



بررسی اثر کاربرد گلیسین بتائین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata*) در شرایط تنش آبی

حوری حسین‌خانی^۱، امید صادقی پور^{۲*}، ابوالفضل رشیدی اصل^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۶

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد گلیسین بتائین (GB) بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش رقم پرتو آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری واقع در جنوب تهران انجام شد. این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل ۲ سطح آبیاری (آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب به عنوان شرایط نرمال و تنش خشکی) و کرت‌های فرعی نیز شامل ۵ سطح کاربرد GB (شاهد، خیساندن بذور در GB با غلظت ۱۰ میلی مولار، خیساندن بذور در GB با غلظت ۲۰ میلی مولار، محلول‌پاشی در مراحل رویشی و غنچه دهی با GB با غلظت ۱۰ میلی مولار و محلول‌پاشی در مراحل رویشی و غنچه دهی با GB با غلظت ۲۰ میلی مولار) بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری موجب کاهش تعداد غلاف بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، زیست توده و عملکرد دانه ماش گردید. با این وجود کاربرد GB موجب بهبود صفات فوق در هر دو شرایط نرمال و تنش گردید. در بین تیمارهای کاربرد GB محلول‌پاشی آن با غلظت ۲۰ میلی مولار موثرتر بود. بنابراین می‌توان این تیمار را جهت افزایش عملکرد ماش در شرایط آبی مختلف پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: خشکی، حبوبات، محلول‌های سازگار، زیست توده

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) یکی از مهمترین حبوبات آسیا و نیز یکی از اجزای اصلی بسیاری از نظام‌های زراعی است. دانه‌های ماش غنی از پروتئین و اسیدهای آمینه بوده و منبع مهمی از پروتئین با ارزش در تغذیه انسان به شمار می‌روند. غلاف‌ها و جوانه‌های ماش نیز به عنوان سبزی دارای مقادیر زیادی از ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند (Somta et al., 2008). آب معمولاً به عنوان مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود. از بین رفتن منابع طبیعی همچون زمین و آب شیرین به ناچار با انفجار جمعیت همراه است. بنابراین اتخاذ راهبردهایی برای حفظ عملکرد محصول در اینگونه شرایط بسیار مهم است. تنش خشکی طیف وسیعی از واکنش‌های گیاه از جنبه‌های سلولی تا تغییر در رشد و عملکرد را دنبال دارد. تجمع گلايسين بتائين (GB) به عنوان یک محلول سازگار در سلول‌های بسیاری از گونه‌های گیاهی در واکنش به آب کشیدگی موجب حفظ فشار آماس و حمایت از فرایندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز و ساخت پروتئین می‌شود (Fariduddin et al., 2013). در میان بسیاری از ترکیبات آمونیومی چهارگانه شناخته شده در گیاهان، GB در واکنش به تنش خشکی بیش از سایرین تجمع می‌یابد. غلظت GB در کلروپلاست بیشتر از سایر اندامک‌های سلولی است که در آن نقش مهمی در تنظیم و حفاظت

از غشای تیلاکوئیدها ایفا می‌کند و در نتیجه باعث افزایش کارایی فتوسنتزی می‌شود. معمولاً گونه‌های متحمل به تنش خشکی نسبت به گونه‌های حساس، GB بیشتری را در خود انباشته می‌کنند (Murmu et al., 2017). اگر چه بسیاری از تکنیک‌ها در گیاهان برای مقابله با تنش خشکی مورد استفاده قرار گرفته اما کاربرد خارجی محلول‌های سازگار شامل قندها، الکل‌های قندی، پرولین، گلايسين بتائين و ... در تحقیقات کشاورزی مدرن مورد توجه جدی قرار گرفته است. انباشت این ترکیبات موجب افزایش توانایی سلول برای حفظ آب و محافظت از اجزای سلولی از آسیب‌های ناشی از کم آبی شده و در نتیجه فشار آماس را در طول تنش خشکی حفظ می‌کنند (Raza et al., 2014). به طور کلی GB از طریق حفظ تعادل اسمزی، پایداری ساختار ماکرومولکول‌ها و حفظ نفوذپذیری غشاء، محافظت از دستگاه فتوسنتزی و بهبود ظرفیت آن و همچنین تشدید فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، سلول-های گیاهی را در برابر اثرات نامطلوب تنش‌های غیر زیستی به ویژه خشکی محافظت می‌کند (Dawood, 2016). در بسیاری از گونه‌های گیاهی غلظت GB طبیعی درون گیاه کمتر از میزان کافی برای مقابله با تنش خشکی است لذا کاربرد خارجی این ماده می‌تواند در بهبود تحمل به تنش در این گونه‌ها مثر ثمر باشد. Anjum et al. (2012) گزارش کردند که کاربرد خارجی GB تحت تنش خشکی موجب بهبود

