گیاهان در گروه‌های تیماری مختلف اندازه‌گیری گردید. تعیین سطح برگ سوم با استفاده از کپی کاغذی که از برگ تهیه شد انجام پذیرفت. برای اندازه گیری وزن خشک، نمونه‌ها در فویل آلومینیومی پیچیده شده و به مدت ۷۲ ساعت درآون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس وزن خشک نمونه‌ها بر حسب میلی گرم بر گیاه گزارش گردید. برای اندازه‌گیری درصد آب بافت برگ سوم یا محاسبه محتوای نسبی آب بافت (RWC)، وزن تر برگ سوم گیاهان اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها در فویل آلومینیومی پیچیده شده و به‌مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. سپس وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و محتوای نسبی آب برگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Shah *et al.*, 2002):

RWC (%) = [(وزن تر/ (وزن خشک – وزن تر)] × ۱۰۰

**اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپیدها:** برای سنجش مقدار پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، غلظت مالون‌دآلدئید (MDA) و سایر آلدئیدها (پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال دی متیل استال) که محصول پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع می باشد اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری مالون دآلدئید به روش Packer و Heath (۱۹۶۹) انجام شد. بر اساس این روش ۰/۲ گرم از بافت فریز شده گیاه (برگ سوم) با ۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد سائیده شد. عصاره‌ی حاصل با استفاده از سانتریفوژ به مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفوژ شد. به یک میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل از سانتریفوژ، ٤ میلی‌لیتر محلول تری کلرواستیک اسید(TCA) ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید (TBA) بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد در حمام آبگرم حرارت داده شد. سپس بلافاصله در یخ سرد شد و دوباره مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفوژ گردید. شدت جذب این محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد. ماده‌ی مورد نظر برای جذب در این طول موج، کمپلکس قرمز MDA-TBA است. جذب سایر رنگیزه‌های غیراختصاصی در ٦۰۰ نانومتر تعیین و از این مقدار کسر گردید. برای محاسبه غلظت MDA از ضریب خاموشی معادل ۱۵۵ $mM^{-1}cm^{-1}$ استفاده شد و نتایج حاصل از اندازه‌گیری بر حسب نانومول بر گرم وزن‌خشک محاسبه گردید.

اندازه گیری غلظت سایر آلدئیدها با روش Meirs و همکاران (۱۹۹۲) مشابه روش ذکر شده برای مالون‌دآلدئید انجام شد ولی جذب نمونه‌ها در طول موج ٤٥٥ نانومتر خوانده شد. جذب سایر رنگیزه‌های غیراختصاصی در ٦۰۰ نانومتر خوانده شد و از این مقدار کسر گردید. برای محاسبه غلظت این آلدئیدها از ضریب خاموشی معادل $۱۰^{۵}$ $mM^{-1}cm^{-1}$ × ۰/٤٥٨ استفاده شد و نتایج بر حسب نانومول بر گرم وزن خشک محاسبه گردید.

**اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی:** اندازه‌گیری مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) انجام پذیرفت. مقدار ۰/۲ گرم از برگ سوم فریز شده با ۱۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد سائیده شده و پس از صاف کردن جذب آن‌ها با اسپکتروفتومتردر طول موج های ٦٤٦/٨، ٦٦٣/٢٠ و ٤٧٠ نانومتر خوانده شد و مقدار کلروفیل کل وکاروتنوئیدها بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک محاسبه گردید.

**اندازه‌گیری پرولین:** برای اندازه‌گیری پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. مقدار ۰/۰۲ گرم از بافت فریز شده گیاه (برگ سوم) در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد سولفوسالیسیلیک اسید سائیده و عصاره حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفوژ شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از مایع رویی با ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید خالص مخلوط شد و یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آبگرم قرار گرفت سپس بلافاصله لوله‌های محتوی مخلوط در حمام یخ سرد گردید. بعد ٤ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه گردید و لوله‌ها به خوبی تکان داده شد. با ثابت نگه داشتن لوله‌ها به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه دو لایه مجزا تشکیل شد. میزان جذب لایه‌ی رنگی فوقانی که حاوی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

تولوئن و پرولین بود در ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه‌ی مقدار پرولین از منحنی استاندارد پرولین استفاده گردید و نتایج برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه گردید.

**اندازه‌گیری قندهای احیاکننده:** برای اندازه‌گیری مقدار قندهای احیاکننده از روش Somogy (۱۹۵۲) استفاده شد. مقدار ۰/۰۲ گرم از برگ سوم گیاه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در هاون چینی سائیده شد. سپس محتوای هاون به بشر کوچکی منتقل گردید و حرارت داده شد و به محض اینکه به نقطه جوش رسید، حرارت قطع شد و محتوای بشر به کمک کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید. مقدار دو میلی‌لیتر از هر یک ازعصاره‌های تهیه شده به لوله آزمایش منتقل شد و پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر محلول سولفات مس به آن‌ها، سر لوله‌ها با پنبه بسته شد و به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از آنکه لوله‌ها سرد شدند، دو میلی‌لیتر محلول فسفومولیبدیک اسید به آن‌ها اضافه شد و پس از چند لحظه رنگ آبی پدیدار گردید. شدت جذب محلول‌ها در طول موج ٦۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد و با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده با استفاده از گلوکز، غلظت قندهای احیاکننده محاسبه گردید و نتایج بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه شد.

