



پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.) به محلول پاشی اسید سالیسیلیک و ماده زیست‌محرك مگافول تحت تنش کم آبیاری

سیده زینب حسینی^۱، طاهر برزگر^۲، زهرا قهرمانی^۳، جعفر نیکبخت^۴

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۲. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۳. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۴. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۲

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر اسید سالیسیلیک و ماده زیست‌محرك مگافول بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه لوبیا سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. تیمار آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و محلول پاشی برگ‌ی در هفت سطح شامل سه سطح اسید سالیسیلیک (۱/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار)، سه سطح مگافول (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) و آب مقطر (شاهد) اعمال شدند. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء را کاهش و نشت یونی، میزان پرولین و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز را افزایش داد. کاربرد برگ‌ی اسید سالیسیلیک و مگافول به‌طور معنی‌داری صفات فیزیولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار داد. بیشترین محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای ۰/۲ و ۰/۳ درصد مگافول به دست آمد. حداکثر درصد نشت یونی و محتوای پرولین در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد. بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز با محلول پاشی مگافول ۰/۲ درصد با آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی حاصل شد. با توجه به نتایج، تیمار ۰/۲ مگافول بیشترین تأثیر مثبت را بر صفات فیزیولوژیکی گیاه لوبیا سبز داشت.

واژه‌های کلیدی: پرولین، شاخص پایداری غشاء، کم آبیاری، مگافول، نشت یونی

مقدمه

تأثیر قرار گرفتن فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاه است (Veisipoor et al., 2013). تنش خشکی باعث طیف وسیعی از واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان می‌شود که شامل بسته شدن روزنه‌ها، ممانعت از رشد سلول، فعالیت فتوسنتزی و تنفس می‌باشند که در مقابل گیاهان نیز دارای مکانیسم‌های پاسخ و سازگاری در این شرایط در هر دو سطح سلولی و مولکولی هستند (Shinozaki and Yamaguchi-Shinozaki, 2007). واکنش گیاه به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است و می‌تواند به صورت

لوبیا سبز با نام علمی (*Phaseolus vulgaris* L.)، گیاهی از خانواده بقولات (Fabaceae) است. لوبیا گیاهی بوته‌ای دارای ریشه‌های کم‌عمقی است که بیشترین حجم ریشه‌های آن در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری قرار دارد. این موضوع می‌تواند دلیل حساسیت انواع لوبیاها به کمبود آب و مواد غذایی، حتی در دوره زمانی کوتاه باشد (Wien, 1997).

خشکی شایع‌ترین تنش غیر زیستی در شرایط فعلی کشور محسوب می‌گردد. بارزترین تأثیر تنش خشکی کاهش تولید اقتصادی گیاهان است، اگرچه علت این کاهش تحت

که به‌عنوان سیگنال‌دهنده تنش و مولکول پاسخ عمل می‌کند (Kissoudis et al., 2014). زمانی که گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد مواد زیست محرک می‌توانند تحمل به تنش را در گیاه افزایش دهند (Petrozza et al., 2014). نحوه عمل بیشتر مواد زیست محرک به ترکیب مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی، حضور مولکول‌های گیاهی سیگنال‌دهنده و مولکول‌هایی که انتقال مواد معدنی را تسهیل می‌کنند نسبت داده شده است (Calvo et al., 2014). کاربرد مگافول در گل‌کلم، کاهو و گوجه‌فرنگی در شرایط تنش کم‌آبی باعث کاهش خسارت ناشی از تنش کم‌آبی گردید (Petroza et al., 2014).

با توجه به گزارش‌های متعدد مبنی بر تأثیرات اسید سالیسیلیک و مواد زیست محرک بر رشد سبزی‌ها و همچنین اهمیت تولید لوبیا سبز و ناکافی بودن مطالعات انجام‌شده، اجرای این پژوهش می‌تواند حائز اهمیت باشد. لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه لوبیا سبز به محلول‌پاشی ماده زیست محرک مگافول و اسید سالیسیلیک تحت رژیم‌های مختلف آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. بذور لوبیا سبز رقم «سانری» (*Phaseolus vulgaris* cv. Sanry) با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف در اردیبهشت‌ماه کشت شد. در هر واحد آزمایشی چهار ردیف به طول سه متر کشت شد و سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری بود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول یک ارائه شده است.

پاسخ‌های فیزیولوژیک کوتاه‌مدت یا بلندمدت باشد (Saneoka et al., 2004). افزایش پرولین در برگ‌های گوجه‌فرنگی (Sharkey and Seemann, 2005) و کاهش محتوای نسبی آب برگ در گیاه بامیه (Kusvuran, 2012) تحت تنش خشکی گزارش شده است.