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روش‌ها و غلظت‌های مختلف کاربرد GB بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش رقم پرتو در شرایط تنش آبی آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۲ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری واقع در کیلومتر ۲۰ آزاد راه تهران-قم با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه و ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا انجام شد. این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل ۲ سطح آبیاری (آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب به عنوان شرایط نرمال و تنش خشکی) و کرت‌های فرعی نیز شامل ۵ سطح کاربرد GB (شاهد، خیساندن بذور در GB با غلظت ۱۰ میلی مولار به مدت ۸ ساعت، خیساندن بذور در GB با غلظت ۲۰ میلی مولار به مدت ۸ ساعت، محلول‌پاشی در مراحل رویشی و غنچه دهی با GB با غلظت ۱۰ میلی مولار و محلول‌پاشی در مراحل رویشی و غنچه دهی با GB با غلظت ۲۰ میلی مولار) بود. محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح و بدون تابش شدید نور خورشید انجام گردید. قبل از اجرای آزمایش، از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک، نمونه برداری صورت گرفت که برای تعیین خصوصیات خاک به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

سطح برگ، وزن صد دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت در ارقام ذرت گردید. اگرچه واکنش ارقام یکسان نبود. (2013) Chaum *et al.* نشان دادند که پیش- تیمار برنج با GB باعث بالا رفتن سطح داخلی پرولین، حفظ ظرفیت فتوسنتزی، رشد بوته‌ها و اجزای عملکرد در شرایط تنش آبی شد. Reddy *et al.* (2013) دریافتند که کاربرد GB به طور معنی‌داری سبب بهبود ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه، خوشه و وزن خشک کل در بوته‌های ذرت تحت تنش خشکی شد. محلول‌پاشی GB روی بوته‌های ذرت باعث افزایش سطح کولین در برگها، جلوگیری از فعالیت آنزیم کلروفیلاز و ممانعت از تخریب کلروفیل، حفاظت از سیستم نوری II در برابر خشکی و بالا رفتن غلظت کلروفیل تحت تنش خشکی گردید (Miri & Armin, 2013). (2014) Dawood & Sadak نشان دادند که تیمار GB در سطوح مختلف، موجب افزایش معنی‌دار غلظت اکسین، پرولین، قندهای محلول، عملکرد دانه، روغن، کربوهیدرات، پروتئین، غلظت فنولها، تانن‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیداتیو و کاهش معنی‌دار محتوی مالون دی‌آلدئید و H₂O₂ در بوته‌های کلزا در سطوح مختلف آبیاری گردید. هدف از اجرای طرح حاضر مقایسه روش‌ها و غلظت‌های مختلف کاربرد GB در بهبود تحمل به تنش خشکی در گیاه ماش بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایشی

B	Mn	Cu	Zn	Fe	پافت	sand	silt	clay	K	p	N	OC	TNV	PH	EC	عمق
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	-	%	%	%	ppm	ppm	%	%	%	-	Ds/m	cm
لومسب	اتمیک	اتمیک	اتمیک	اتمیک	-	هیدرومتر	هیدرومتر	هیدرومتر	قیمت فنو متری	اولسن	کجدال	تیراسیون	تیراسیون	Ph متر	کنداکومتر	
۲	۱۰	۲	۳	۱۲	لوم-لومرسی	۴۰-۵۰	۲۰-۴۰	۲۰-۳۰	۳۵۰	۱۵	>۰/۲	>۱/۵	<۱۰	۶/۵-۷/۵	۲>	
۲/۸۴	۶	۱/۲۴	۰/۸	۳/۲۲	لومرسی	۲۴	۴۴	۳۲	۴۷۶/۶	۲۷/۸	۰/۱	۱/۰۹	۱۳/۹۰	۷/۲	۳/۱۶	۰-۳۰