**اندازه‌گیری پروتئین:** مقدار پروتئین‌ها در برگ‌ها با استفاده از روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) اندازه‌گیری شد. مقدار ۰/۱ گرم از برگ سوم گیاه با پنج میلی‌لیتر بافر فسفات نمکی (pH=۷) در هاون چینی که درون یخ قرار داده شده بود، سائیده و توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردید. عصاره گیاهی تهیه شده به‌مدت ۳۰ دقیقه در g ۵۰۰۰ سانتریفیوژ شد و یک میلی‌لیتر از محلول شفاف رویی برداشته شد. سپس چهار میلی‌لیتر از معرف C (شامل سولفات مس، کربنات سدیم، هیدروکسید سدیم و تارتارات سدیم پتاسیم) به لوله آزمایش حاوی عصاره اضافه گردید و به‌مدت ۱۵ دقیقه در درجه حرارت آزمایشگاه نگهداری شد. پس از آن ۱/۵ میلی‌لیتر محلول رقیق شده فولین فنل اضافه شد و محلول حاصل به شدت به‌هم زده شد. لوله‌ها به‌مدت ٤۵ دقیقه در تاریکی در درجه حرارت آزمایشگاه نگهداری شدند و با اسپکتروفتومتر شدت جذب در طول موج ٦٦۰ نانومتر تعیین شد. با استفاده از آلبومن گاوی منحنی استاندارد ترسیم و غلظت پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه گردید.

**اندازه‌گیری ترکیبات فنلی:** اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فنلی کل با استفاده از روش Gao (۲۰۰۰) انجام گرفت. مقدار ۰/۱ گرم از برگ سوم گیاه را در ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد سائیده وبه مدت ۷۲-۲٤ ساعت در تاریکی نگهداری شد. سپس به ۱ میلی لیترمحلول رویی ۱ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه گردید و با آب مقطر دوبار تقطیر حجم محلول به ۵ میلی لیتر رسانده شد. سپس ۰/۵ میلی لیتر معرف فولین ۵۰ درصد و ۱ میلی لیتر کربنات سدیم ۵ درصد به آن اضافه گردید. مخلوط حاصل به مدت ۱ ساعت درتاریکی نگهداری شد و سپس جذب هر نمونه درطول موج ۷۲۵ نانومتر خوانده شد. با استفاده از اسید گالیک اسید منحنی استاندارد ترسیم و غلظت ترکیبات فنلی کل بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک محاسبه گردید.

**اندازه‌گیری آنتوسیانین:**از روش Wagner (۱۹۷۹) جهت اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌های برگ سوم گیاه استفاده شد. مقدار ۰/۱ گرم از اندام هوایی گیاهان را در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و کلریدریک اسید خالص به نسبت حجمی۹۹:۱) کاملا سائیده و عصاره در لوله‌های آزمایش سر پیچ دار ریخته شد و به‌مدت ۲٤ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در g٤۰۰۰ سانتریفوژ و جذب محلول بالایی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. محاسبه غلظت با استفاده از ضریب خاموشی $M^{-1}cm^{-1}$ ۳۳۰۰۰ انجام و نتایج بر حسب میکرومول بر گرم وزن خشک ارائه گردید.

**اندازه‌گیری آسکوربات کل:** برای سنجش مقدار آسکوربات کل از روش De Pinto(۱۹۹۹) و همکاران استفاده شد. مقدار ۰/۵ گرم بافت فریز شده برگ سوم گیاه، در ۱۰ میلی‌لیتر

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

متافسفریک اسید ۵ درصد سائیده شد و به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفوژ گردید، سپس ۳۰۰ میکرولیتر از عصاره‌ی سانتریفوژ شده در لوله‌ی آزمایش ریخته شده و محلول‌های زیر به‌ترتیب به آن اضافه گردید. ابتدا ۷۵۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار سپس ۱۵۰ میکرولیتر دی تیو ترایتول ۱۰ میلی‌مولار و مخلوط حاصل ۱۰ دقیقه در درجه حرارت اتاق قرار داده شد. سپس ۱۵۰ میکرولیتر N- اتیل مالآمید ۰/۵ درصد اضافه و مخلوط حاصل ورتکس و مدت ۱۰ دقیقه در درجه حرارت اتاق قرار گرفت. بعد ٦۰۰ میکرولیتر تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد، ٦۰۰ میکرولیتر ارتوفسفریک اسید ٤٤ درصد، ٦۰۰ میکرولیتر آلفا آلفادی پیریدیل ٤ درصد و ۱۰ میکرولیتر $FeCl_3$ (٤۷۵ میلی‌گرم در ۰/۵ میلی‌لیتر آب) اضافه گردید. مخلوط حاصل با ورتکس به‌هم زده شده و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آبگرم با دمای ٤۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت سپس مجدداً ورتکس شد و برای بار دوم به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ٤۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت و شدت جذب در ۵۲۵ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه‌ی مقدار آسکوربات کل با استفاده از آسکوربات منحنی استاندارد رسم گردید و نتایج بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه شد.

**تجزیه و تحلیل آماری:** تجزیه و تحلیل‌های آماری طبق آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفت و داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ١٦، تحت آنالیز واریانس قرار گرفته و اختلاف میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ مقایسه شدند.

## نتایج:

نتایج حاصل از تاثیر تیمارهای گلیسین‌بتائین و تنش کم‌آبی بر پارامترهای رشد، مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان گوجه فرنگی در جدول ۱ نشان داده شده است.

تنش خشکی در هر دو سطح موجب کاهش معنی‌دار سطح برگ سوم و وزن خشک اندام هوایی گردید و با افزایش شدت تنش این کاهش‌ها چشمگیرتر بود. کاربرد گلیسین‌بتائین در شرایط غیرتنش باعث افزایش معنی دار سطح برگ سوم و وزن خشک اندام هوایی گردید که این افزایش در غلظت ۲۵ میلی مولار بیشتر بود. در شرایط تنش خشکی ۳ روز کاربرد گلیسین‌بتائین باعث افزایش معنی دار سطح برگ سوم و وزن خشک اندام هوایی گردید که این اثر در غلظت ۲۵ میلی مولار مشهودتر بود. در شرایط تنش خشکی ۵ روز کاربرد گلیسین‌بتائین باعث افزایش معنی دار سطح برگ سوم و وزن خشک اندام هوایی گردید و تفاوتی بین دو غلظت استفاده شده مشاهده نشد.