در این راستا یافتن راهکارهایی که بتوان امکان بهره‌برداری یا راندمان بالا از منابع آب را در این مناطق فراهم نماید باعث ایجاد تحول قابل‌ملاحظه‌ای در تولیدات محصولات کشاورزی می‌گردد. یکی از راهکارهای ساده و عملی استفاده از ترکیباتی است که تحمل گیاهان را به تنش‌های محیطی افزایش دهند و موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی گیاه شوند. از جمله این ترکیبات که در این زمینه شناسایی شده، اسید سالیسیلیک است که یکی از مولکول‌های سیگنال‌دهنده مهم است و باعث واکنش گیاه به تنش‌های محیطی می‌شود. نقش اسید سالیسیلیک همچنین به‌عنوان یک ماده تنظیم‌کننده رشد در القای تحمل به بسیاری از تنش‌های زیستی و غیر زیستی همچون تنش خشکی موردتوجه قرار گرفته است (Arfan et al., 2007). افزایش ترکیبات دفاعی همچون پرولین و گلاسیسین بتائین، بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها (Shakirova et al., 2003) و کاهش نشست یونی از سلول‌های گیاهی گزارش شده است (Ghoulam et al., 2001).

مواد زیست محرک موجب افزایش بهره‌وری در محصولات باغی می‌شوند؛ اما کنترل رشد گیاه بعد از اعمال تیمار برگی و تعیین غلظت مواد زیست محرک امری مهم است (Sharma et al., 2014). مگافول نام تجاری یک ترکیب زیست محرک است که از جلبک دریایی به‌نام *Ascophyllum nodosum* به دست آمده است که دارای اسیدآمینه (پرولین و تریپتوفان)، قند (گلیکوزیدها و پلی-ساکاریدها)، ویتامین‌ها، بتائین، نیتروژن آلی و معدنی است

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties on the site of experimental field

نوع بافت Soil Texture	کربنات کلسیم (%) CaCO ₃	ماده آلی (%) OM [§]	آهن (ppm) Fe	پتاسیم (ppm) K	فسفر (ppm) P	نیتروژن (%) N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
لوم رسی Loamy clay	14.09	1.11	1.8	154	4.6	0.8	7.27	1.12

[§] OM: Organic matter

که در آن ET_c : نیاز آبی لوبیا سبز (میلی‌متر در روز)، ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و K_c : ضریب گیاهی لوبیا سبز هستند. لازم به توضیح است مقادیر ET_0 بر اساس روش استاندارد فائو-پنمن-مانتیتش برآورد شد (Vaziri et al., 2008). پس از محاسبه مقادیر ET_c ، مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه لوبیا سبز بر اساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نوری) و دور آبیاری برآورد شده و سپس در هر نوبت مقدار آب آبیاری محاسبه شده و به گیاه داده می‌شد. نیاز آبی سایر تیمارها (تیمارهای تنش کم‌آبی) بر اساس نیاز آبی تیمار شاهد و درصد تنش کم‌آبی، برآورد و توزیع شد.

پس از سبز شدن و استقرار گیاهان، در مرحله دو تا سه برگی، محلول‌پاشی به‌عنوان فاکتور فرعی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار)، مگافول (۰/۱)، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) شروع شد و شش مرتبه با فاصله ده روز یک‌بار در طی دوره رشد انجام و گیاهان شاهد نیز با آب معمولی به‌منظور یکنواخت سازی شرایط محلول‌پاشی شدند. یک هفته پس از محلول‌پاشی اول، تیمارهای آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) اعمال گردیدند. نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های روزانه هواشناسی ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی زنجان (جدول ۲) و از رابطه (۱) برآورد گردید.

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad [1]$$

جدول ۲. میانگین داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان در فصل زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴

Climatic parameters	داده‌های هواشناسی	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
Relative humidity	رطوبت نسبی (%)	44	42	39	52
Rainfall (mm)	بارندگی (mm)	0.33	1.13	0	2.93
Minimum temperature (°C)	دمای کمینه (°C)	12.95	18.53	16.14	12.58
Maximum temperature (°C)	دمای بیشینه (°C)	31.93	34.46	35.51	30.28

سولفوسالیسیلیک ۳ درصد سائیده شد و پس از ۲۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. ۲ میلی‌لیتر از روشناور به همراه ۲ میلی‌لیتر اسیدنیدین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس واکنش در روی یخ متوقف گردید. درنهایت ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه شد و لوله‌ها به‌خوبی مخلوط شدند. سپس جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Analytikjena specord 250) اندازه‌گیری شد و میزان پرولین با استفاده از منحنی‌های استاندارد پرولین و با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$\text{Prolin (mmol. gFW}^{-1}) = \frac{[\text{Proline (mmol)} \times \text{Toluene (ml)} / 111.5]}{[\text{gr Sample} / 5]} \quad [3]$$

صفات مورد ارزیابی

پس از آخرین مرحله محلول‌پاشی تیمارها و در شرایط اعمال تنش کم‌آبیاری، نمونه‌برداری جهت ارزیابی صفات انجام شد.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از هر واحد آزمایشی سه برگ از قسمت میانی تهیه گردید و درنهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (Ritchie and Nguyen, 1990). در این معادله FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن اشباع است.

