Archive of SID

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و پنجم، ۱۳۹۷

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

واکنش‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه لوبیا سبز رقم سانری به اسید سالیسیلیک و مواد زیست محرک در شرایط کم‌آبی

سیده زینب حسینی[۱]، طاهر برزگر[۲]، جعفر نیکبخت[۳]، زهرا قهرمانی[٤]

تاریخ دریافت: ۹۵/٤/۲٤ تاریخ پذیرش: ۹٦/۲/۲۳

چکیده

به‌منظور مطالعه تأثیر اسید سالیسیلیک و مواد زیست محرک بر رشد، عملکرد، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیا سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹٤ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و محلول‌پاشی برگی در هفت سطح شامل سه سطح اسید سالیسیلیک (۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار)، سه سطح مگافول (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) و آب مقطر (به‌عنوان شاهد برای هر دو تیمار)، اجرا شد. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری رشد و عملکرد غلاف را کاهش داد. کاربرد اسید سالیسیلیک و مگافول، رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشید. با توجه به نتایج اثرات متقابل، بیشترین تعداد برگ (٤۳/۱۷)، سطح برگ (۲۷۲۹/۳ سانتی‌متر مربع) و عملکرد غلاف (٦۱۹۳/۹ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد. حداکثر هدایت روزنه‌ای (۲۰۵/۲۷ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) در گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار تحت آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل شد. بیشترین غلظت عنصر نیتروژن (۲/٤۷ درصد)، فسفر (۱۸۱/٦۷ ppm) و پتاسیم (۰/۸۸ درصد) به ترتیب با محلول‌پاشی مگافول ۰/۲ درصد، اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار و مگافول ۰/۳ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد مشاهده گردید. با توجه به نتایج، مگافول ۰/۲ درصد و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بیشترین تاثیر را بر رشد و عملکرد غلاف در شرایط تنش کم‌آبی داشتند.

واژه‌های **کلیدی**: هدایت روزنه‌ای، درصد ماده خشک، غلظت عناصر NPK، عملکرد غلاف

حسینی، س.ز.، ط. برزگر، ج. حقیقت و ه. مصنعی. ۱۳۹۷. واکنش‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه لوبیا سبز رقم سانری به اسید سالیسیلیک و مواد زیست محرک در شرایط کم‌آبی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۵: ۸۷-۷۳.

۱- د انشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: tbarzegar@znu.ac.ir
۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
٤- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

لوبیا سبز با نام علمی (*Phaseolus vulgaris* L.)، گیاهی از خانواده بقولات (Fabaceae) می‌باشد. این گیاه خودگرده‌افشان بوده و قسمت خوراکی آن، غلاف‌های نارس می‌باشد (پیوست، ۱۳۸٤). لوبیای بوته‌ای دارای ریشه‌های کم عمقی 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 (شکاری و همکاران، ۱۳۸۸).

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده تولید در گیاهان زراعی جهان محسوب می‌شود (امیدی و همکاران، ۲۰۱۲). کمبود آب تقریباً روی کلیه‌ی فرآیندهای رشد گیاه تأثیرگذار است (سیدیک و همکاران، ۲۰۰۰) و زمانی اتفاق می‌افتد که آب در دسترس ریشه محدود باشد و یا میزان تعرق گیاه تشدید شود (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۹). اثر تنش کم‌آبی در گیاهان مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است؛ در کل ارقام لوبیا کاهش ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک گزارش شده است (ایلکایی و امام، ۱۳۸۲). همچنین تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد دانه، هدایت روزنه‌ای، سطح برگ، ارتفاع بوته و محتوای کلروفیل در لوبیا چشم بلبلی گردید (صادقی‌پور و بنکدار هاشمی، ۱۳۹٤؛ شکاری و همکاران، ۱۳۸۹).

