

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷  
صفحه‌های ۲۳۶-۲۲۷

### تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی گلیسین‌بتائین بر مؤلفه‌های فتوسنتزی گیاه نخود

سید حمزه حسینیان<sup>۱</sup>، ناصر اکبری<sup>۲\*</sup>، حمید رضا عیسوند<sup>۳</sup>، امیدعلی اکبرپور<sup>۴</sup>، مهری سعیدی‌نیا<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۴. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۳

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸

#### چکیده

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محدودکننده رشد گیاهان است و در اکثر مراحل رشد گیاه اثر زیان‌آور و مخربی دارد. استفاده از روش‌های مدیریتی برای کاهش اثرات خشکی اهمیت زیادی دارد. به نظر می‌رسد بتوان با کاربرد گلیسین‌بتائین در گیاهان، تحمل آنها را به شرایط خشکی افزایش داد. به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی گلیسین‌بتائین بر مؤلفه‌های فتوسنتزی گیاه نخود، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۶ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی در چهار سطح (شاهد، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و محلول‌پاشی گلیسین‌بتائین در سه سطح (صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار) بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد فاکتورهای فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسید کربن درون سلولی، کارایی مصرف آب فتوسنتزی و کارایی کربوکسیلاسیون شد، اما گلیسین‌بتائین به‌طور قابل‌توجهی این مؤلفه‌ها را بهبود بخشید. کاربرد گلیسین‌بتائین باعث افزایش فتوسنتز گیاه در شرایط تنش خشکی شد، که بیشتر به‌علت افزایش هدایت روزنه‌ای و کارایی کربوکسیلاسیون در جذب دی‌اکسید کربن است. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی برگ‌ی گلیسین‌بتائین (۲۵ میلی‌مولار)؛ مؤلفه‌های فتوسنتزی را در شرایط تنش خشکی بهبود می‌بخشد و باعث تحمل بیشتر نخود در برابر تنش خشکی می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز، کارایی کربوکسیلاسیون، کارایی مصرف آب فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای.

## مقدمه

نخود به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات، مکمل خوبی برای غلات است (۲) و منبع غذایی مهم برای تأمین پروتئین در کشورهای در حال توسعه بوده و برای مصرف اقشار کم‌درآمد که نمی‌توانند از پروتئین حیوانی استفاده کنند ایده‌آل است (۲)؛ لذا به نخود "گوشت فقرا" نیز اطلاق شده است.

گیاهان در طول چرخه زندگی با انواع تنش‌های محیطی از قبیل کمبود آب، گرما، سرما و شوری مواجه می‌شوند. زمین‌های کشاورزی به دلیل تنش‌های محیطی روز به روز در حال کاهش هستند که باعث کاهش قابل توجهی در رشد و عملکرد محصول می‌شوند (۲۹). تنش خشکی یا کمبود آب یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های محیطی است که بر بقای گیاه و بهره‌وری کشاورزی در سراسر جهان، به‌ویژه در اکوسیستم‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر می‌گذارد (۱۵). در شرایط تنش خشکی، فتوسنتز جزو اولین فرآیندهایی است که تحت تأثیر قرار می‌گیرد و با کاهش مقدار آب قابل‌دسترس، میزان آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید ماده خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد (۱۳). در شرایط تنش خشکی، میزان دی‌اکسید کربن، قابل دسترس برای فتوسنتز به‌واسطه کاهش هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی کاهش می‌یابد (۹). احتمالاً بسته‌شدن روزنه‌ها اولین سیستم دفاعی گیاه در مقابل هدر رفت آب و مهم‌ترین عامل برای تأثیر بر میزان تثبیت کربن است. گزارش شده است که تنش خشکی منجر به کاهش مقدار فتوسنتز، تبخیر و تعرق و مقدار کلروفیل در نخود می‌شود (۲۳).

با توجه به نوع تنش، گیاهان در مسیر تکاملی خود، راه‌کارهایی را جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش کسب کرده‌اند. یکی از راه‌کارهایی که گیاهان برای سازگار شدن با شرایط محیطی نامطلوب مثل تنش خشکی در پیش