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100 \quad [2]$$

محتوای پرولین

برای اندازه‌گیری میزان پرولین از روش بتس و همکاران (Bates et al., 1973) و با اندکی تغییرات استفاده شد. به‌طور خلاصه، ۰/۱ گرم نمونه تازه با ۲ میلی‌لیتر

فیزیولوژیکی پاسخ‌دهنده به تنش خشکی است که همبستگی بالایی با تحمل به خشکی گیاه نشان می‌دهد (Colom and Vazzana, 2003). کاهش پتانسیل آب برگ مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین شده و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد. به‌خوبی مشخص شده است که طی تنش‌هایی همچون خشکی، محتوای نسبی آب کاهش می‌یابد (Ma et al., 2006). کاهش محتوای نسبی آب برگ، طی تنش خشکی در لوبیا چشم‌بلبلی (Anyia and Herzog, 2004) و لوبیا (Costa-Franca et al., 2000) گزارش شده است. محلول-پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول محتوای نسبی آب برگ را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۶۹/۵۶ و ۷۰/۱۹ درصد) به ترتیب مربوط به محلول‌پاشی مگافول ۰/۳ درصد و ۰/۲ درصد بود و کمترین مقدار آن در سطح شاهد حاصل شد (جدول ۵). پوورتو و همکاران (Povero et al., 2016) بیان داشتند مگافول موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ در گوجه‌فرنگی شد که احتمالاً به خاطر افزایش توانایی سوخت‌وساز گیاه بعد از محلول‌پاشی مگافول است که منطقه بزرگی از برگ و توزیع بیشتری از آب در برگ را ایجاد می‌کند. همچنین مواد زیست محرک کشاورزی شامل فرمولاسیون متنوعی از ترکیبات، شامل میکروارگانسیم‌ها، عناصر، آنزیم‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و عصاره جلبک می‌باشند که برای تنظیم و افزایش کارآمدتر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از طریق خاک یا محلول‌پاشی اعمال می‌شود (EBIC, 2012). در نتیجه، محصولات به دلیل در دسترس بودن مواد مغذی می‌توانند میزان ظرفیت نگهداری آب، آنتی‌اکسیدان‌ها، سوخت‌وساز گیاه و تولید کلروفیل در گیاهان را افزایش دهند (Khan et al., 2009). پتروزا و همکاران (Petrozaa et al., 2014) گزارش کردند که گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با مگافول در شرایط تنش خشکی دارای محتوای آب برگ بیشتری بودند که این ممکن است به دلیل نقش مگافول در افزایش فعالیت متابولیسی گیاه باشد. نتایج تحقیقات نشان داد که در گیاهان گوجه‌فرنگی پیش تیمار شده با مگافول تحت تنش خشکی، بیان ژن‌های مرتبط با تنش خشکی پایین بود، بیان سطوح پایین‌تر این ژن‌ها نشان می‌دهد که گیاهان سطوح پایین‌تری از تنش خشکی را تجربه نمودند.

درصد نشت یونی و شاخص پایداری غشاء

به‌منظور محاسبه نشت یونی از روش بن حامد و همکاران (Ben Hamed et al., 2007) استفاده شد. درصد نشت یونی از طریق رابطه ۴ و شاخص پایداری غشاء با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد. در این معادله EC1 هدایت الکتریکی اولیه و EC2 هدایت الکتریکی ثانویه است.

$$[۴] \text{ درصد نشت یونی} = EC1 / EC2 \times 100$$

$$[۵] \text{ شاخص پایداری غشاء} = 1 - (EC1 / EC2) \times 10$$

فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

فعالیت آنزیم‌ها به روش اسپکتروفتومتری (اسپکتروفتومتر JENWAY مدل UV-6505) در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX) به روش فناتی و همکاران (Ghanati et al., 2002) و فعالیت آنزیم کاتالاز به روش کک مک و هورست (Cakmak and Horst, 1991) بر اساس میزان تجزیه شدن H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ نانومتر تعیین شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Institute Inc, Cary, NC, USA)، رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه-ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، سطوح مختلف آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، شاخص پایداری غشاء، محتوای پرولین و فعالیت آنزیم کاتالاز اثر معنی‌داری نشان داد اما بر فعالیت آنزیم پراکسیداز تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). تیمار محلول‌پاشی بر محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، محتوای پرولین و فعالیت آنزیم پراکسیداز اثر معنی‌داری داشت اما بر صفات شاخص پایداری غشاء و فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار نبود (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی طبق جدول ۳، فقط بر فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار بود و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نشان نداد.