فاصله بوته‌ها با قطع گیاهان اضافی از یکدیگر ۱۰ سانتیمتر شد. برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی طی دوره رشد و با توجه به میزان آلودگی کرت-های مختلف انجام شد. در انتهای فصل رشد برای محاسبه اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از خط دوم هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت شده و تعداد غلاف بوته و تعداد دانه در هر غلاف پس از شمارش غلاف‌ها و دانه‌ها بدست آمد. پس از خشک شدن دانه‌ها در برابر آفتاب، وزن هزار دانه نیز تعیین گردید. جهت محاسبه عملکرد دانه و زیست توده، بوته‌های موجود در خط سوم هر کرت پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خط به عنوان حاشیه، برداشت شده (۳ متر طولی معادل ۱/۵ متر مربع) و پس از هوا خشک شدن و جدا کردن دانه‌ها از غلاف‌ها، عملکرد دانه و کل زیست توده هر کرت تعیین گردید. داده‌های حاصل توسط نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل شده و مقایسه میانگین‌ها بوسیله آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعداد غلاف بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد GB بر تعداد غلاف بوته ماش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار نبود (جدول ۲). در اثر تنش خشکی تعداد غلاف بوته ۲۳٪ درصد کاهش یافت (جدول ۳). با این وجود کاربرد GB در هر دو شرایط نرمال و تنش

هر تکرار دارای دو کرت اصلی که هر یک شامل پنج کرت فرعی و هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت به طول ۴ متر، فاصله هر خط کاشت از هم ۵۰ سانتیمتر و فاصله بین بوته‌ها روی هر خط کاشت ۱۰ سانتیمتر بود. فاصله هر کرت فرعی از هم ۱ متر (دو پشته نکاشت) و فاصله کرت‌های اصلی از هم ۲ متر (چهار پشته نکاشت) بود. شخم عمیق در پاییز سال قبل، و شخم متوسط، دیسک و ماله ۲ هفته قبل از کشت به منظور خرد کردن کلوخه‌ها و یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه انجام گردید. پس از شخم و قبل از دیسک زدن کودهای مورد نیاز مطابق نتایج آنالیز خاک (۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع اکسید پتاسیم) به خاک اضافه شد. در زمان کاشت با فاروئر، جوی و پشته‌هایی به فاصله ۵۰ سانتیمتر از هم احداث گردید. در اواخر خرداد ماه ۱۳۹۲ کاشت با تراکم زیاد روی پشته‌ها انجام گرفت و سپس روی این بذور با مخلوط خاک نرم و ماسه پوشانده شد به طوری که عمق کاشت ۲ تا ۳ سانتیمتر شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا زمان تنک کردن بر اساس نیاز گیاه و شرایط محیطی منطقه هر ۶ روز یکبار انجام شد. بعد از تنک بوته‌ها، آبیاری با توجه به تیمار در نظر گرفته شده برای هر کرت صورت گرفت. در زمان تنک کردن (۲-۳ هفته پس از کاشت یا همان مرحله ۲ تا ۴ برگگی)

تنش خشکی، طول دوره رشد، تعداد روزهای لازم برای شروع گل‌دهی و تعداد روزهای مورد نیاز برای شروع دانه‌بندی در ماش کاهش یافت که این امر منجر به کاهش تعداد غلاف در بوته و همچنین در اثر کاهش زمان لازم برای گلدهی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف گردید. (Naidu *et al.*, 1996) در این خصوص گزارش نمودند که کاربرد GB موجب افزایش تعداد دانه در بوته‌های پنبه گردید. در این راستا مشخص شد که تاثیر GB در پنبه از طریق افزایش آب مورد استفاده توسط گیاه و افزایش بازده فتوسنتزی بود.

وزن هزار دانه

براساس داده‌های جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد GB بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، با این وجود اثرات متقابل این دو معنی‌دار نشد (جدول ۲). تنش خشکی وزن هزار دانه ماش را نسبت به شرایط عدم تنش معادل ۲۱٪ کاهش داد (جدول ۳). این در حالی است که با کاربرد GB در هر دو شرایط نرمال و تنش بر میزان وزن هزار دانه افزوده شد. بین تیمارهای کاربرد GB، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). (Huck *et al.*, 2006) گزارش نمودند که در اثر تنش خشکی، اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در بوته و وزن دانه‌های ماش کاهش یافت. آنها دلیل این کاهش را تاثیر منفی تنش خشکی بر فتوسنتز در زمان تشکیل آغازی-های غلاف و همچنین در زمان پر شدن دانه دانستند. GB پس از کاربرد پایداری و دوام کافی دارد و می‌تواند تا ۱۷ روز پس از کاربرد بدون استفاده در متابولیسم باقی بماند (Makela *et al.*, 1996). بنابراین به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر افزایش وزن دانه‌ها در اثر استفاده از این ماده به دلیل حفظ و نگهداری مواد در اثر مصرف نشدن برای ساخت GB بود.