می‌گیرند، تجمع ترکیبات با وزن مولکولی پایین معروف به مواد محلول سازگار است (۱۷). گلیاسین‌بتائین با وزن مولکولی ۱۱۷/۱ گرم، یکی از معمول‌ترین ترکیبات آلی سازگار است که در میکروارگانسیم‌های مختلف گیاهان عالی و حیوانات می‌تواند وجود داشته باشد و نقش عمده‌ای در تعدیل تنش‌های اسمزی ناشی از کم‌آبی یا شوری در گیاهان ایفا می‌کند (۱۸). گلیاسین‌بتائین به‌طور فراوانی در واکنش به تنش‌های خشکی و شوری در بسیاری از گیاهان سنتز و تجمع پیدا می‌کند. اما در بسیاری از گیاهان سنتز و تجمع گلیاسین‌بتائین کمتر از میزان مورد نیاز برای کاهش اثرات مضر تنش‌های اسمزی محیطی مختلف است، به‌همین دلیل تعدادی از محققین معتقدند که یک روش افزایش سطح گلیاسین‌بتائین داخلی گیاهان به‌منظور افزایش تحمل آنها به تنش‌ها، کاربرد خارجی این ماده می‌باشد (۸). تأثیرات مثبت استعمال خارجی گلیاسین‌بتائین روی رشد و عملکرد تعدادی از گونه‌های گیاهی از جمله سیب‌زمینی (۲۲)، ذرت (۳)، توتون (۴) و سویا (۵) تحت تنش غیرزیستی گزارش شده است. با این حال در آزمایشات بسیار اندکی عدم تأثیر مثبت گلیاسین‌بتائین بر برخی گونه‌های گیاهی از جمله گندم (۳) و پنبه (۱۶) گزارش شده است.

تعیین توان فتوسنتزی گیاه نخود در شرایط تنش خشکی و تعیین سهم عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای در کاهش فتوسنتز برای شناسایی ویژگی‌های فتوسنتزی این گیاه اهمیت فراوانی دارد. براساس بررسی‌های انجام‌شده درباره تأثیر گلیاسین‌بتائین بر پارامترهای تبادلات گازی، مطالعات کمی در خارج و داخل کشور انجام شده است؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر، تعیین نقش برخی عوامل مهم روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای و اهمیت نسبی آنها در شرایط تنش خشکی و بررسی تأثیر گلیاسین‌بتائین بر رفع آثار کم‌آبی و بهبود سیستم فتوسنتزی جهت به‌دست

زراعی و  $\theta_{PWP}$  میزان درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی می‌باشد. با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده مقدار RAW برای تیمار شاهد (۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی) برابر ۷/۵ درصد وزنی و  $\theta_m$  برابر ۲۳/۵ درصد وزنی به‌دست آمد. به‌عبارت دیگر، هرگاه رطوبت وزنی خاک به ۲۳/۵ درصد وزنی رسید آبیاری صورت گرفت و در نهایت میزان آب مورد نیاز هر یک از تیمارها نیز بر اساس مقادیر زیر تأمین گردید.

$$D_{100}=100\%RAW$$

$$D_{75}=75\%RAW$$

$$D_{50}=50\%RAW$$

$$D_{25}=25\%RAW$$

در این روابط،  $D_{100}$ ،  $D_{75}$ ،  $D_{50}$  و  $D_{25}$  به‌ترتیب شاهد، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه است. اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای براساس مول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه، سرعت تعرق براساس میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه، سرعت فتوسنتز براساس میکرومول دی‌اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه و دی‌اکسید کربن درون سلولی برحسب میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه توسط دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز<sup>۱</sup> مدل LCA4 اندازه‌گیری شد (۲۴). برای اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به تبادلات گازی، قسمت میانی بالاترین برگ بوته از هر تیمار در اتاقک شیشه‌ای انبرک دستگاه قرار داده شد و پس از ثبات شرایط درون اتاقک، داده‌های مربوط ثبت شد. کارایی مصرف آب از طریق تقسیم مقدار فتوسنتز خالص بر تبخیر و تعرق محاسبه شد. میزان کارایی مصرف آب فتوسنتزی از تقسیم میزان فتوسنتز به تعرق محاسبه شد (۲۱). کارایی کربوکسیلاسیون که برخی از پژوهشگران آن را معادل هدایت مزوفیلی در نظر گرفته‌اند از تقسیم میزان فتوسنتز به دی‌اکسیدکربن درون سلولی به‌دست آمد (۲۶).

آوردن عملکرد کمی و کیفی بالا در شرایط تنش خشکی بود.

## مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۶ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی در چهار سطح (شاهد، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و محلول پاشی گلاسیسین بتائین در سه سطح (صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار) بودند. بذر نخود مورد استفاده در این آزمایش رقم عادل بود. در هر گلدان ۶ بذر کشت شد. هر گلدان با قطر ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. چهار روز پس از سبز شدن، تعداد گیاهچه‌ها به سه عدد کاهش یافت. تنش خشکی ۱۷ روز پس از سبز شدن زمانی که گیاه ۶-۴ برگ داشت، اعمال شد.