درصد محتوای نسبی آب برگ

مطابق جدول ۴، تنش کم‌آبی موجب کاهش درصد محتوای نسبی آب برگ گردید. محتوای نسبی آب یکی از پارامترهای

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول بر شاخص‌های فیزیولوژیکی لوبیا سبز تحت سطوح مختلف آبیاری
Table 3. Analysis of variance of salicylic acid and megafol foliar spray effect on physiological traits of common bean under different irrigation regimes

S.O.V	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب برگ RWC	نشت یونی Electrolyte leakage	شاخص پایداری		فعالیت آنزیم پراکسیداز POX	فعالیت آنزیم کاتالاز CAT
				غشاء Cell membrane stability index	پرولین Proline		
تکرار Replication	2	20.99 **	5.19**	5.19 **	0.00005 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.01 ^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	1367.06 **	330.95**	330.94**	0.48**	0.16 ^{ns}	40.18**
خطای کرت اصلی Error a	4	0.52	0.007	0.007	0.000007	0.0003	0.11
محلول پاشی Foliar spray (F)	6	160.66 **	5.08**	5.08 ^{ns}	0.0006**	0.001**	1.01 ^{ns}
محلول پاشی × آبیاری F × I	12	0.71 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.00003 ^{ns}	0/002**	0.11 ^{ns}
خطای کرت فرعی Error b	36	0.52	0.55	0.55	0.00005	0.0002	0.14
CV%	درصد ضریب تغییرات	1.10	0.07	3.77	1.39	3.43	4.52

ns, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.
ns Non significant, * and ** Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی لوبیا سبز
Table 4. Mean comparison of different irrigation regimes on physiological traits of common bean.

آبیاری Irrigation	محتوای نسبی آب برگ RWC	نشت یونی Electrolyte leakage	شاخص پایداری غشاء Cell membrane stability index	پرولین Proline	آنزیم پراکسیداز POX	آنزیم کاتالاز CAT
(%ETc)	(%)	(%)		(mmol g ⁻¹ FW)	(units.g ⁻¹ FW.min ⁻¹)	(μmol H ₂ O ₂ .g ⁻¹ FW.min ⁻¹)
100	74.28 ^a	75.7 ^c	24.20 ^a	0.3658 ^c	0.3997 ^c	7.12 ^c
75	63.83 ^b	81.7 ^b	18.22 ^b	0.5665 ^b	0.5647 ^a	8.65 ^b
50	58.41 ^c	83.3 ^a	16.69 ^c	0.6641 ^a	0.5359 ^b	9.88 ^a

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test

پایداری غشاء سلول از بین می‌رود (Inze and Van Montagu, 1995).

طی این پژوهش اسید سالیسیلیک بر نشت یونی تحت شرایط تنش کم‌آبیاری مؤثر بود به طوری که با کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار، نشت یونی به‌طور نزولی کاهش پیدا کرد ولی با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، درصد نشت یونی افزایش یافت و بیشترین درصد نشت یونی در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده گردید و کاربرد ماده زیست محرک مگافول در مقایسه با شاهد تأثیری بر کاهش نشت یونی نداشت (جدول ۵). چنین افزایشی در نشت یونی برگ‌های خربزه (Korkmaz et al., 2007) و خیار

نشت یونی و شاخص پایداری غشاء

مطابق جدول ۴، تنش کم‌آبی موجب افزایش نشت یونی و کاهش پایداری غشاء شد. کمترین درصد نشت یونی (۷۵/۷) و بیشترین شاخص پایداری غشاء (۲۴/۲۰) در آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل شد. مردانی و همکاران (Mardani et al., 2012) نیز بیان کردند که میزان نشت یونی تحت تأثیر تنش افزایش می‌یابد. تنش خشکی با شروع یک تنش اکسیداتیو همراه است، بنابراین در طی آن تولید و ذخیره گروه‌های سمی و مخرب اکسیژن آزاد افزایش می‌یابد، در نتیجه تحت شرایط تنش خشکی به‌سرعت چربی‌های غشاء پراکسید گردیده و

(1998). نظرات متفاوتی در رابطه با افزایش پرولین در برگ در شرایط تنش خشکی ذکر گردید است که مهم‌ترین آن را تجزیه پروتئین‌ها در این شرایط و افزایش فعالیت آنزیم‌های مرتبط با سنتز پرولین در شرایط تنش خشکی بیان نموده‌اند. در کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد، عواملی نظیر نوع گیاه، غلظت آن، زمان و تعداد دفعات کاربرد در عکس‌العمل گیاه تأثیر می‌گذارد (Ramroudi and Khomr, 2013). بندورسکا و استرونسکی (Bandurska and Stroinski, 2005) بیان کردند که تیمار گیاه با اسید سالیسیلیک، محتوای اسید آبسزیک برگ‌های ژنوتیپ‌های جو را افزایش داد، در نتیجه اسید آبسزیک و پرولین ممکن است به توسعه واکنش‌های ضد تنشی القاء شده به وسیله اسید سالیسیلیک کمک کنند. همچنین مگافول دارای اسیدآمینه پرولین و بسیاری دیگر از مواد آلی و معدنی است (Saa et al., 2015) که به‌عنوان سیگنال دهنده تنش و مولکول پاسخ عمل می‌کند و موجب بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش می‌شوند (Kissoudis et al., 2014). مگافول ترکیبی از اسیدهای آمینه (پرولین و تریپتوفان)، بتائین، ویتامین‌ها، پلی-ساکاریدها، نیتروژن و کربن آلی است که پیش تیمار آن باعث افزایش تجمع پرولین در برگ‌ها گردید که گزارش شده است کاربرد خارجی پرولین و بتائین موجب افزایش تجمع پرولین در برگ‌ها و ریشه‌های گوجه‌فرنگی گردید (kissoudis et al., 2014)، همچنین شواهد اخیر نشان می‌دهد که مگافول تعدادی از مسیرهای پاسخ تنش را در گوجه‌فرنگی تنظیم می‌کند (Petrozkaa et al., 2014).