موجب بهبود تعداد غلاف بوته گردید. در بین تیمارهای کاربرد GB، محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار آن موثرتر بود (جدول ۴). (Kumar *et al.*, 2004) گزارش کردند که در تنش کم آبی به علت کاهش تعداد جوانه‌های گل و همچنین سقط گل‌ها در نهایت تعداد غلاف‌های تولیدی در هر بوته ماش کاهش می‌یابد. کاربرد GB حتی در شرایط مطلوب رشد، در افزایش سرعت فتوسنتز نقش مهمی ایفا می‌کند و موجب بهبود تولید و انتقال مواد آسمیله می‌گردد که با این کار موجب افزایش اجزای عملکرد نظیر تعداد غلاف در بوته نیز می‌شود (Chen *et al.*, 2000). کاربرد GB از طریق خاک (جذب ریشه) یا محلول‌پاشی می‌تواند تحمل به تنش را در گیاهان افزایش داده و از کاهش عملکرد آنها جلوگیری نماید. محلول‌پاشی این اسمولیت می‌تواند سرعت واکنش گیاه به تنش‌ها را افزایش دهد. این واکنش سریع، آسیب را کاهش می‌دهد. محلول‌پاشی آن به جز افزایش سرعت واکنش گیاه به تنش‌ها، از صرف انرژی برای متابولیسم GB در گیاه نیز جلوگیری می‌کند و در نهایت انرژی ذخیره شده صرف رشد و تولید بیشتر گیاه می‌گردد (Lerma *et al.*, 1991). رضایی (۱۳۸۹) نیز گزارش نمود که در اثر کاربرد GB تعداد غلاف سویا به طور معنی‌داری افزایش یافت.

تعداد دانه در غلاف

اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد GB بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲). تعداد دانه در غلاف طی تنش خشکی در مقایسه با عدم خشکی معادل ۲۳٪ درصد کاهش یافت (جدول ۳). از سوی دیگر با کاربرد GB تعداد دانه در غلاف در هر دو شرایط آبی افزایش یافت. محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار GB موثرتر از سایر تیمارهای کاربرد آن بود (جدول ۴). ایزانلو و همکاران (۱۳۸۴) گزارش نمودند که با اعمال

زیست توده

اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد GB بر زیست توده تولیدی به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول ۲). با اعمال تنش خشکی ۳۰٪ از زیست توده تولیدی در مقایسه با شاهد کاسته شد (جدول ۳). با کاربرد GB به ویژه محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار آن در هر دو شرایط نرمال و تنش، زیست توده تولیدی افزایش یافت (جدول ۴). هنگامی که گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، به تدریج فشار تورژسانس سلولی در آنها کاهش یافته و این امر به نوبه خود باعث کاهش گسترش سطح برگ می‌شود (ولدآبادی و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجایی که برگ‌های گیاه بعنوان منابع تولید کننده برای سایر بخش‌ها مطرح هستند لذا با بروز تنش خشکی وزن کل اندام گیاهی کاهش می‌یابد. در این خصوص، Sadeghipour (2009) نیز گزارش نمود که زیست توده ماش در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌داری یافت. اسمولیت‌هایی نظیر GB و پرولین در گیاه در شرایط تنش خشکی با صرف هزینه‌هایی فراوان سنتز می‌شوند تا موجب تنظیم پتانسیل اسمزی برای جذب بهتر آب گردند. حال اگر از این مواد به صورت خارجی استفاده گردد موجب تقویت گیاه شده و این اسمولیت‌ها صرف فرایندهای رشد و تولید می‌گردند (رضایی، ۱۳۸۹). (Iqbal et al., 2011) در تحقیقی که به منظور بررسی تاثیر کاربرد GB بر گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی انجام شد گزارش نمودند که کاربرد این ماده موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی گردید.