هر دو سطح تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار درصد آب بافت گردید و با افزایش شدت تنش این کاهش چشمگیرتر بود. کاربرد گلیسین‌بتائین در شرایط غیرتنش تفاوت معنی‌داری در این پارامتر ایجاد نکرد. در شرایط تنش خشکی ۳ و ۵ روز کاربرد گلیسین‌بتائین در هر دو غلظت، باعث بهبود اثرات تنش گردید که تفاوت معنی‌داری در دو غلظت استفاده شده، مشاهده نگردید.

میزان مالون دآلدئید(MDA) و سایر آلدئیدها در هر دو سطح تیمار تنش خشکی افزایش معنی‌داری داشت و با افزایش شدت تنش، این افزایش چشمگیرتر بود. کاربرد گلیسین‌بتائین در شرایط غیرتنش تفاوت معنی داری در این پارامترها ایجاد نکرد. در شرایط تنش خشکی ۳ روز و ۵ روز، کاربرد گلیسین بتائین در هر دو غلظت، باعث کاهش مقدار مالون دآلدئید و سایر آلدئیدها گردید.

تیمار تنش خشکی در هر دو سطح موجب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها گردید و با افزایش شدت تنش این پارامترها بیشتر کاهش یافت. گلیسین‌بتائین در شرایط غیرتنش باعث افزایش معنی دار میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها گردید و غلظت ۲۵ میلی مولار روی این پارامترها موثرتر بود. در شرایط تنش خشکی ۳ روز کاربرد گلیسین‌بتائین باعث افزایش معنی داری در میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها گردید. در شرایط تنش خشکی ۵ روز کاربرد گلیسین‌بتائین در هر دو غلظت باعث افزایش معنی دار غلظت کلروفیل گردید که این

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

**جدول ۱- تاثیر تیمارهای گلیسین‌بتائین و تنش کم‌آبی بر پارامترهای رشد، مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاهان گوجه فرنگی**

| | کنترل(شاهد) | خشکی (۳روز) | خشکی (۵روز) | گلیسین بتائین (۲۵mM) | گلیسین بتائین (۵۰mM) |
|---|---|---|---|---|---|
| سطح برگ سوم ($cm^2$) | ۲٤/۷۰ ± ۰/۳۵ c | ۲۱/۵۰ ± ۰/۲۸ e | ۱٦/۳۳ ± ۰/۸۸ g | ۲۹/۰۰ ±۰/۵۷ a | ۲۷/۰۰ ±۰/۲۸ b |
| وزن خشک اندام هوایی (g) | ۰/٦۷ ± ۰/۰۲۹ c | ۰/۵۵ ± ۰/۰۱۱ e | ۰/۳۷ ± ۰/۰۲۰ g | ۰/۹۲ ± ۰/۰۱۵ a | ۰/۸۵ ±۰/۰۱۱ b |
| آب بافت (درصد) | ۸٤/٦۲ ± ۰/۱۹ a | ۸۲/٤۵ ± ۰/۲۲ c | ۷۸/۹۳ ±۰/۲۳ d | ۸٤/۸٦ ±۰/۲٤ a | ۸٤/۷۲ ±۰/۳۹ a |
| مالون دآلدئید (nanomol/g dw) | ۰/۱۰۹ ± ۰/۰۰۹ g | ۱/٤۸۰ ± ۰/۰۷۹ b | ۱/۸۵٤±۰/۰٦۸ a | ۰/۰۹۵±۰/۰۱۸g | ۰/۱۰۷±۰/۰۰۸g |
| سایر آلدئیدها (nanomol/g dw) | ٦/۵۸ ± ۰/۹٤ e | ۱۷/۹۲ ± ۱/٤۰ c | ۳۸/٦۳ ±۱/۷٦ a | ۸/۱۱ ± ۱/۰۵ e | ٦/۹۸ ± ۱/۰۰ e |
| کلروفیل (µgr/gr dw) | ۲۳/۸۱ ± ۰/۹۳ c | ۱۹/۸۳ ± ۰/۱۷ ef | ۱٤/۲٦ ±۰/٤٦ h | ۳۳/۵۳ ±۰/۸۱ a | ۳۰/۰۸ ±۰/۳۳ b |
| کاروتنوئید ها (µgr/gr dw) | ٤/٦٦ ± ۰/۲٦ c | ٤/۰۸ ± ۰/۰۱ e | ۳/٦۵ ± ۰/۰۵ f | ٦/۵۱ ± ۰/۱۷ a | ۵/۷۹ ± ۰/۰۸ b |
| پرولین (mg./g.dw) | ۲۵۵±۰/۰۰۰۵/۰f | ٤۸٦±۰/۰۰۰۸/۰b | ۹۲۰±۰/۰۰۳۰/۰a | ۳۵٦±۰/۰۰۱۳/۰de | ۳۰٦±۰/۰۰۱۲/۰ef |
| قندهای احیاکننده (mg/g.dw) | ۷۷/٤۹ ± ۳/٦۰ d | ۱٤٦/۹۰±۱۱/۸٦ b | ۱۱۱/۰۰±۲/۰۸c | ۸۳/۹٤ ±۵/٦۳ d | ۸۱/۱٤ ±۳/۵۱ d |
| پروتئین (mg./g.dw) | ۳۰/۵۹ ± ۱/٤۳ a | ۲۲/۵٤±۰/٦۳cd | ۱۷/٤۲±۰/٤۹ f | ۳۰/۸۲ ±۰/۷۰ a | ۳۱/۰٤ ±۱/۸۵ a |
| ترکیبات فنلی (mg./g.dw) | ۱/۸۳ ±۰/۰٦ bc | ۱/۲۹ ±۰/۱٤ d | ۱/۲۰ ±۰/۱۰ d | ۲/۰۱±۰/۱٤abc | ۱/۷۲ ±۰/۰۵ c |
| آنتوسیانین (mg./g.dw) | ۵۵/۰۰ ±۲/۸۹ a | ٤۱/۳۳ ±۰/۸۸ b | ۳۷/۳۳ ±۰/۸۸ b | ۵۵/۰۰ ±۱/۵۲ a | ۵٤/۳۳ ±٤/٤۰ a |
| آسکوربات کل (mg./g.dw) | ۱/۱۷ ±۰/۰۳۸ c | ۱/۳۰ ±۰/۰۱۵ b | ۱/۲۹ ±۰/۰۱٦ b | ۱/۱۸ ±۰/۰۲۱ c | ۱/۱۷ ±۰/۰۲٦ c |

**حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq 0/05$ است.**

**داده‌ها نشان دهنده میانگین ± انحراف معیار می‌باشند.**

**ادامه جدول ۱-**

| | خشکی (۳روز) + گلیسین بتائین (۲۵mM) | خشکی (۳روز) + گلیسین بتائین (۵۰mM) | خشکی (۵روز) + گلیسین بتائین (۲۵mM) | خشکی (۵روز) + گلیسین بتائین (۵۰mM) |
|---|---|---|---|---|
| سطح برگ سوم ($cm^2$) | ۲٤/۵۰ ± ۰/۲۸ c | ۲۳/۲۰ ±۰/۱۵ d | ۲۰/۵۰ ±۰/۲۸ ef | ۱۹/٤۳ ± ۰/۲۳ f |
| وزن خشک اندام هوایی (g) | ۰/٦۵±۰/۰۰۸ cd | ۰/٦۱ ± ۰/۰۰۸ d | ۰/۵۳ ±۰/۰۰۸ ef | ۰/٤۹ ± ۰/۰۰۸ f |
| آب بافت (درصد) | ۸۳/۷٦ ±۰/۱٤ b | ۸۳/٦٦ ±۰/۳۳ b | ۸۲/۳۳ ± ۰/۲۸ c | ۸۲/۲٦ ± ۰/۲۷ c |
| مالون دآلدئید (nanomol/g dw) | ۰/۵۱۸±۰/۰۳۰ f | ۰/۸۰۰±۰/۰۳٦ e | ۰/۹٦۰±۰/۰۸۹d | ۱/۱۵٦±۰/۰۲۳ c |
| سایر آلدئیدها (nanomol/g dw) | ۱۲/٦٤ ±۰/۳٦ d | ۱۳/۷۵ ±۰/۱٤ d | ۱۸/۱۰ ±۱/۵۱ c | ۲۵/۱۲ ±۰/٦۱ b |
| کلروفیل (µgr/gr dw) | ۲۲/٤۰±۰/۲۰cd | ۲۱/۲۰±۰/۱۵ed | ۱۹/۰۰ ± ۰/۲۸ f | ۱۷/۵۰ ±۰/۲۸ g |
| کاروتنوئید ها (µgr/gr dw) | ٤/۵٦ ± ۰/۰۹ c | ٤/۲۵ ± ۰/۰۵ d | ٤/۰۰ ± ۰/۰۲ e | ٤/۰٤ ± ۰/۰۵ e |
| پرولین (mg./g.dw) | ۳۹۰±۰/۰۰۳۰/۰d | ٤۱۰±۰/۰۰۲۹/۰cd | ٤۵۷±۰/۰۰۱۱/۰bc | ۳۹۳±۰/۰۰۰۸/۰d |
| قندهای احیاکننده (mg./g.dw) | ۱۹۱/۹٦±۵/۸۹a | ۱۹۱/۰۰±۸/۳۸a | ۱۸۷/۳۳±٤/٦۲a | ۱۸۷/۰۰±٦/٤۲a |
| پروتئین (mg./g.dw) | ۲٦/٤۵ ±۰/٦۷ b | ۲٤/٤۸ ±/۱۷ bc | ۲۰/٦٤±۰/۰۷de | ۱۹/٦۳±۰/۰۷ ef |
| ترکیبات فنلی (mg./g.dw) | ۲/۱۲ ±۰/۰۷ ab | ۲/۳۰ ±۰/۱۳ a | ۲/۲۰ ±۰/۰۷ a | ۲/۳۰ ±۰/۰۷ a |
| آنتوسیانین (mg./g.dw) | ٤۸/۳۳ ±۲/٤۰ a | ٤۹/٦٦ ±۱/۷٦ a | ٤۹/۳۳ ±۰/۸۸ a | ۵۰/۳۳ ±۲/٦۰ a |
| آسکوربات کل (mg./g.dw) | ۱/۵۱ ±۰/۰۱۵ a | ۱/۵۰ ±۰/۰۱۲ a | ۱/٤۸ ±۰/۰۰۹ a | ۱/۵۱ ±۰/۰۱۹ a |

**حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq 0/05$ است.**

**داده‌ها نشان دهنده میانگین ± انحراف معیار می‌باشند.**

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

اثر در غلظت ۲۵ میلی مولار گلیسین‌بتائین مشهودتر بود. در شرایط تنش خشکی ۵ روز کاربرد گلیسین بتائین در هر دو غلظت نیز باعث افزایش معنی دار میزان کاروتنوئیدها گردید اما تفاوت معنی‌داری بین دو غلظت گلیسین‌بتائین مشاهده نشد.

غلظت پرولین در هر دو سطح تنش خشکی افزایش یافت و با افزایش شدت تنش این افزایش چشمگیرتر بود. در شرایط غیرتنش کاربرد گلیسین‌بتائین (۲۵ میلی‌مولار) موجب افزایش مقدار پرولین شد ولی در شرایط تنش خشکی ۳ و ۵ روز کاربرد گلیسین بتائین باعث کاهش معنی‌دار میزان پرولین گردید.

مقدار قندهای احیاکننده در تنش خشکی در هر دو سطح افزایش نشان داد که این افزایش در تنش خشکی ۳ روز چشمگیرتر بود. کاربرد گلیسین‌بتائین در شرایط غیرتنش معنی‌دار نبود. در شرایط تنش خشکی ۳ و ۵ روز کاربرد گلیسین‌بتائین باعث افزایش معنی دار غلظت قندهای احیا کننده گردید و تفاوت معنی‌داری میان دو غلظت گلیسین‌بتائین مشاهده نشد.