(Mardani et al., 2012) که با غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تیمار شده بودند، گزارش شده است. سناراتنا و همکاران (Senaratna et al., 1999) گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی برگی بر روی گیاهان میزان نشت یونی را از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانسی و در نتیجه کاهش صدمات حاصل از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند. تیمار محلول‌پاشی بر شاخص پایداری غشاء تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

محتوای پرولین

مطابق جدول ۴، تنش کم‌آبی موجب افزایش میزان پرولین شد. مطابق این پژوهش، اثر محلول‌پاشی بر میزان پرولین مؤثر بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان پرولین (mmol/g FW) ۰/۵۴) مربوط به محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی-مولار بود؛ با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک میزان پرولین افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت (جدول ۵). بین غلظت‌های مختلف مگافول و غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی-مولار اسید سالیسیلیک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش پرولین در تنش خشکی در لوبیاچیتی (Emadi et al., 2013) گزارش شده است. تجمع پرولین یکی از روش‌های متابولیک بارز است که در پاسخ به تنش اسمزی در گیاهان اتفاق می‌افتد (Pandy and Agarwal, 2001). افزایش پرولین منجر به حفظ تورم و کاهش خسارت غشاء در گیاهان می‌شود بدین ترتیب با روش تنظیم اسمزی تحمل به تنش کم‌آبی افزایش می‌یابد (Pandey and Agarwal, 2001).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (SA، میلی‌مولار) و مگافول (MF، درصد) بر صفات فیزیولوژیک لوبیا سبز
Table 5. Mean comparison of salicylic acid (SA, mM) and megafol (MF, %) foliar spray on physiological traits of common bean.

محلول‌پاشی Foliar application	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	نشت یونی Electrolyte leakage (%)	پرولین Proline (mmol g ⁻¹ FW)	آنزیم پراکسیداز POX (units.g ⁻¹ FW.min ⁻¹)	
شاهد Control	0	31.61 ^e	80.1 ^b	0.5202 ^d	0.4867 ^{bc}
اسید سالیسیلیک SA (mM)	0.5	65.92 ^c	79 ^c	0.5349 ^b	0.5126 ^a
	1	65.83 ^c	80.3 ^b	0.5238 ^{cd}	0.5160 ^a
	1.5	58.58 ^d	81.5 ^a	0.5469 ^a	0.5002 ^{ab}
مگافول MF (%)	0.1	67.19 ^b	80 ^b	0.5347 ^b	0.4910 ^b
	0.2	69.56 ^a	80.3 ^b	0.5348 ^b	0.5116 ^a
	0.3	70.19 ^a	80.6 ^b	0.5292 ^{bc}	0.4823 ^c

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according.

فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

مطابق جدول ۴، تنش کم‌آبی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را افزایش داد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز ($9/88 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$) و پراکسیداز ($0/56 \text{ units} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$) به ترتیب در تیمارهای کم-آبیاری ۵۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی حاصل شد.

تنش موجب بسته شدن روزنه، کاهش غلظت دی‌اکسید کربن در سلول‌های مزوفیل برگ گیاهان می‌شود و در نتیجه موجب تجمع NADPH در کلروپلاست می‌گردد. در این شرایط مقدار NADP^+ در دسترس برای انجام واکنش‌های نوری فتوسنتز کاهش یافته بنابراین اکسیژن به‌عنوان پذیرنده الکترون عمل کرده و منجر به تولید رادیکال سوپر اکسید و به دنبال آن سایر گونه‌های فعال اکسیژن و در نهایت تنش اکسیداتیو می‌گردد (Jaleel et al., 2009a). گیاهان برای مقابله با این اکسیدان‌ها دارای مکانیسم‌های حفاظتی خاصی هستند که شامل مولکول‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است (Parida and Das, 2005).

افزایش فعالیت کاتالاز یک پاسخ سازشی برای غلبه بر آسیب‌های ناشی از سطوح سمی و احیاکننده‌ی پراکسید هیدروژن است که طی متابولیسم سلول تولید می‌گردد. پراکسیدازهای گیاهی که آنزیم‌هایی گسترده در بین گیاهان عالی می‌باشند دارای نقش مهمی در سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی سلول بوده و گونه‌های اکسیژن فعال را سم‌زدایی می‌کنند. پراکسیدازهای گیاهی، سلول را در برابر مقادیر سمی پراکسید هیدروژن حفاظت می‌نمایند (Parida and Das, 2005). آنزیم پراکسیداز (گایاکل پراکسیداز) یکی از آنزیم‌های اکسیدکننده ترکیبات فنلی بوده و نقش مهمی در افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی دارد (Agarwal et al., 2004).