یکی از راهکارهای ساده و عملی برای بهبود رشد گیاه در شرایط تنش 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. این ماده همانند یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی نقش مهمی را در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک در گیاه دارد (عرفان و همکاران، ۲۰۰۷). اسید سالیسیلیک موجب القاء تحمل به خشکی در خیار (مردانی و همکاران، ۱۳۹۰)، خربزه (کورکماز و همکاران، ۲۰۰۷) و افزایش عملکرد در لوبیا (سپهری و همکاران، ۱۳۹٤) شد. همچنین اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف در خلال رشد و نمو گیاه مثل جذب یون، فتوسنتز بسته به غلظت به کار رفته، گونه‌ی گیاهی، دوره رشد و شرایط محیطی، ایفاء می‌کند.

مواد زیست محرک[1] موجب رشد و توسعه محصولات، جذب مواد معدنی، افزایش رشد ساقه، فتوسنتز، عملکرد، کیفیت و سلامت تغذیه در محصولات زراعی می‌شوند (شارما و همکاران، ۲۰۱٤). مگافول نام تجاری یک ترکیب زیست محرک می‌باشد که از جلبک دریایی به‌نام *Ascophyllum nodosum* بدست آمده است که دارای اسیدآمینه (پرولین و تریپتوفان)، قند (گلیکوزیدها و پلی-ساکاریدها)، ویتامین‌ها، بتائین، نیتروژن آلی و معدنی می‌باشد که به-عنوان سیگنال‌دهنده تنش و مولکول پاسخ عمل می‌کند (کیسودیس و همکاران، ۲۰۱٤). 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 می‌باشد (شارما و همکاران، ۲۰۱٤). زمانیکه گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد مواد زیست محرک می‌توانند تحمل به تنش را در گیاه افزایش دهند (پتروزا و همکاران، ۲۰۱٤). نحوه عمل بیشتر مواد زیست محرک به ترکیب مواد تنظیم کننده رشد گیاهی، حضور مولکول‌های گیاهی سیگنال دهنده و حضور مولکول‌هایی که انتقال مواد معدنی را تسهیل می‌کنند نسبت داده شده است (کالو و همکاران، ۲۰۱٤). بررسی‌های اخیر نشان داد که گیاهان تیمار شده با زیست محرک حاصل از جلبک *A. nodosum* موجب افزایش عملکرد در جو و افزایش تحمل به خشکی در کاج و چمن شد (شارما و همکاران، ۲۰۱٤).

با توجه به اینکه لوبیا سبز یک گیاه حساس به تنش کم‌آبی است (پیوست، ۱۳۸٤)، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات مواد زیست محرک و اسید سالیسیلیک به‌ترتیب به‌عنوان کود زیستی و ماده تنظیم کننده رشد گیاهی برخی صفات رشدی و فیزیولوژیکی، غلظت عناصر و عملکرد گیاه لوبیا سبز در رژیم‌های مختلف آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹٤ انجام شد. بذرهای لوبیا سبز رقم «سانری» (*Phaseolus vulgaris* cv. Sanry) با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف در

1- biostimulant

www.SID.ir

Archive of SID

اردیبهشت ماه کشت شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول یک ارائه شده است. پس از سبز شدن و استقرار گیاهان، تیمار محلول‌پاشی به‌عنوان فاکتور فرعی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار)، مگافول[1] (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) و گیاهان شاهد با آب در مرحله دو تا سه برگی شروع شد و شش مرتبه با فاصله ده روز یک‌بار در طی دوره رشد انجام شد. یک هفته پس از محلول‌پاشی، تیمارهای آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) اعمال گردید. نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد با استفاده از میانگین بلند مدت داده‌های روزانه هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی زنجان (جدول ۲) و از رابطه یک برآورد گردید.

$$1 - ETc = ETO \times Kc \qquad (۱)$$

ETc: نیاز آبی لوبیا سبز (میلی‌متر در روز)، ET_0: تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و Kc: ضریب گیاهی لوبیا سبز. لازم به توضیح است مقادیر ET_0 بر اساس روش استاندارد فائو-پنمن-مانتیث برآورد شد (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷). پس از محاسبه مقادیر ETc، مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه لوبیا سبز بر اساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) 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.