تنش خشکی در هر دو سطح موجب کاهش معنی‌دار غلظت پروتئین گردید و با افزایش شدت تنش این کاهش چشمگیرتر بود. کاربرد گلیسین‌بتائین در شرایط غیرتنش معنی‌دار نبود. در شرایط تنش خشکی ۳ و ۵ روز کاربرد گلیسین‌بتائین ۲۵ میلی مولار باعث افزایش معنی‌دار میزان پروتئین گردید اما در غلظت ۵۰ میلی مولار تغییر معنی‌داری در مقدار پروتئین مشاهده نشد.

تنش خشکی در هر دو سطح موجب کاهش معنی‌دار غلظت ترکیبات فنلی گردید. کاربرد گلیسین‌بتائین در شرایط غیرتنش تاثیر معنی‌داری بر مقدار ترکیبات فنلی نداشت. در شرایط تنش خشکی ۳ و ۵ روز کاربرد گلیسین‌بتائین باعث افزایش معنی‌دار مقدار ترکیبات فنلی گردید و بین دو غلظت استفاده شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

غلظت آنتوسیانین در تنش خشکی کاهش معنی‌دار پیدا کرد. در شرایط تنش خشکی ۳ و ۵ روز کاربرد گلیسین‌بتائین باعث افزایش معنی‌دار مقدار آنتوسیانین گردید و بین هر دو غلظت استفاده شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

مقدار آسکوربات کل در تیمار تنش خشکی افزایش یافت و تیمارهای گلیسین‌بتائین موجب افزایش مقدار آسکوربات کل در شرایط تنش شد.

**بحث:**

در این مطالعه تنش کم آبی موجب القای تنش اکسیداتیو، افزایش میزان پراکسیداسیون لیپید و افزایش مقدار مالون دآلدئید و سایر آلدئیدها در گیاهان گوجه فرنگی گردید. اما کاربرد گلیسین‌بتائین موجب افزایش مقدار بعضی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان نظیر ترکیبات فنلی، آنتوسیانین‌ها، کاروتنوئیدها و آسکوربیک اسید و در نتیجه کاهش تنش اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپید گردید. افزایش تنش اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپید یکی از اثرات مهم تنش‌های محیطی نظیر تنش خشکی می‌باشد (Gill and Tuteja, 2010). مشابه با نتایج این مطالعه در گیاهان توتون تحت تنش شوری نیز کاربرد گلیسین‌بتائین موجب افزایش قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپید گردید (Nasrin Akhter Banu *et al.*, 2009). در گیاهان ذرت تحت تنش خشکی نیز کاربرد گلیسین‌بتائین با افزایش قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، موجب کاهش تنش اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدها گردید (Lixin *et al.*, 2011; Ali and Ashraf, 2011). در گیاهان سورگوم تحت تنش شوری نیز کاربرد گلیسین‌بتائین آسیب وارد شده به غشاهای سلولی، کلروپلاست و میتوکندری را در سلول‌های مزوفیل برگ کاهش داد و از پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری نمود (Arafa *et al.*, 2007).

در این بررسی تنش آبی منجر به کاهش مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها در گیاهان گوجه فرنگی گردید که می‌تواند به دلیل تاثیر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های بیوسنتز کننده کلروفیل و افزایش سرعت تجزیه این رنگیزه‌ها و یا آسیب به غشای تیلاکوئیدی در کلروپلاست باشد. علاوه بر این که افزایش مقدار پرولین در شرایط تنش خشکی نیز یکی از دلایل کاهش کلروفیل ذکر شده است. زیرا هم پرولین و هم کلروفیل از پیش ساز مشترکی به نام گلوتامیک اسید به وجود می‌آیند. بنابراین،

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

این احتمال وجود دارد که در شرایط تنش، مسیر بیوسنتزی گلوتامیک اسید-پرولین نسبت به مسیر بیوسنتزی گلوتامیک اسید-کلروفیل فعال‌تر گردد (Hassanein *et al.*, 2009). در این تحقیق کاربرد گلیسین‌بتائین موجب افزایش مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها در شرایط تنش و غیرتنش گردید. در گیاهان ذرت تحت تنش شوری نیز کاربرد گلیسین‌بتائین موجب افزایش مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل و کاروتنوئیدها گردید (Hassanein *et al.*, 2009). گلیسین‌بتائین می‌تواند بیوسنتز کلروفیل و کاروتنوئیدها را افزایش دهد و یا از تجزیه آن‌ها جلوگیری نموده و یا سرعت تجزیه آن‌ها را کندتر نماید. علاوه بر این که گلیسین‌بتائین می‌تواند کلروپلاست و غشاها را از اثرات منفی تنش خشکی و تنش اکسیداتیو ناشی از آن محافظت نماید و همبستگی غشاها را حفظ نماید (Hassanein *et al.*, 2009).

تجمع اسمولیت‌های کلیدی مانند پرولین، گلیسین‌بتائین، قندهای محلول و یون‌هایی مانند پتاسیم در تنش خشکی می‌تواند منجر به تنظیم اسمزی شود. تجمع اسمولیت‌ها در تنش خشکی می‌تواند علاوه بر کاهش پتانسیل اسمزی سلول و کمک به جذب آب در سلول، می‌تواند ساختار غشاها یا ماکروملکول‌های زیستی را پایدار نماید. در این مطالعه نیز مقدار پرولین و قندهای احیاکننده در گیاهان تحت تنش خشکی افزایش یافت. همان گونه که ذکر گردید، افزایش مقدار اسمولیت‌ها در شرایط تنش خشکی یکی از مکانیسم‌های مهم مقاومت در برابر تنش خشکی می‌باشد (Szabados and Savoure, 2009).

در این مطالعه کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا موجب افزایش مقدار قندها در گیاهان تحت تنش خشکی گردید. مشابه با نتایج این مطالعه، گلیسین‌بتائین در گیاهان نیشکر تحت تنش گرما (Rasheed *et al.*, 2011)، گیاهان ذرت تحت تنش خشکی (Ali and Ashraf, 2011) و شوری (Hassanein *et al.*, 2009) و گیاهان کلزای تحت تنش شوری (Khattab and Afifi, 2009) نیز موجب افزایش مقدار قندها گردید. تاثیر گلیسین‌بتائین در افزایش همبستگی غشاهای کلروپلاستی و سایر غشاهای سلولی در شرایط تنش و همچنین افزایش سطح برگ و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌تواند از دلایل افزایش مقدار قندها باشد. علاوه بر این که خود تجمع قندها نیز، به دلیل دخالت آن‌ها در تنظیم اسمزی و همچنین سایر نقش‌های حفاظتی آن‌ها روی اجزای سلولی می‌تواند به افزایش مقاومت گیاه در شراط تنش و بهبود رشد کمک نماید (Hassanein *et al.*, 2009).