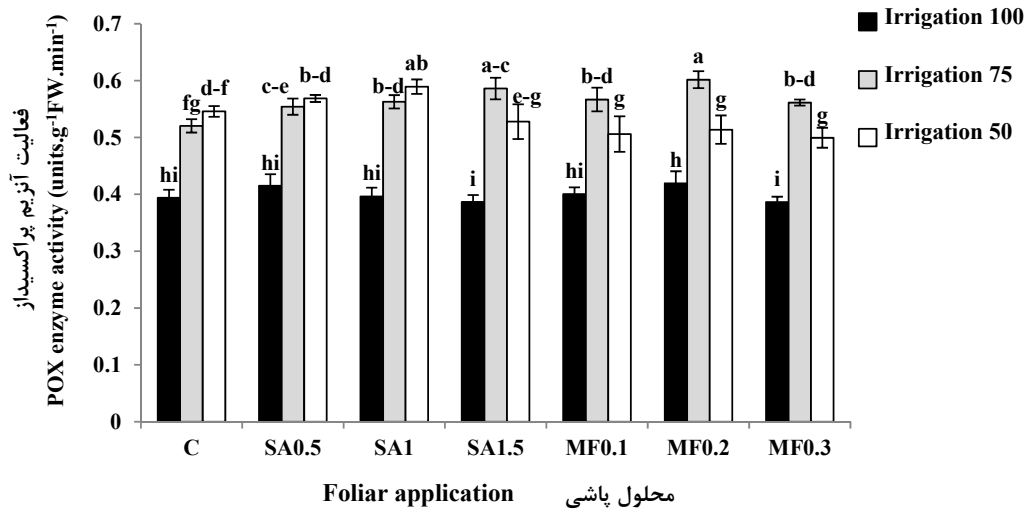
نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک و مگافول با فعال کردن سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از تنش کم‌آبی و در نتیجه بهبود رشد گیاه لوبیا سبز شد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مربوط به محلول پاشی اسید سالیسیلیک $0/5$ و یک میلی‌مولار و مگافول $0/2$ درصد بود که با تیمار $1/5$ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). همچنین اثر متقابل آبیاری در

محلول پاشی نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز با محلول پاشی مگافول $0/2$ درصد در آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (شکل ۱).

هنگامی که اسید سالیسیلیک در غلظت و زمان مناسب به کار برده می‌شود موجب یک تنش اکسیداتیو موقت و گذرا در سلول‌های گیاهی شده که به‌عنوان یک فرآیند مقاوم‌سازی عمل می‌نماید و موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول می‌گردد (Hayat et al., 2007). اسید سالیسیلیک با تغییر فعالیت آنزیم‌هایی نظیر سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز یا NAD(P)H اکسیداز متصل به غشای سیتوپلاسمی (آنزیم‌های دخیل در تولید یا تجزیه پراکسید هیدروژن) موجب افزایش موقت و جزئی در مقدار پراکسید هیدروژن (به‌عنوان پیام‌بر ثانویه) گردیده که منجر به القای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول می‌گردد. برای القای فعالیت آنتی‌اکسیدانی، غلظت‌های بسیار کمی از پراکسید هیدروژن مورد نیاز است و پراکسید هیدروژن در غلظت‌های بالا، خود به‌عنوان عامل ایجادکننده تنش اکسیداتیو محسوب می‌شود (Jaleel et al., 2009b).

گزارش شده است تیمار اسید سالیسیلیک فعالیت آنزیم کاتالاز را در گوجه‌فرنگی (Senaratna et al., 2000) و گیاه شاهی (Hashemi et al., 2010) کاهش داد. بر اساس پژوهش‌های سوزا و دوراج (Souza and Devaraj, 2010) در شرایط تنش کم‌آبی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در اندام‌های مختلف لوبیا متفاوت بود؛ همچنین فعالیت آنزیم کاتالاز در اندام‌های مختلف پاسخ گوناگون نشان داد ولی فعالیت آنزیم پراکسیداز در اندام‌های مختلف آزمایش‌شده افزایش یافت.

اسپولجروویس و همکاران (Špoljarević et al., 2010) با مطالعه روی توت‌فرنگی بیان کردند، فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدان‌ها به‌جز کاتالاز پس از تیمار با مواد محرک زیستی (مگافول) به بالاترین میزان خود رسید. همچنین مواد محرک زیستی تأثیرات معنی‌دار قابل توجهی را در گیاهان توت‌فرنگی تیمار شده در مقایسه با گیاهان شاهد در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گلاتاتیون ردوکتاز و آسکوربات نشان داد. با توجه به تأثیری که مگافول در میزان تولید آنزیم‌های گفته‌شده و وزن تر بوته توت‌فرنگی داشت، می‌توان آن را نتیجه وجود مواد مغذی اضافی (N and K) و آمینواسیدهایی با مولکول‌های کوچک و منبع نیتروژن آلی برای گیاه دانست.