صفات مورد ارزیابی

سطح برگ، به‌صورت تصادفی از پنج بوته برگ‌های کل بوته انتخاب شد و توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل (VM-900E/K) قرائت شد و میانگین سطح برگ کل بوته بر حسب سانتی‌متر مربع محاسبه گردید، همزمان تعداد برگ نیز شمارش شد. قطر ساقه از قسمت طوقه با کولیس اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری سطح سایه‌انداز، زمانی‌که گیاه در زمین استقرار داشت با اندازه‌گیری طول و ارتفاع بوته و بر حسب سانتی‌متر مربع محاسبه شد. برای محاسبه درصد وزن خشک بوته، ابتدا وزن تر نمونه‌های گیاهی بر اساس گرم ثبت شد و نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ٤٨ ساعت در آون خشک شدند و سپس وزن خشک نمونه‌ها برآورد شده و در نهایت درصد ماده خشک از رابطه (۲) محاسبه شد.

درصد وزن خشک بوته = (وزن تر/وزن خشک) ×۱۰۰ (۲)

هدایت روزنه‌ای برگ‌ها با استفاده از دستگاه پرومتر[2] (DELTA-T DEVICEC LTD, ENGLAND) برحسب واحد میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه بین ساعات ۱۱ تا ١٤ اندازه-گیری شد (موجدسی و همکاران، ۲۰۱۱). اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل در برگ گیاه از روش پیشنهادی آرنون (۱۹٤۹)، نیتروژن در غلاف طبق روش کجلدال[3]، درصد پتاسیم توسط روش فلیم فتومتر[4] و میزان فسفر طبق روش اولسن[5] (۱۹٥٤) از برگ‌های کاملاً توسعه یافته و سالم پس از آخرین مرحله محلول‌پاشی اندازه-گیری شد. عملکرد غلاف نیز طی هر مرحله برداشت وزن گردید و در نهایت براساس کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

تجزیه آماری: داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS V 9.1 تجزیه و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و نمودارها نیز با نرم افزار EXCEL رسم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته، سطح سایه‌انداز و قطر ساقه بوته

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه موجب کاهش ارتفاع بوته و سطح سایه‌انداز شد؛ اما بیشترین قطر ساقه (۸/٦ mm) مربوط به آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه می‌باشد. طی این بررسی محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول رشد گیاه را افزایش داد. بیشترین ارتفاع بوته (٤۲/۳ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار بود و بین سایر تیمارها تفاوتی مشاهده نشد (جدول ٤). تیمار محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر سطح سایه‌انداز نداشت (جدول ۵). نتایج پژوهش کافی و رستمی (۲۰۰۸) نیز نشان داد، افزایش تنش خشکی در زمان ارتفاع‌گیری گیاه سبب افزایش رقابت برای جذب آب بین بخش هوایی و زمینی در بوته می‌شود که در این رقابت، گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و

[1]- مواد زیست محرک تحت عنوان تجاری مگافول ساخت شرکت Valagroکشور ایتالیا است.

2 Prometer-AP4
3 Kjeldahl
4 Fleam photometer
5 Olsen

www.SID.ir

Archive of SID

در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی از جمله ساقه رسیده، که این امر باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود (کافی و رستمی، ۲۰۰۸). پیوسته انوشه و امام (۱۳۹۱) بیان داشتند، افزایش ارتفاع بوته در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک ممکن است به‌دلیل نقش آن در فتوسنتز و افزایش ماده پرورده باشد. همچنین در تحقیق حاضر بیشترین قطر ساقه (۹/۱ میلی‌متر) در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار حاصل شد (جدول ۳) و با نتایج تحقیق ارسلان و همکاران (۲۰۰۸) بر روی هویج که بیان کردند، اسید سالیسیلیک قطر ساقه را افزایش می‌دهد، همخوانی داشت. از طرفی اسید سالیسیلیک با افزایش میزان کلروفیل در برگ‌هایی که در آغاز فرآیند پیری هستند می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد شود (دلانی و همکاران، ۱۹۹٤).