عملکرد دانه

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد GB بر عملکرد دانه به ترتیب در سطح احتمال

یک و پنج درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار تشخیص داده نشد. عملکرد دانه ماش در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش معادل ۳۸٪ کاهش یافت (جدول ۳). از سوی دیگر کاربرد GB در هر دو شرایط تنش و عدم تنش موجب افزایش عملکرد دانه گردید. بین تیمارهای مختلف کاربرد GB، محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار آن موثرتر بود (جدول ۴). آبیاری به ویژه در مراحل زایشی رشد ماش بسیار حیاتی است و وقوع تنش خشکی به خصوص در این مراحل از طریق کاهش رشد و اجزای عملکرد در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه این گیاه می‌گردد (Sadeghipour, 2008). همراستا با نتایج تحقیق حاضر، Miri & Armin (2013) اظهار داشتند که کاربرد GB عملکرد ذرت را در شرایط تنش آبی در مقایسه با شاهد افزایش داد. آنها همچنین دریافتند که تیمار برگ‌پاشی GB قبل از گلدهی از برگ‌پاشی آن طی طولیل شدن ساقه موثرتر بود. بهبود عملکرد دانه گیاهان مختلف تحت تنش خشکی در اثر کاربرد خارجی GB توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Dawood & Sadak, 2014; Anjum et al., 2012).

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد ماش گردید. با این وجود کاربرد GB به ویژه محلول‌پاشی آن در مراحل رویشی و غنچه‌دهی با غلظت ۲۰ میلی‌مولار به طور معنی‌داری صفات فوق را در هر دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی بهبود بخشید. بنابراین می‌توان این تیمار را جهت افزایش عملکرد ماش در شرایط آبی مختلف پیشنهاد نمود.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت تاثیر تنش خشکی و کاربرد گلیسین بتائین

میانگین مربعات						
منبع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	زیست توده	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲/۲۹*	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۴۰۸/۳۵ ^{ns}	۲۹/۸۱ ^{ns}
تنش خشکی	۱	۸۴/۳۳**	۲۸/۶۱**	۹۴۷/۰۸**	۳۸۷۰/۷/۶۶**	۱۲۲۵۷/۶۸**
خطای اصلی	۲	۰/۲۱	۰/۳۸	۶/۷۷	۳۵۰/۰۹	۱۱۰/۴۶
گلیسین بتائین	۴	۲/۳۰**	۳/۸۷**	۱۸/۲۶**	۷۴۸/۳۱*	۹۹/۴۸*
تنش خشکی × گلیسین بتائین	۴	۰/۵۹ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۳/۵۴ ^{ns}	۳۰/۱۰ ^{ns}	۷۷/۰۴ ^{ns}
خطای فرعی	۱۶	۰/۵۵	۰/۳۱	۴/۳۳	۲۶۴/۵۲	۲۶/۱۲
ضرب تغییرات	-	۵/۸۶	۷/۵۰	۴/۰۰	۸/۰۹	۶/۰۳

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد گلیسین بتائین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش

تیمار	تعداد غلاف بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه (گرم)	زیست توده (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)
آبیاری					
عدم تنش	۱۴/۴۱ a	۸/۴۴ a	۵۷/۵۵ a	۲۳۶/۹۳ a	۱۰۴/۸۹ a
تنش خشکی	۱۱/۰۶ b	۶/۴۹ b	۴۶/۳۲ b	۱۶۵/۰۹ b	۶۴/۴۷ b
گلیسین بتائین					
شاهد	۱۱/۸۷ c	۶/۳۴ d	۴۹/۱۱ b	۱۸۶/۷۷ b	۷۳/۲۷ c
۱۰ میلی مولار خسیاندن	۱۲/۵۷ bc	۷/۱۱ c	۵۱/۶۵ ab	۱۹۴/۴۰ b	۹۲/۳۶ b
۲۰ میلی مولار خسیاندن	۱۲/۹۸ ab	۸/۰۹ ab	۵۳/۳۶ a	۲۰۴/۶۵ ab	۱۱۲/۵۸ ab
۱۰ میلی مولار محلول پاشی	۱۲/۶۹ abc	۷/۴۵ bc	۵۲/۲۶ a	۲۰۲/۸۶ ab	۹۸/۲۱ b
۲۰ میلی مولار محلول پاشی	۱۳/۵۷ a	۸/۳۵ a	۵۳/۶۰ a	۲۱۶/۳۶ a	۱۲۱/۶۸ a