شکل ۱ تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک (SA، میلی‌مولار) و مگافول (MF، درصد) بر فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت سطوح مختلف آبیاری. تفاوت بین ستون‌های مربوط به هر تیمار که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری معنی‌دار نیست ($p \leq 0.05$ و $n=21$).
Fig 1. Effect of salicylic acid (SA, mM) and megafol (MF, %) foliar spray on POX enzyme activity under different irrigation regimes. In each column, there is no significant difference between treatments with common letters ($n=21$, $p \leq 0.05$).

کاربرد ترکیب زیست محرک مگافول در مقایسه با تیمار اسید سالیسیلیک و شاهد، محتوای نسبی آب برگ را افزایش داد. کاربرد اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار، کاهش معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ و افزایش درصد نشت یونی نشان داد. در کل با توجه به نتایج، کاربرد مگافول ۰/۲ بیشترین تأثیر مثبت را بر صفات فیزیولوژیک گیاه لوبیا سبز داشت.

نتیجه‌گیری کلی

با اعمال تنش کم‌آبیاری، محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء در گیاه لوبیا کاهش یافت و درصد نشت یونی، میزان تجمع پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز افزایش یافت. کاربرد برگی مگافول و اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری صفات فیزیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار داد.

منابع

- Agarwal, S., Pandey, V., 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Biologia Plantarum*. 48(4), 555-560.
- Anya, A.O., Herzog, H., 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy*. 20(4), 327-339.
- Arfan, M., Athar, H.R., Ashraf, M., 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *Journal of Plant Physiology*. 164, 685-694.
- Bandurska, H., Stroinski, A., 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. *Acta Physiologiae Plantarum*. 27, 379-386.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39(1), 205-207.
- Ben Hamed, K., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A., Abdelly, C., 2007. Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regulation*. 53, 185-194.
- Cakmak, I., Horst, W., 1991. Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase,

- catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glycine max* L.). *Plant Physiology*. 83, 463–468.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W., 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*. 383(1-2), 3-41.
- Colom, M.R., Vazzana, C., 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping love grass plants. *Environ. Journal of Experimental Botany*. 49, 135- 144.
- Costa-Franca, M.G., Thi, A.T., Pimentel, C., Pereyra, R.O., Zuily-Fodil, Y., Laffray, D., 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. *Journal of Environmental and Experimental Botany*. 43, 227-237.
- EBIC. 2012. <http://www.biostimulants.eu/> website. Accessed 14 Dec 2012.
- Emadi, N., Jahanbin, S., Balouchi, H. R., 2013. Effect of drought stress and plant density on yield and some physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Yasouj Region. *Journal of Community Positive Practices*. 3(8), 25-36.
- Ghanati, F., Morita, A., Yokota, H., 2002. Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cells. *Soil Science and Plant Nutrition*. 48, 357–364.
- Ghoulam, C. F., Ahmed, F., Khalid, F., 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experiment Botany*. 47, 139-150.
- Hashemi, S., Asrar, H., Pour Seyed, Z., 2010. Effects of seed pretreatment by salicylic acid on growth and some physiological and biochemical parameters in *Lepidium sativum*. *Iranian Journal of Plant Biology*. 2, 1-10. [In Persian with English summary].
- Hayat, S., Ali, B., Ahmad, A., 2007. Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. In: Hayat, S., Ahmad, A. (eds.), *Salicylic acid: A Plant Hormone*. pp. 1-14. Springer, Netherlands.
- Inze, D., Van Montagu, M., 1995. Oxidative stress in plants. *Current Opinion in Biotechnology*. 6, 153-158.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2009a. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 11(1), 100-105.
- Jaleel, C.A., Riadh, K., Gopi, R., Manivannan, P., Ines, J., Al-Juburi, H.J., Chang-Xing, Z., Hong-Bo, S., Panneerselvam, R., 2009b. Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constrains. *Acta Physiologia Plantarum*. 31, 427-436.
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Prithiviraj, B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28(4), 386-399.
- Kissoudis, C., Van de Wiel, C., Visser, R.G., van der Linden, G., 2014. Enhancing crop resilience to combined abiotic and biotic stress through the dissection of physiological and molecular crosstalk. *Frontiers in plant science* 5, 1-20.
- Korkmaz, A., Uzunlu, M., Demirkiran, A.R., 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Journal of Plant Physiology*. 29, 503-508.
- Kusvuran, S., 2012. Influence of drought stress on growth, ion accumulation and antioxidative enzymes in okra genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*. 14, 401-406.
- Ma, Q.Q., Wang, W., Li, Y.H., Li, D.Q., Zou, Q., 2006. Alleviation of photo inhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar-applied glycinebetaine. *Journal of plant physiology*. 163(2), 165-175.
- Mardani, H., Bayat, H., Azizi, M., 2012. Effects of Salicylic acid Application on Morphological and Physiological Characteristics of Cucumber Seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought Stress. *Journal of Horticulture Science*. 25(3), 320-326. [In Persian with English summary].
- Pandey, R., Agarwal, R.M., 1998. Water stress-induced change in proline contents and nitrate reductase Activity in Rice under light and dark condition. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 4, 53-57.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review.