جدول ۱- مشخصات شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	ماده آلی (%)	کربنات کلسیم (%)	نوع بافت
۱/۱۲	۷/۲۷	۰/۸	٤/٦	۱٥٤	۱/۸	۱/۱۱	۱٤/۰۹	لومی رسی شنی

جدول ۲- میانگین داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان در فصل زراعی ۱۳۹٤

داده‌های هواشناسی	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
رطوبت نسبی (%)	٤٤	٤۲	۳۹	٥۲
بارندگی (mm)	۰/۳۳	۱/۱۳	۰/۰۰	۲/۹۳
دمای کمینه (°C)	۱۲/۹٥	۱۸/٥۳	۱٦/۱٤	۱۲/٥۸
دمای بیشینه (°C)	۳۱/۹۳	۳٤/٤٦	۳٥/٥۱	۳۰/۲۸

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های رشدی لوبیا سبز

آبیاری(نیاز آبی گیاه)	ارتفاع بوته (cm)	سطح سایه‌انداز (cm^2)	قطر ساقه (mm)	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)	درصد ماده خشک بوته
۱۰۰٪	٤۲/۳^{a}	۱۳۰۸/۸^{a}	۸/۳^{b}	۳٤/٦^{a}	۲۲٥٤/۱^{a}	۱۳/۲^{b}
۷٥٪	۳۷/۰^{b}	۹٦۰/۹^{b}	۸/٤^{b}	۲۹^{b}	۱٥۰٤/۲^{b}	۱۷/٥^{a}
٥۰٪	۳۲/۹^{c}	٥۱۸/٥^{c}	۸/٦^{a}	۲۳/۹^{c}	۱۰۳۳^{c}	۱۷/۲^{a}

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

با توجه به جدول ٥، اثرات متقابل آبیاری و محلول‌پاشی بر صفات ارتفاع بوته و سطح سایه‌انداز گیاه اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین ارتفاع بوته (٤٥/٥ سانتی‌متر) در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱/٥ میلی‌مولار حاصل گردید (جدول ۳) که با نتایج امین و همکاران (۲۰۰۸) بر روی گندم و شکاری و همکاران (۲۰۱۰) روی لوبیا چشم بلبلی همخوانی داشت. در این تحقیق بیشترین سطح سایه‌انداز در تیمار ۰/۳ درصد مگافول تحت شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد به‌دست آمد که با دیگر سطوح مگافول و اسید سالیسیلیک تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول٤). نتایج حاصل با نتایج سولجارویس و همکاران (۲۰۱۰) بر روی بوته توت فرنگی و گورجی و همکاران (۲۰۱٤) بر روی گیاه ذرت که بیان کردند مگافول موجب افزایش رشد رویشی و پوشش گیاهی می‌شود مطابقت داشت. احتمال داده می‌شود، اسید سالیسیلیک بتواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی و شوری شود که می‌تواند افزایش رشد را به همراه داشته باشد (دلانی و همکاران، ۱۹۹٤). همچنین بهبود صفات رشدی

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهان در اثر محلول‌پاشی مگافول می‌تواند به‌دلیل عرضه عناصر نیتروژن، پتاسیم و آمینواسیدهای موجود در مواد زیست محرک به گیاه باشد که به‌عنوان یک منبع نیتروژن آلی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (شارما و همکاران، ۲۰۱٤).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرهای سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول برشاخص‌های رشدی لوبیا سبز

تیمار محلول‌پاشی		ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	سطح برگ (cm^2)	درصد ماده خشک بوته
شاهد		۰	۳۷^{b}	۸/٦^{b}	۱۳۰۳/۳^{d}	۱٦/٤^{a}
اسید سالیسیلیک (mM)		۰/۵	۳۷/٦^{b}	۹^{a}	۱۵۸۳^{bc}	۱٦^{a}
		۱	۳٦/۵^{b}	۹/۱^{a}	۱۵۹۸^{bc}	۱۵/۷^{a}
		۱/۵	۳۹/۳^{a}	۸/۷^{b}	۱٦۰۹^{bc}	۱٦/۷^{a}
مگافول (%)		۰/۱	۳۷/٦^{b}	۷/۷^{c}	۱٦۷۷^{b}	۱٦^{a}
		۰/۲	۳۷/۳^{b}	۷/۸^{c}	۱۸۷۰/۳^{a}	۱٤/٦^{b}
		۰/۳	۳٦/۲^{b}	۸/۰^{c}	۱۵۳۷/۸^{c}	۱٦^{a}