در هر ستون و در هر تیمار، میانگین‌های دارای حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد گلیسین بتائین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش

عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	زیست توده (گرم در متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف بوته	تیمار	
					گلیسین بتائین	آبیاری
۱۱۰/۱۷ d	۲۰۳/۸ c	۵۲/۹۰ b	۷/۵۰ cde	۱۳/۹۵ b	شاهد	
۱۳۱/۲۹ c	۲۲۸/۵ b	۵۷/۳۵ a	۸/۰۷ c	۱۴/۲۱ ab	۱۰ میلی مولار خیساندن	عدم تنش
۱۵۰/۸۷ b	۲۴۲/۳ b	۵۸/۵۸ a	۹/۰۷ ab	۱۴/۱۸ ab	۲۰ میلی مولار خیساندن	
۱۳۸/۱۷ bc	۲۳۵/۸ b	۵۷/۱۲ a	۸/۳۹ abc	۱۴/۴۰ ab	۱۰ میلی مولار برگپاشی	
۱۶۵/۳۳ a	۲۶۴/۱ a	۵۸/۸۳ a	۹/۲۰ a	۱۵/۳۳ a	۲۰ میلی مولار برگپاشی	
۳۸/۵۳ g	۱۲۹/۷ f	۴۲/۳۳ d	۵/۱۷ g	۸/۷۹ c	شاهد	
۶۱/۴۵ f	۱۶۰/۲ e	۴۵/۹۶ c	۶/۱۵ f	۱۰/۹۴ bc	۱۰ میلی مولار خیساندن	تنش خشکی
۷۲/۵۴ f	۱۶۹/۹ e	۴۷/۲۹ c	۶/۹۹ def	۱۱/۰۱ b	۲۰ میلی مولار خیساندن	
۶۷/۰۴ f	۱۶۶/۹ e	۴۷/۴۰ c	۶/۵۱ ef	۱۰/۹۸ bc	۱۰ میلی مولار برگپاشی	
۸۷/۰۳ e	۱۸۸/۵ d	۴۸/۶۱ c	۷/۶۴ cd	۱۱/۷۸ b	۲۰ میلی مولار برگپاشی	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

منابع

- Dawood MG. 2016.** Influence of osmoregulators on plant tolerance to water stress. *Scientia Agriculturae*, 13(1): 42-58.
- Dawood, M.G. and M.S.H. Sadak. 2014.** Physiological role of glycinebetaine in alleviating the deleterious effects of drought stress on canola plants (*Brassica napus* L.). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3: 943-954.
- Fariduddin, Q., P. Varshney, M. Yusuf, A. ALli and A. Ahmad. 2013.** Dissecting the role of glycine betaine in plants under abiotic stress. *Plant Stress*, 7 (1): 8-18.
- Huck, M.G., C.M. Peterson, G. Hoogenboom, and C.D. Busch. 2006.** Distribution of dry matter between shoots and roots of irrigation and non-irrigation determinate radiate *Vigna radiata*. *Agronomy Journal*, 78: 792-807.
- Iqbal, N., y. Ashraf, and M. Ashraf. 2011.** Modulation of endogenous levels of some key organic metabolites by exogenous application of glycine betaine in drought stressed plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.), *Plant Growth Regulation*, 63: 7-12.
- Kumar, J., N. Dhiman, S.S. Yadav, J. Berger, N.C. Turner, and D. Singh. 2004.** Moisture stress studies in different chickpea types. 4th International Crop Science Congress. New Delhi, India. pp: 268- 277.
- Lerma, C., P.J. Rich, G.C. Ju, W. Yang, A.D. Hanson, and D. Rhodes. 1991.** Betaine deficiency in maize: Complementation tests and metabolic basis. *Plant Physiology*, 95: 1113-1119.
- ایزائلو، ع.، ع. زینالی خانقاه، ن. مجنون حسینی، و م. سبکدست. ۱۳۸۴. بررسی عکس العمل ارقام تجاری ماش در شرایط تنش رطوبتی در اواخر مرحله زایشی. *مجله علوم کشاورزی ایران*. ۳۶ (۴): ۱۰۲۳-۱۰۱۱.
- رضایی، م. ع. ۱۳۸۹. اثرات گلیسین بتائین برونزاد بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه سویا. *فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی*. ۵ (۱): ۴۴-۵۴.
- ولدآبادی، ع.، م.ح. لباسچی، و ح. فراهانی. ۱۳۸۸. تاثیر قارچ میکوریزا آربوسکولار، کود پنتا اکسید دی فسفات و دور آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد گشنیز. *فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان دارویی و معطر ایران*. ۲۵ (۳): ۴۲۸-۴۱۴.
- Anjum, S.A., M.F. Saleem, L.C.H. Wang, M. Faisal and A.S. Bilal. 2012.** Protective role of glycinebetaine in maize against drought -induced lipid peroxidation by enhancing capacity of antioxidative system. *Australian Journal of Crop Science*, 6: 576-583.
- Cham, S., T. Samphumphuang and C. Kirdmanee. 2013.** Glycinebetaine alleviates water deficit stress in indica rice using proline accumulation, photosynthetic efficiencies, growth performances and yield attributes. *Australian Journal of Crop Science*, 7: 213-218.
- Chen, W.P., P.H. Li, and T.H. Chen. 2000.** Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. *Plant Cell & Environment*, 23: 609-618.