در طول دوره رشد، اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و میزان آب مورد نیاز به‌صورت وزنی انجام شد و آبیاری به‌گونه‌ای اعمال گردید که رطوبت در تیمار شاهد، در حد رطوبت سهل‌الوصول باقی بماند، بر این اساس که هر روز گلدان‌ها وزن گردید و زمانی که رطوبت خاک به حد پایین رطوبت سهل‌الوصول ( $\theta_m$ ) رسید آبیاری انجام گردید. میزان رطوبت سهل‌الوصول و حد پایین رطوبت سهل‌الوصول از فرمول‌های (۱) و (۲) محاسبه گردیدند (۱۱).

$$RAW = MAD (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \quad (1)$$

$$\theta_m = | \theta_{FC} - MAD (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) | \quad (2)$$

در این روابط، RAW رطوبت سهل‌الوصول و MAD تخلیه مجاز مدیریتی می‌باشد که در این تحقیق ۰/۵ در نظر گرفته شد.  $\theta_{FC}$  میزان درصد رطوبت وزنی در ظرفیت

1. Infrared Gas Analyzer (IRGA)

به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش دهد به طوری که محلول پاشی ۵۰ میلی مولار گلايسين بتائين با ۱۲/۳۹ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه بیشترین و عدم محلول پاشی گلايسين بتائين (شاهد) با ۹/۹۲ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه کمترین سرعت فتوستتزر را به خود اختصاص دادند. البته محلول پاشی ۲۵ و ۵۰ میلی مولار گلايسين بتائين از نظر آماری تفاوت معنی داری نشان ندادند (جدول ۲). دلیل کاهش فتوستتزر در وضعیت تنش خشکی، بسته شدن روزنه‌ها (محدودیت روزنه‌ای) یا آسیب به مجموعه عوامل بیوشیمیایی تثبیت کننده دی اکسید کربن است (۲۰). کاهش سرعت فتوستتزر در پژوهش‌های مختلف به عنوان مهم‌ترین اثر منفی ناشی از تنش خشکی بیان شده است (۱۹). ژینگ و راجاشکار (۲۷) در تحقیقات خود دریافتند گیاهانی که دچار تنش خشکی بودند نسبت به شاهد جذب دی اکسید کربن به مراتب کمتری داشتند اما با کاربرد گلايسين بتائين میزان جذب دی اکسید کربن افزایش پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد در وضعیت آبیاری مناسب و تنش خشکی، محلول پاشی گیاه با گلايسين بتائين منجر به افزایش سرعت فتوستتزر می‌شود.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد همه پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد به طور معنی داری تحت تأثیر اثرات اصلی خشکی و گلايسين بتائين قرار گرفتند، در حالی که اثر متقابل خشکی در گلايسين بتائين به جز هدایت روزنه‌ای در بقیه پارامترها معنی دار نبود (جدول ۱).

## سرعت فتوستتزر

سرعت فتوستتزر به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول پاشی گلايسين بتائين قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش تنش خشکی، سرعت فتوستتزر کاهش معنی داری پیدا کرد به طوری که بیشترین و کمترین مقادیر سرعت فتوستتزر به ترتیب از تیمار شاهد و تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۱۷/۱۳ و ۵/۳۲ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه به دست آمد. محلول پاشی گلايسين بتائين توانست سرعت فتوستتزر را

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و محلول پاشی گلايسين بتائين بر مؤلفه‌های فتوستتزی نخود

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
کارایی	کارایی مصرف	دی اکسید کربن	هدایت	سرعت	سرعت	سرعت		
کربوکسیلاسیون	آب فتوستتزی	درون سلولی	روزنه‌ای	تعرق	فتوستتزر	فتوستتزر		
۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۱۰۷/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۲	تکرار	
۰/۰۰۰۰۴۸۷ <sup>**</sup>	۱/۱۹ <sup>**</sup>	۵۰۹۳۰/۳۵ <sup>**</sup>	۲/۱۰۹ <sup>**</sup>	۱۴/۵۴ <sup>**</sup>	۲۲۰/۴۵ <sup>**</sup>	۳	تنش خشکی	
۰/۰۰۰۰۳۲ <sup>**</sup>	۳/۴۰ <sup>**</sup>	۱۶۷۹۸/۰۸ <sup>**</sup>	۰/۲۸۹ <sup>**</sup>	۰/۶۵ <sup>**</sup>	۲۷/۲۰ <sup>**</sup>	۲	گلايسين بتائين	
۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۳۷/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۸ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۸ <sup>ns</sup>	۶	خشکی × گلايسين بتائين	
۰/۰۰۰۰۰۴۵	۰/۰۴	۱۳۸/۸۰	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۲۶	۲۲	خطای آزمایشی	
۵/۵۰	۷/۱۲	۲/۷۰	۴/۲۵	۲/۴۸	۴/۴۱	-	ضریب تغییرات (%)	

ns و \*\*: نبود اختلاف معنی دار و وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