در این مطالعه کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا موجب جلوگیری از افزایش بیشتر پرولین در گیاهان تحت تنش خشکی گردید ولی مقدار پرولین را در گیاهان در شرایط غیرتنش افزایش داد. مشابه با نتیجه این تحقیق گزارش شده است که، گلیسین‌بتائین برون‌زا مانع تجمع پرولین در گیاهان کلزای تحت تنش اسمزی شد (Larher *et al.*, 1996). کاربرد گلیسین‌بتائین در گیاهان برنج تحت تنش شوری نیز موجب افزایش پرولین در یکی از ارقام برنج و کاهش پرولین در رقم دیگر برنج شد (Demiral and Turkan, 2006).

گزارش‌های مختلف حاکی این مطلب است که گلیسین‌بتائین محلول‌پاشی شده روی برگ یا اندام هوایی گیاه، قابلیت انتقال به قسمت های مختلف گیاه را دارا می‌باشد و این مطلب هم در مورد گیاهان تجمع دهنده و بیوسنتز کننده گلیسین‌بتائین و هم در مورد گیاهان غیرتجمع دهنده و فاقد توانایی بیوسنتز گلیسین‌بتائین صادق است (Lixin *et al.*, 2009; Hassanien *et al.*, 2009 ). از آن جایی‌که، گلیسین‌بتائین برون‌زا می‌تواند به راحتی به داخل برگ‌ها نفوذ نماید و به سایر اندام‌های گیاه منتقل شود و موجب افزایش همبستگی غشاها و افزایش مقاومت در برابر تنش‌های مختلف شود (Lixin *et al.*, 2009). بنابراین هر چند که در این مطالعه مقدار گلیسین‌بتائین در بافت‌های گیاهی اندازه گیری نشد، با توجه به مطالب ذکر شده در بالا به نظرمی‌رسد که یکی از دلایل احتمالی عدم افزایش بیشتر مقدار پرولین در تیمار توام تنش خشکی و گلیسین‌بتائین، نقش حفاظتی خود گلیسین‌بتائین و کمک این ماده به تنظیم اسمزی در بافت‌های گیاه گوجه فرنگی باشد بنابراین نیاز به افزایش

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

بیشتر پرولین را کم می‌کند.

در این مطالعه در گیاهان گوجه فرنگی مقدار پروتئین‌ها در پاسخ به تنش خشکی کاهش یافت که نشان می‌دهد تنش خشکی یا تجزیه پروتئین‌ها را تسریع می‌کند که نتیجه آن می‌تواند تجمع اسید آمینه‌هایی نظیر پرولین باشد، و یا آن که تنش خشکی از بیوسنتز پروتئین‌ها جلوگیری می‌نماید. در این مطالعه کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا موجب افزایش مقدار پروتئین در شرایط تنش خشکی گردید. کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا در گیاهان برنج تحت تنش شوری نیز موجب افزایش مقدار پروتئین گردید (Demiral and Turkan, 2006). در گیاهان ذرت تحت تنش شوری نیز کاربرد گلیسین‌بتائین موجب افزایش مقدار پروتئین گردید (Hassanein *et al.*, 2009). کاربرد گلیسین‌بتائین در گیاهان ذرت نیز موجب افزایش مقدار پروتئین در شرایط تنش کم‌آبی و در شرایط غیرتنش گردید (Ali and Ashraf, 2011). گلیسین‌بتائین می‌تواند در پایدار سازی ساختمان پیچ خورده پروتئین‌ها نقش داشته باشد و می‌تواند با بر هم کنش مستقیم با فسفاتیدیل کولین خصوصیات ترمودینامیک غشا ها را تغییر دهد و پروتئین‌ها را علیه نتایج نامطلوب دهیدراته شدن محافظت می‌نماید. علاوه بر این که گلیسین‌بتائین می‌تواند موجب تغییر در الگوی بیان ژن‌ها شود و الگوی پروتئینی را در گیاه تغییر دهد که نتیجه آن افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها می‌باشد (Hassanein *et al.*, 2009).

در این مطالعه پارامترهای رشد در گیاهان تحت تنش کم آبی کاهش یافت و با افزایش شدت تنش این کاهش شدیدتر گردید. اثرات مهاری و بازدارنده ی تنش آب بر پارامترهای رشد می‌تواند به دلایل مختلفی نظیر تاثیر تنش آب بر پتانسیل اسمزی سلول‌ها، تاثیر بر بیوسنتز پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک، تاثیر بر تعادل هورمونی، جذب یونی و تغذیه معدنی تاثیر بر فتوسنتز، و برهم خوردن ساختمان و نقش غشای پلاسمایی و سایر غشاهای سلولی باشد (Hassanein *et al.*, 2009).