of wheat under drought. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14 (2): 348-364.

Reddy, K.R., W.B. Henry, R. Seepaul, S. Lokhande, B. Gajanayake and D. Brand. 2013. Exogenous application of glycinebetaine facilitates maize (*Zea mays* L.) growth under water deficit conditions. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3: 1-13.

Sadeghipour, O. 2008. Effect of withholding irrigation at different growth stages on yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L.) varieties. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 4 (5): 590-594.

Sadeghipour, O. 2009. The influence of water stress on biomass and harvest index in three mung bean cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8 (3): 245-249.

Somta, C., P. Somta, N. Tomooka, P.A.C. Ooi, D.A. Vaughan and P. Srinives. 2008. Characterization of new sources of mung bean resistance to bruchids, *Callosobruchus* spp. *Journal of Stored Products Research*, 44 (4): 316-321.

Makela, P., P. Peltonen-Sainio, K. Jokinen, E. Pehu, H. Setala, R. Hinkkanen, and S. Somersalo. 1996. Uptake and translocation of foliar applied glycine betaine in crop plants. *Plant Science*, 121: 221-230.

Miri, H.R. and M. Armin. 2013. The interaction effect of drought and exogenous application of glycine betaine on corn (*Zea mays* L.). *European Journal of Experimental Biology*, 3: 197-206.

Murmu, K., S. Murmu, C.K. Kundu and P.S. Bera. 2017. Exogenous proline and glycine betaine in plants under stress tolerance. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (9): 901-913.

Naidu, B.P., P.R. Morris, and D.F. Cameron. 1996. Treatment with glycinebetaine to increase seed germination, seedling vigour and yield of cotton. *Proceedings of 8th Australian Conference, Gold Coast.*

Raza, M.A.S., M.F. Saleem, G.M. Shah, I.H. Khan and A. Raza. 2014. Exogenous application of glycinebetaine and potassium for improving water relations and grain yield

The study glycine betaine application effect on yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L.) under water stress conditions

H. Hoseinkhani¹, O. Sadeghipour^{2*}, A. Rashidi Asl²

1. M.Sc. Graduate, Department of Agronomy, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Department of Agronomy, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

In order to investigate the effect of glycine betaine (GB) application on yield and yield components of mung bean (cv. Partow), an experiment was conducted in 2013 at research field of the Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch Islamic Azad University, south of Tehran. The experiment was conducted in the form of split plot at the basis of randomized complete block design with 3 replications. The main factors were comprised of 2 irrigation levels including: irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A evaporation pan as normal and drought stress conditions, respectively. The sub factors were comprised of 5 levels of GB application including: control, seed soaking in 10 mM GB, seed soaking in 20 mM GB, foliar application of 10 mM GB at the vegetative and budding stages and foliar application of 20 mM GB at the vegetative and budding stages. The results showed that drought stress significantly reduced number of pods, number of seeds per pod, 1000 seed weight, biomass and grain yield of mung bean. However, GB application improved the above traits in both normal and stress conditions. Among treatments of GB application, foliar application of 20 mM GB was more effective. Therefore, this treatment can be proposed to increase the yield of mung bean in different water conditions.

Keywords: Drought, pulse crop, compatible solutes, biomass

* Corresponding author (sadeghipour@iausr.ac.ir)