**سرعت تعرق**

اثرات اصلی خشکی و گلاسیسین‌بتائین به‌طور معنی‌داری سرعت تعرق را تحت‌تأثیر قرار دادند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های اثرات ساده تنش خشکی نشان داد که متناسب با تغییرات در میزان فتوستتوز، سرعت تعرق با افزایش سطوح تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۲). همانند سرعت فتوستتوز، بیشترین و کمترین مقادیر سرعت تعرق به‌ترتیب از تیمار شاهد و تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۵/۴۰ و ۲/۴۹ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه به‌دست آمد. در بین تیمارهای محلول‌پاشی گلاسیسین‌بتائین، سطح شاهد بیشترین میزان تعرق (۴/۳۱ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) را به خود اختصاص داد و با سطوح محلول‌پاشی ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار که کمترین میزان تعرق را داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند؛ تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). کاهش میزان تعرق در شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌عنوان مکانیسمی برای حفظ آب برگ و جلوگیری از هدررفتن آن طی تعرق بیان شود (۱۴). کاهش میزان تعرق در تیمارهای تحت تنش به‌علت بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای است (۷) که علاوه بر تولید اسید آبسزیک در ریشه و ارسال آن به برگ‌ها، در اثر کاهش پتانسیل آماسی در برگ نیز به‌وجود می‌آید و به احتمال زیاد از طریق اسید آبسزیک تولیدشده در خود برگ‌ها عمل می‌کند (۲۸). به‌نظر می‌رسد کاهش تعرق به‌وسیله کاربرد گلاسیسین‌بتائین با افزایش دی‌اکسید کربن درون‌سلولی و حفظ بیشتر آب درون‌برگی در ارتباط است، به‌طوری که گیاه برای تأمین دی‌اکسید کربن لازم نیازی به باز کردن روزنه‌ها ندارد و دی‌اکسید کربن لازم در دسترس گیاه است.

**هدایت روزنه‌ای**

هدایت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد

تحت تأثیر اثرات اصلی خشکی و گلاسیسین‌بتائین و همچنین اثر متقابل خشکی در گلاسیسین‌بتائین قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش معنی‌داری در میزان هدایت روزنه‌ای ایجاد شد به‌گونه‌ای که بیشترین و کمترین مقادیر این صفت به‌ترتیب از تیمار شاهد و تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌میزان ۱/۵۶۲ و ۰/۴۶۱ مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه حاصل شد. در بین تیمارهای محلول‌پاشی گلاسیسین‌بتائین، سطح ۵۰ میلی‌مولار بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۱/۰۵۱۱ مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه) را داشت که با سطح محلول‌پاشی ۲۵ میلی‌مولار (۰/۹۲۲ مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز در تیمار شاهد (۰/۷۵۸ مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه) مشاهده شد (جدول ۲). در اثر متقابل خشکی و گلاسیسین‌بتائین بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای به تیمار شاهد (بدون تنش) در سطح ۵۰ میلی‌مولار گلاسیسین‌بتائین مربوط بود و کمترین میزان این صفت به تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه در سطح شاهد (عدم محلول‌پاشی) متعلق بود (شکل ۱). تنظیم روزنه‌ای (کاهش هدایت روزنه‌ای در پاسخ به تنش خشکی) برای حفظ بافت از خسارت پسابیدگی (هدررفت آب) از اهمیت بالایی برخوردار است، به‌ویژه آن‌که این نوع پاسخ در مقایسه با سایر پاسخ‌های بلندمدت (از جمله کاهش سطح برگ) سریع‌تر بوده و در ضمن قابل برگشت است (۱). گلاسیسین‌بتائین از جمله ترکیباتی است که درون سیتوپلاسم بوده و از دئیدراته شدن و پلاسمولیز سلول‌ها در شرایط بالای اسمزی ممانعت به‌عمل می‌آورد چون میزان باز شدن روزنه تابع وضعیت آبی سلول‌های محافظ است می‌توان انتظار داشت هر تغییری در میزان آب گیاه موجب تأثیر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها گردد (۲۵). گزارش شده است که میزان ماده‌سازی دی‌اکسید کربن و