- Ecotoxicology and Environmental Safety. 60, 324-349.
- Petrozza, A., Santaniello, A., Summerer, S., Di Tommaso, G., Di Tommaso, D., Paparelli, E., Cellini, F., 2014. Physiological responses to Megafol® treatments in tomato plants under drought stress: A phenomic and molecular approach. *Scientia Horticulturae*. 174, 185-192.
- Povero, G., Mejia, J. F., Di Tommaso, D., Piaggese, A., Warrior, P., 2016. A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. *Frontiers in Plant Science*. 7, 1-9.
- Ramroudi, M., Khomr, A.R., 2013. Interaction effects of salicylic acid spraying and different irrigation levels on some quantity and quality traits, and osmoregulators in basil (*Ocimum basilicum*). *Applied Research of Plant Ecophysiology*. 1(1), 19-31
- Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., Holaday, A.S., 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop science*. 30(1), 105-111.
- Saa, S., Olivos-Del Rio, A., Castro, S., Brown, P.H., 2015. Foliar application of microbial and plant based biostimulants increases growth and potassium uptake in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] DA Webb). *Frontiers in Plant Science*. 6, 87.
- Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S., Fujita, K., 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. *Environmental and Experimental Botany*. 52, 131-138.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., Dixon, K., 1999. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*. 30, 157-161.
- Shakirova, F.M., Shakhbutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., Fatkhutdinova, D.R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*. 164, 317-322.
- Sharkey, T.D., Seemann, J.R., 2005. Mild water stress effects on carbon-reduction-cycle intermediates, Ribulose Bisphosphate Carboxylase activity and spatial homogeneity of photosynthesis in intact leaves. *Plant Physiology*. 89, 1060-1065
- Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., Martin, T., 2014. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Physiology*. 26(1), 465-490.
- Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., 2007. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 58, 221-227.
- Souza, M.R.D., Devaraj, V.R., 2010. Biochemical responses of Hyacinth bean (*Lablab purpureus*) to salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. 32, 341-353.
- Špoljarević, M., Štolfa, I., Lisjak, M., Stanisavljević, A., Vinković, T., Agić, D., Klešić, K., 2010. Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) leaf antioxidative response to biostimulators and reduced fertilization with N and K. *Poljoprivreda*. 16(1), 50-56.
- Vaziri, Z. H., Salamat, A., Ansari, M., Meschi, M., Dehghani Sanich, H. 2008. Evapotranspiration plant (water consumption guidelines for plants) (Translation). National Committee on Irrigation and Drainage Publishing. Tehran. [In Persian].
- Veisipoor, A., Majidi, M.M., Mirlohi, A., 2013. Response of physiological traits to drought stress in some populations of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*. 21(1), 87-102 [In Persian with English summary].
- Wien, H.C., 1997. *The Physiology of Vegetable Crops*. CAB International. USA. Pp: 662.
- Zadeh Bagheri, M., Javanmardi, Sh., Alozadeh, O., Kamelmanesh, M.M., 2014. Effects of drought on grain yield and some physiological characteristics of red bean genotypes. *Plant Ecophysiology*. 18, 1-11 [In Persian with English summary].



Original article

Physiological responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Sanry) to foliar spray of salicylic acid and biostimulant megafol under deficit irrigation stress

Z. Hoseini¹, T. Barzegar^{2*}, Z. Ghahremani³, J. Nikbakht⁴

1. Graduated MSc Student, Dept. of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2. Associate Professor, Dept. of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3. Assistant Professor, Dept. of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

4. Associate Professor, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received 4 February 2019; Accepted 22 April 2019

Abstract

In order to study the effect of salicylic acid (SA) and biostimulant megafol (MF) on some physiological traits of common bean cv. Sanry under different irrigation regimes, the experiment was conducted in a split plot based on randomized complete block design with three replicates in research field of university of Zanjan, during 2015. Three different irrigation regimes (100, 75 and 50% ETc) and foliar spray of different concentration of salicylic acid (0.5, 1 and 1.5 mM), Megafol (0.1, 0.2 and 0.3%) and to distilled water as control were conducted. The results showed that water deficit stress significantly reduced leaf relative water content and cell membrane stability index, and increased electrolyte leakage, proline content and catalase and peroxidase enzymes activity. Foliar application of SA and MF had significant effects on physiological traits. The highest relative water content was obtained in MF 0.2 and 0.3% treatments. The maximum electrolyte leakage and proline content was observed in 1.5 mM SA. The highest value of peroxidase enzyme activity was achieved with spray MF 0.2% under deficit irrigation 75 ETc%. According to the results, MF 0.2% treatment had the highest positive effect on physiological traits of common bean plant that can be proposed.

Keywords: Cell membrane stability index, Deficit irrigation, Electrolyte leakage, Megafol, Proline

*Correspondent author: Taher Barzegar; E-Mail: tbarzegar@znu.ac.ir