کاربرد گلیسین‌بتائین در این بررسی موجب افزایش سطح برگ و بهبود پارامترهای رشد و افزایش RWC در گیاهان گوجه فرنگی گردید. مشابه با نتایج این بررسی در گیاهان ذرت تحت تنش خشکی کاربرد گلیسین‌بتائین موجب افزایش RWC و وزن خشک گردید (Lixin *et al.*, 2011). کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا در گیاهان برنج موجب بهبود پارامترهای رشد و به تعویق انداختن پیری در شرایط تنش شوری گردید (Demiral and Turkan, 2006). گزارش دیگری نیز از کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا در گیاهان برنج تحت تنش شوری وجود دارد که نشان‌دهنده این مطلب است که گلیسین‌بتائین رشد اندام هوایی گیاهان را در شرایط تنش شوری بهبود بخشیده اما در بهبود رشد ریشه گیاهان تاثیری نداشته است (Rahman *et al.*, 2002). در گیاهان توتون نیز کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا موجب افزایش وزن تر و خشک برگ در شرایط تنش و غیرتنش شده است (Agboma *et al.*, 1997). در گیاهان ذرت تحت تنش خشکی کاربرد گلیسین‌بتائین موجب بهبود وزن خشک و میزان محصول شد (Lixin *et al.*, 2009). اما گزارشی عکس موارد ذکر شده در بالا نیز وجود دارد، که در گیاهان پنبه کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا در شرایط تنش خشکی برهیچ کدام از فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه تاثیری نداشت و بر بهبود رشد و تولید محصول نیز اثری نگذاشت (Meek *et al.*, 2003).

القای افزایش سطح برگ توسط گلیسین‌بتائین که می‌تواند فعالیت فتوسنتزی و در نتیجه تولید کربوهیدرات‌ها و تولید بیومس و افزایش رشد را به همراه داشته باشد، می‌تواند به دلیل توانایی فیزیولوژیکی گلیسین‌بتائین در ممانعت از دهیدراته شدن سلول در طی تنش خشکی و حفظ فشار تورگور و حفظ فعالیت فتوسنتزی گیاه در شرایط پتانسیل آبی پایین باشد (Hassanein *et al.*, 2009). علاوه بر این که گلیسین‌بتائین می‌تواند فعالیت پروتئین‌ها و ناقل‌های غشایی و کانال‌ها را تنظیم نماید بنابراین با تاثیر بر جذب یون‌ها می‌تواند وضعیت تغذیه‌ای گیاه و تنظیم اسمزی را تحت تاثیر قرار دهد (Hassanein *et al.*, 2009). گلیسین‌بتائین می‌تواند فعالیت ATPaseها را در سلول تغییر دهد و در جذب یون‌هایی مانند پتاسیم و کلسیم دخالت کند (Lixin *et al.*, 2009, Zhao *et al.*, 2007). علاوه بر آن گزارش‌های متعددی نشان‌دهنده نقش گلیسین‌بتائین بر بهبود پارامترهای فتوسنتزی در شرایط تنش و

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

غیرتنش می‌باشد که می‌تواند یکی از دلایل بهبود پارامترهای رشد باشد. نقش گلیسین‌بتائین بر تغییر تعادل هورمونی در گیاهان نیز می‌تواند یکی دیگر از دلایل افزایش پارامترهای رشد باشد که در گزارش‌های مختلف به آن اشاره شده است (Hassanein *et al.*, 2009, Makela *et al.*, 1999, Mahouachi *et al.*, 2012, Ashraf *et al.*, 2008, Ma *et al.*, 2006).

## نتیجه‌گیری کلی:

در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد گلیسین‌بتائین برون‌زا به صورت محلول‌پاشی در گیاهان گوجه فرنگی با تاثیر بر میزان اسمولیت‌هایی نظیر پرولین و قندها، برخی ترکیبات آنتی‌اکسیدان نظیر ترکیبات فنلی،آنتوسیانین و آسکوربیک اسید موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، حفاظت از رنگیزه‌های فتوسنتزی، بهبود محتوای نسبی آب در گیاه و در نتیجه بهبود پارامترهای رشد در شرایط تنش و غیرتنش گردید. این نتایج، نشان‌دهنده قابلیت استفاده از گلیسین‌بتائین برون‌زا در گیاهان گوجه فرنگی (که خود به طور طبیعی فاقد توانایی بیوسنتز این ماده می‌باشد) برای کاهش اثرات تنش خشکی می‌باشد.

## منابع:


Agboma, P. C., Peltonen-sainio, P., Hinkkanen, R. and Pehu, E. (1997) Effect of foliar application of glycinebetaine on yield components of drought-stressed tobacco plants. Experimental Agriculture 33: 345-352.

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

Arafa, A. A., Khafagy, M. A. and El-banna, M. F. (2007) The effect of glycinebetaine or ascorbic acid on the salt-stress induced damages in sorghum plant cells. International Journal of Botany 3:251-259.

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

Ashraf, M., Nawaz, K., Athar, H. R. and Raza, S. H. (2008) Growth enhancement in two potential cereal crops, maize and wheat, by exogenous application of glycinebetaine. Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance: Section I: 21-35.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Tare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 29: 205-207.

Chen, T. H. H. and Murata, N. (2002) Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. Current Opinion in Plant Biology 5: 250-257.

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

Chen, T. H. H. and Muraty, N. (2011) Glycinebetaine protects plants against abiotic stress: mechanisms and biotechnological applications. Plant Cell and Environment 34: 1-20.

De Pinto, M. C., Francis, D. and Gara, L. (1999) The redox state of ascorbate-dehydroascorbate pairs a specific sensor of cell division in tobacco By-Z cells. Protoplasma 209: 90-97.

Demiral, T. and Turkan, I. (2006) Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. Environmental and Experimental Botany 56: 72-79.

Gao, W.J. (2000) The experimental technology of plant physiology. World Book Press, Xian, pp: 89-258.

Gill, S. S. and Tuteja, N. (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry 48: 909-930.

Hassanein, R. A., Hassanein A. A., Haider, A. S. and Hashem, H. A. (2009) Improving salt tolerance of Zea mays L. plants by presoaking their grains in glycine betaine. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3: 928-942.

He, C., Zhang, W., Gao, Q., Yang, A., Hu, X. and Zhang, J. (2011) Enhancement of drought resistance and biomass by increasing the amount of glycine betaine in wheat seedlings. Euphytica 177: 151-167.

Heath, R. L. and Packer, L. (1969) Photoperoxidation in isolated chloroplast. I. kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemisry and Biophysics 125: 189-198.

Huang, J., Hirji, R., Adam, L., Rozwadowski, K. L., Hammerlindl, J. K., Keller, W. A. and Selvaraj, G. (2000) Genetic engineering of glycinebetaine production toward enhancing stress tolerance in plants: metabolic limitations. Plant Physiology 122: 747-756.