سید حمزه حسینیان، ناصر اکبری، حمید رضا عیسوند، امیدعلی اکبرپور، مهری سعیدی نیا

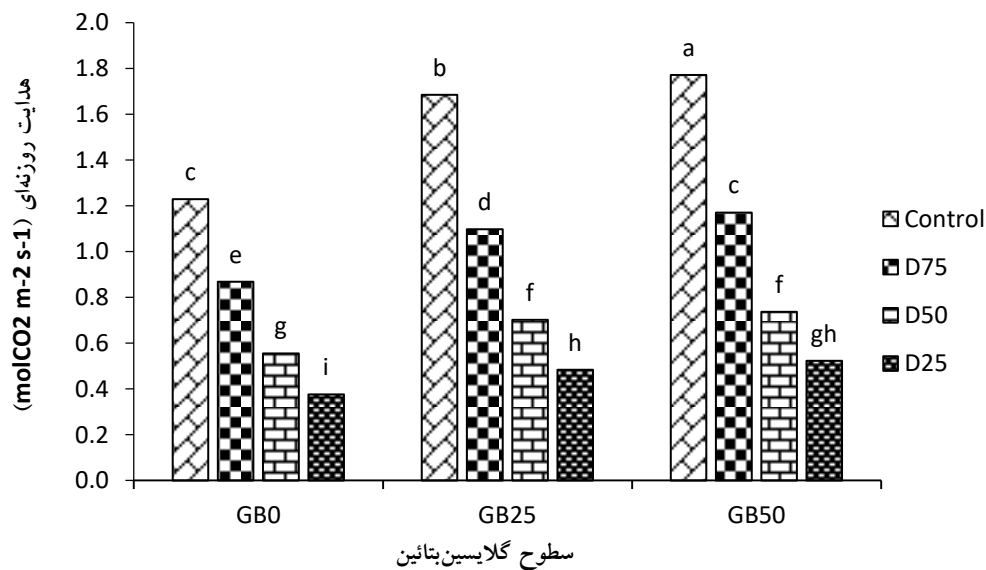
(۲۷). تیمار گلایسین بتائین باعث منفی تر شدن پتانسیل آبی گیاه شده و از این طریق می تواند موجب بهبود وضعیت آبی گیاه شود. در این حالت گیاه روزنه های خود را باز کرده و تعرق انجام شده و دمای گیاه کاهش پیدا می کند.

هدایت روزنه ای در غلظت های پایین گلایسین بتائین (۲۰-۲ میلی مولار) بهبود یافت، اما در غلظت های بالای گلایسین بتائین کاهش یافت و یک رابطه خطی بین ماده سازی دی اکسید کربن و هدایت روزنه ای وجود دارد

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات تنش خشکی و محلول پاشی گلایسین بتائین بر مؤلفه های فتوسنتزی نخود

تیمار	سرعت فتوسنتز ( $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	سرعت تعرق ( $\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	هدایت روزنه ای ( $\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	دی اکسید کربن درون سلولی ( $\text{mmolCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	کارایی مصرف آب فتوسنتزی ( $\mu\text{molCO}_2 \text{ molH}_2\text{O}^{-1}$ )	کارایی کارایی ( $\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
سطوح خشکی						
D100	۱۷/۱۳a	۵/۴۰a	۱/۵۶۲a	۵۳۰/۰۹a	۳/۱۹۱a	۰/۰۳۲a
D75	۱۳/۸۹b	۴/۶۸b	۱/۰۴۶b	۴۵۸/۲۳b	۲/۹۸۴ab	۰/۰۳۰a
D50	۹/۸۶c	۳/۶۲c	۰/۶۶۵c	۴۰۱/۱۶c	۲/۷۴۳b	۰/۰۲۵b
D25	۵/۷۲d	۲/۴۹d	۰/۴۶۱d	۳۵۵/۹۰d	۲/۳۴۳c	۰/۰۱۶c
سطوح گلایسین بتائین						
GB0	۹/۹۲b	۴/۳۱a	۰/۷۵۸b	۳۹۴/۵۰b	۲/۲۰۱b	۰/۰۲۴b
GB25	۱۲/۶۵a	۳/۹۸b	۰/۹۹۲a	۴۴۷/۹۷a	۳/۱۰۳a	۰/۰۲۷a
GB50	۱۲/۳۹a	۳/۸۶b	۱/۰۵۱a	۴۶۶/۵۷a	۳/۱۴۲a	۰/۰۲۶ab

در هر ستون و برای هر اثر ساده، حروف غیرمشترک بیان کننده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند.



شکل ۱. اثر تنش خشکی و محلول پاشی گلایسین بتائین بر هدایت روزنه ای نخود

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

**دی اکسید کربن درون سلولی**

اثرات اصلی خشکی و گلاسیسین بتائین به طور معنی داری دی اکسید کربن درون سلولی را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های اثرات ساده تنش خشکی نشان داد که میزان دی اکسید کربن درون سلولی با افزایش سطوح تنش خشکی به طور معنی داری کاهش پیدا کرد به گونه‌ای که بیشترین و کمترین مقادیر دی اکسید کربن درون سلولی به ترتیب از تیمار شاهد و تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۵۳۰/۰۹ و ۳۵۵/۹۰ میلی مول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه به دست آمد (جدول ۲). در بین تیمارهای محلول پاشی گلاسیسین بتائین، سطح شاهد (عدم محلول پاشی) کمترین میزان دی اکسید کربن درون سلولی را داشت که در گروه آماری جداگانه‌ای نسبت به دو سطح دیگر قرار گرفت (جدول ۲). علت اصلی کاهش میزان دی اکسید کربن درون سلولی در برخی از حبوبات مانند نخود و لوبیا در شرایط تنش خشکی، بسته شدن روزنه‌ها به منظور کاهش هدررفت آب گزارش شده است (۱۹ و ۳۰). غلظت دی اکسید کربن درون سلولی نشان دهنده مصرف یا فقدان دی اکسید کربن در چرخه کالوین است و میزان آسیب به عوامل تثبیت کننده آن را نشان می‌دهد. در وضعیت تنش خشکی آسیب وارد شده به عوامل بیوشیمیایی تثبیت دی اکسید کربن سبب می‌شود که اسیمیلاسیون دی اکسید کربن کاهش و در نتیجه دی اکسید کربن درون سلولی افزایش یابد (۱۸). با این‌که بسته شدن روزنه‌ها در طی تنش خشکی، اتلاف آب را کاهش می‌دهد اما میزان فتوسنتز و دی اکسید کربن درون سلولی را کاهش می‌دهد (۱۲).

**کارایی مصرف آب فتوسنتزی**

اثرات اصلی خشکی و گلاسیسین بتائین به طور معنی داری کارایی مصرف آب فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار دادند

(جدول ۱). روند کاهش کارایی مصرف آب فتوسنتزی با افزایش شدت تنش مشاهده شد به طوری که بیشترین و کمترین مقادیر کارایی مصرف آب فتوسنتزی به ترتیب از تیمار شاهد و تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۳/۱۹۱ و ۲/۳۴۳ میکرومول دی اکسید کربن بر مول آب به دست آمد. محلول پاشی گلاسیسین بتائین توانست کارایی مصرف آب فتوسنتزی را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش دهد به طوری که محلول پاشی ۵۰ میلی مولار گلاسیسین بتائین با ۲/۲۰۱ میکرومول دی اکسید کربن بر مول آب بیشترین و عدم محلول پاشی گلاسیسین بتائین (شاهد) با ۳/۱۴۲ میکرومول دی اکسید کربن بر مول آب کمترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی را به خود اختصاص دادند. البته محلول پاشی ۲۵ و ۵۰ میلی مولار گلاسیسین بتائین از نظر آماری تفاوت معنی داری نشان ندادند (جدول ۲). کاهش کارایی مصرف آب فتوسنتزی با افزایش میزان تنش می‌تواند ناشی از کاهش میزان دی اکسید کربن درون سلولی باشد که بیشتر متأثر از عوامل غیرروزنه‌ای است تا عوامل روزنه‌ای (۱۰).

**کارایی کربوکسیلاسیون**

کارایی کربوکسیلاسیون به طور معنی داری در سطح یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی خشکی و گلاسیسین بتائین قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش سطوح تنش خشکی، کاهش معنی داری در میزان کارایی کربوکسیلاسیون ایجاد شد به گونه‌ای که بیشترین و کمترین مقادیر این صفت به ترتیب از تیمار شاهد و تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۰/۰۳۲ و ۰/۰۱۶ مول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه حاصل شد. در بین تیمارهای محلول پاشی گلاسیسین بتائین، سطح ۲۵ میلی مولار بیشترین میزان کارایی کربوکسیلاسیون (۰/۰۲۷ مول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه) را داشت که با سطح محلول پاشی ۵۰ میلی مولار

آبسیسیک بر سبز شدن و برخی خصوصیات فیزیولوژیک بذر و گیاهچه نخود در شرایط دیم و آبی. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۴): ۷۸۹-۷۹۷.