Khattab, E. A. and Afifi, M. H. (2009) effect of proline and glycinebetain on canola plants grown under salinity stress condition. Modern Journal of Applied Biological Science Crop Science 3: 42-51.

Larher, F., Rotival-Garnier, N., Lemesle, P., Plasman, M. and Bouchereau, A. (1996) The glycine betaine inhibitory effect on the osmoinduced proline response of rape leaf discs. Plant Science 113:21-31.


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

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

Lixin, Z., Gao, M., Li, S., Li, S. and Liang, Z. (2011) Modulation of plant growth, water status and antioxidant system of two maize (*Zea may* L.) cultivars induced by exogenous glycinebetaine under long term mild drought stress. Pakistan Journal of Botany 43: 1587-1594.

Lixin, Z., Shenxiu, L. and Zongsuo, L. (2009) Differential plant growth and osmotic effects of two maize (*Zea mays* L.) cultivars to exogenous glycinebetaine application under drought stress. Plant Growth Regulation 58: 297-305.

Lowry, O. H., Roseberough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. (1951). Protein measurement with folin–phenol reagent. Journal of Biology Chemistry 193: 265-275.

Ma, Q. Q., Wang, W., Li, Y. H., Li, D. Q. and Zou, Q. (2006) Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar-applied glycinebetaine. Journal of Plant Physiology 163: 165-175.

Mahouachi, J., Argamasilla, R. and Gomez-Cadenas, A. (2012) Influence of exogenous glycine betaine and abscisic acid on papaya in response to water-deficit stress. Journal Plant Growth Regulation 31: 1-10.

Makela, P., Kontturi, M., Pehu, E. and Somersalo, S. (1999) Photosynthetic response of drought and salt stressed tomato and turnip rape plants to foliar applied glycinebetaine. Physiologia Plantarum 105: 45-50.

Meek, C., Oosterhuis, D. and Gorham, J. (2003) Does foliar-applied glycinebetaine affect endogenous betaine levels and yield in cotton. Crop Management DOI: 10.1094/CM-2003-0804-02-RS.

Meirs, S., Philosophhadas, S., Aharoni, N. (1992) Ethylene increased accumulation of fluorescent lipid peroxidation products detected during senescence of parsley by a newly developed method. Journal of American Society for Horticultural Science 117:128-132.

Nasrin Akhter Banu, M. S. T., Hoque, M. D. A., Watanabe-sugimoto, M., Matsuoka, K., Nakamura, Y., Shimoishi, Y. and Murata Y., (2009) Proline and glycinebetaine induce antioxidant defence gene expression and suppress cell death in cultured tobacco cells under salt stress. Journal of Plant Physiology 166: 146-156.

Rahman, M. S., Miyake, H. and Takeoka, Y. (2002) Effects of exogenous glycinebetaine on growth and ultrastructure of salt-stressed rice seedlings (*Oryza sativa* L.). Plant Production Science 5: 33-44.

Rasheed, R., Wahid, A., Farooq, M., Hussain, I. and Basra, S. M. A. (2011) Role of proline and glycinebetaine pretreatment in improving heat tolerance of sprouting sugarcane (*Saccharum* SP.) buds. Plant Growth Regulation 65: 35-45.

Sakamoto, A. and Murata, N. (2000) Genetic engineering of glycinebetaine synthesis in plants: current status and implications for enhancement of stress tolerance. Journal of Experimental Botany 51: 81-88.

Shah, F. S., Watson, C. E. and Cabera, E. R., (2002). Seed vigor testing of subtropical corn hybrids. Research Report. 23: 56-68.

Somogy, M. (1952) Notes on sugar determination. Journal of Biology Chemistry 195: 19-29

Szabados, L. and Savoure, A. (2009) Proline: a multifunctional amino acid. Trends in Plant Science 15: 89-97.

Taiz, L. and Zeiger, E. (2005). Plant Physiology, 4th Ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetes.

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

Zhao. X. X., Ma, Q. Q., Fang, L. Y., Wang, Y. Q. and Wang, W. (2007) Effect of glycinebetaine on function of thylakoid membranes in wheat flag leaves under drought stress. Biologia Plantarum 51: 584-588.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]

# The interaction of exogenous glycine betaine and water deficit on some physiologic characteristic of tomato (*Lycopersicun esculentum* Mill.) plants

**Mahdieh Taghdisi Sayyar[1], Shekoofeh Enteshari[2], Fatemeh Daneshmand[*2]**

**[1] Department of Biology (Plant Physiology), Payame Noor University of Isfahan**
**[2] Department of Biology, Payame Noor University, 19395-4697- Tehran, I. R. Iran.**
**(Received: 14 July 2014, Accepted: 24 May 2015)**

**Abstract:**

In many plants, glycine betaine acts as an osmotic protectant and osmolyte. But some plants, such as tomato, are not able to synthesize and accumulate this osmolyte. This study was designed to investigate the effect of exogenous application of glycine betaine in reducing drought stress in tomato plants. Water stress in three levels (0, 3 days and 5 days without irrigation) and glycine betaine in three levels (0, 25 and 50 mM as foliar spraying) were applied. water stress in the both levels reduced the third leaf area, shoot dry weight, percent water content of the third leaf, the amount of chlorophyll, carotenoids, proteins, phenolic compounds and anthocyanins but increased lipid peroxidation, proline, reducing sugars and total ascorbate. However, application of glycine betaine in two levels, decreased lipid peroxidation, proline content and increased the amount of chlorophyll, carotenoids, reducing sugars, proteins, phenolic compounds, anthocyanins and total ascorbate and thus, increased the third leaf area, shoot dry weight and percentage of third leaf water. The results of this study showed that, exogenous application of two levels of glycine betaine in tomato plants, unable to synthesize this substance, was effective in reducing the effects of drought stress and improved growth parameters under stress and non-stress conditions.

**Key words:** Lipid peroxidation, Osmotic adjustment, Drought stress, Glycine betaine, Tomato

*corresponding author, Email: f.daneshmand@yahoo.com

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.3.0 ]