3. Agboma M., Jones M.G.K., Peltonen-Sainio P., Rita H. and Pehu E. (1997) Exogenous glycine betaine enhances grain yield of maize, sorghum and wheat grown under two supplementary watering regimes. *Agronomy and Crop Science*: 178(1): 29-37.
4. Agboma P., Peltonen-Sainio P., Hinkkanen R. and Pehu E. (1997) Effect of foliar application of glycine betaine on yield components of drought stressed tobacco plants. *Experimental Agriculture*. 33(3): 345-352.
5. Agboma P., Sinclair T., Jokinen K. Peltonen-Sainio P. and Pehu E. (1997) An evaluation of the effect of exogenous glycine betaine on the growth and yield of soybean. *Field Crops Research*. 54(1): 51-64.
6. Barutcular C., Genc I. and Koc M. (2000) Photosynthetic water use efficiency of old and modern durum wheat genotypes from southeastern Turkey. In Proc. Seminar on durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges, Series A. 40: 233-238.
7. Bastam N., Baninasab B. and Ghobadi C. (2013) Interactive effects of ascorbic acid and salinity stress on the growth and photosynthetic capacity of pistachio seedlings. *Horticultural Science and Biotechnology*. 88: 610-616.
8. Feng G., Zhang F., Li X., Tian C., Tang C. and Rengel Z. (2002) Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza*. 12: 185-190.
9. Flexas J., Diaz-Espejo A., Galmes J., Kaldenhoff R., Medrano H. and Ribas-Carbo M. (2007) Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub> concentration around leaves. *Plant, Cell and Environment*. 30(10): 1284-1298.
10. Flexas J., Ribas-Carbo M., Diaz-Espejo A., Galmes J. and Medrano H. (2008) Mesophyll conductance to CO<sub>2</sub>: current knowledge and future prospects. *Plant, Cell & Environment*. 31(5): 602-621.
11. Gontia N.K. and Tiwari K.N. (2008) Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. *Agricultural water management*. 95(10): 1144-1152.

(۰/۰۲۶) مول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز در تیمار شاهد (۰/۰۲۴) مول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه) مشاهده شد (جدول ۲). در ارتباط با محدودیت‌های غیرروزنه‌ای گزارش شده که عامل اصلی محدودکننده فتوستتزی، کاهش کارایی کربوکسیلاسیون است (۶).

### نتیجه‌گیری کلی

مؤلفه‌های فتوستتزی نظیر سرعت فتوستتزی، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسیدکربن درون سلولی، کارایی مصرف آب فتوستتزی و کارایی کربوکسیلاسیون، تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی با گلایسین‌بتائین قرار گرفتند. تنش خشکی تمام مؤلفه‌های ذکر شده را کاهش داد. محلول‌پاشی با گلایسین‌بتائین توانست سرعت فتوستتزی را حتی در شرایط تنش خشکی بهبود بخشد. از این‌رو به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی به‌منظور بهبود مؤلفه‌های فتوستتزی بهتر است از محلول‌پاشی گلایسین‌بتائین برای تحمل بهتر خشکی در نخود استفاده شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده محلول‌پاشی ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند، بنابراین از نظر اقتصادی توصیه می‌شود که میزان ۲۵ میلی‌مولار گلایسین‌بتائین استفاده شود.

### منابع

۱. حسین‌زاده س.ر.، سلیمی ا.، گنجعلی ع. و احمدپور ر. (۱۳۹۲) تأثیر محلول‌پاشی متانول بر ویژگی‌های فتوستتزی، فلوتورسانس کلروفیل و محتوای کلروفیل نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش خشکی. *زیست‌شناسی گیاهی ایران*. ۵(۱۸): ۱۱۵-۱۳۲.
۲. عیسوند ح.ر.، آذرنیا م.، نظریان‌فیروزآبادی ف. و شرفی ر. (۱۳۹۰) بررسی اثر جیبرلین و اسید



12. Karimi S., Yadollahi A., Arzani K., Imani A. and Aghaalikhani M. (2015) Gas-exchange response of almond genotypes to water stress. *Photosynthetica* 53(1): 29-34.
13. Kawamitsu Y., Driscoll T. and Boyer, J.S. (2000) Photosynthesis during desiccation in an intertidal alga and a land plant. *Plant Cell Physiol.* 41(3): 344-353.
14. Kimbal B.A., Kobayashi K. and Bindi M. (2002) Responses of agricultural crops to free air CO<sub>2</sub> enrichment. *Advances in agronomy.* 77: 293-368.
15. Liu Y., Guo X.S., Ma M.S. and Yu X.F. (2018) Maize seedlings response to drought stress and re-watering: abscisic acid, a key regulator of physio-biochemical traits and gas exchange parameters. *Pakistan Botany.* 50(6): 2131-2139.
16. Meek C., Oosterhuis D. and Gorham J. (2003) Does foliar-applied glycine betaine affect endogenous betaine levels and yield in cotton? Online. *Crop Management.* doi:10.1094/CM-2003-0804-02-RS. 2(1):0-0.
17. Pérez-Clemente RM., Vives V., Zandalinas S.I., López-Climent M.F., Muñoz V. and Gómez-Cadenas A. (2013) Biotechnological Approaches to Study Plant Responses to Stress. *BioMed Research International.* 2013: 1-10.
18. Preedy V.R. (2015) *Betaine Chemistry, Analysis, Function and Effects.* Published by The Royal Society of Chemistry. 445 p.
19. Rahbarian R., Khavari-nejad R., Ganjeali A., Bagheri A. and Najafi F. (2011) Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica.* 53: 47-56.
20. Reddy R., Choityana K.V.A. and Ivekanadan A. (2004) Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Plant physiology.* 161: 1189-1202.
21. Ritchie S., Nguyen H. and Holaday A. (1990) Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science.* 30: 105-111.
22. Somersalo S., Kyei-Boahen S. and Pehu E. (1996) Exogenous glycine betaine application as a possibility to increase low temperature tolerance of crop plants. *Nordisk Jordbruksforskning.* 78: 1-10.
23. Subbarao G.V., Johansen C., Slinkard A.E., Nageswara Rao, R.C., Saxena N.P. and Chauhan Y.S. (1995) Strategies for improving drought resistance in grain legumes. *Critic. Rev. Plant Sci.* 14: 469-523.
24. Sudhakar P., Latha P. and Reddy P.V. (2016) *Phenotyping Crop Plants for Physiological and Biochemical Traits.* Academic Press. 196 p.
25. Taiz L. and Zeiger E. (2006) *Plant Physiology.* 4<sup>th</sup> edition. Publishers Sunderland, Massachusetts. 738 p.
26. Tiwari H., Agarwal R. and Bhatt P. (1998) Photosynthesis, stomata resistance and related characteristics as influenced by potassium under normal water supply and water stress condition in rice. *Indian Plant Physiology.* 3: 314-316.
27. Xing W. and Rajashekar C.B. (1999) Alleviation of water stress in beans by exogenous glycine betaine. *Plant Science.* 148:185-195.
28. Yamori M., Hikosaka K. and Way D.A. (2013) Temperature response of photosynthesis in C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. *Photosynthesis Research.* 13(98): 74-76.
29. Yasmeen R. and Siddiqui Z.S. (2018) Ameliorative effects of *Trichoderma harzianum* on monocot crops under hydroponic saline environment. *Acta Physiologiae Plantarum,* 40(1): 4.
30. Zlatev Z.S. and Yordanov I. T. (2004) Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgharestan Plant Physiology.* 30(3-4): 3-18.



## Water and Irrigation Management

(Scientific Journal of Agriculture)  
(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 8 ■ No. 2 ■ Autumn & Winter 2019

### Effect of drought stress and glycine betaine as foliar application on photosynthesis parameters of chickpea

Seyed Hamzeh Hosseini<sup>1</sup>, Naser Akbari<sup>2\*</sup>, Hamid Reza Eisvand<sup>3</sup>, Omidali Akbarpour<sup>2</sup>, Mehri Saeedinia<sup>4</sup>

1. Ph.D. Candidate of Crop Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran.

Received: September 09, 2018

Accepted: November 14, 2018

#### Abstract

Drought is one of the most important factors limiting crop growth and in most phases of plant growth effect is harmful and destructive. Therefore use of practice to reduce its adverse effect is very important. It seems that, through exogenous application of glycine betaine, plant resistance to drought stress can be increased. In order to investigate the effect of drought stress and glycine betaine foliar spraying on photosynthetic parameters of chickpea, a factorial experiment was conducted in a completely randomized block design with three replications in a research greenhouse of the Faculty of Agriculture of Lorestan University in 2017. Drought stress in four levels (control, 75, 50 and 25 of field capacity) and foliar spraying application of glycine betaine in three levels (0, 25 and 50 mM) were applied. The results showed that drought stress significant at 1% level of probability decreased photosynthesis rate, transpiration rate, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration, photosynthetic water use efficiency and carboxylation efficiency, but glycine betaine notably improved them. Glycine betaine application enhanced the photosynthesis in water-deficit experiencing plants, mostly due to a greater stomatal conductance and carboxylation efficiency of CO<sub>2</sub> assimilation. It could be concluded that spraying glycine betaine (25 mM) improve photosynthetic parameters in drought conditions and induces more water stress tolerance in chickpea.

**Keywords:** Carboxylation efficiency, Photosynthetic rate, Photosynthetic water use efficiency, Stomatal conductance, Transpiration.

\* Corresponding author: nr1332@hotmail.com