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول بر شاخص‌های رشدی لوبیا سبز

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	سطح سایه‌انداز بوته	قطر ساقه	تعداد برگ	سطح برگ	درصد ماده خشک بوته
تکرار	۲	۲/٤۳^{ns}	۱۱۵٤۹/۹۸^{ns}	۰/۳۰*	۱۱۰/۸٦**	۱۲۱۷٦/۹۹^{ns}	۰/۸۳^{ns}
آبیاری	۲	٤٦۳/۸٦**	۳۲۹۵۲۲۲/۰٦**	۰/٤٤*	٦۰۳**	۷۹٦٤۰۷۰/۰۸**	۱۲٤/۵۷**
خطای کرت اصلی	٤	۲/۸٤	٤٦۷۸/۱۱	۰/۰٦	۵/۱۷	۱۷۱۵۱/۰۵	۱/۱۳
محلول‌پاشی	٦	۹/۱٤**	۱٤۳۳۱/۸^{ns}	۲/۸۵**	۱٦/۹۵^{ns}	۲۵٦۸۰٤/۳۵**	۳/۸۹**
محلول‌پاشی×آبیاری	۱۲	٤/۷۹**	۳۲٦٤۳/۰۱**	۰/۱۳^{ns}	۵۹/۲۲**	٦۳۷۱۸/۲۵**	۵/۵۵**
خطای کرت فرعی	۳٦	۲/۵۵	۱۱۲۲۱/۷	۰/۰۹	۲۰/۱۷	۱٤۷۷۰/٦٦	۰/۸۹
ضریب تغییرات		٤/۲	۱۱/۳	۳/۵۹	۱۵/٤	۷/٦	۵/۹۱

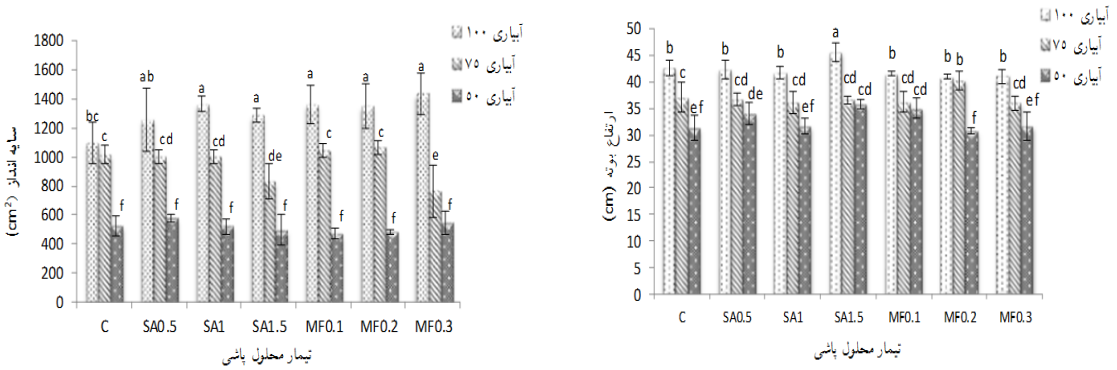
ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

تعداد برگ و سطح برگ بوته

با توجه به جدول ۳، با اعمال تنش کم‌آبی، تعداد و سطح برگ کاهش یافت و کمترین میزان سطح برگ و تعداد برگ در بوته، در آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده گردید. از مکانیسم‌های مهم در سازگاری گیاهان به تنش خشکی، کاهش سطح برگ با هدف کاهش سطح تعرق است (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۹) که با نتایج آنیا و هرزوگ (۲۰۰٤) روی لوبیا چشم بلبلی مطابقت دارد. بین تیمارهای محلول‌پاشی از نظر تعداد برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ولی بر سطح برگ تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۵) و بیشترین سطح برگ در مگافول ۰/۲ درصد حاصل شد (جدول ٤).

www.SID.ir

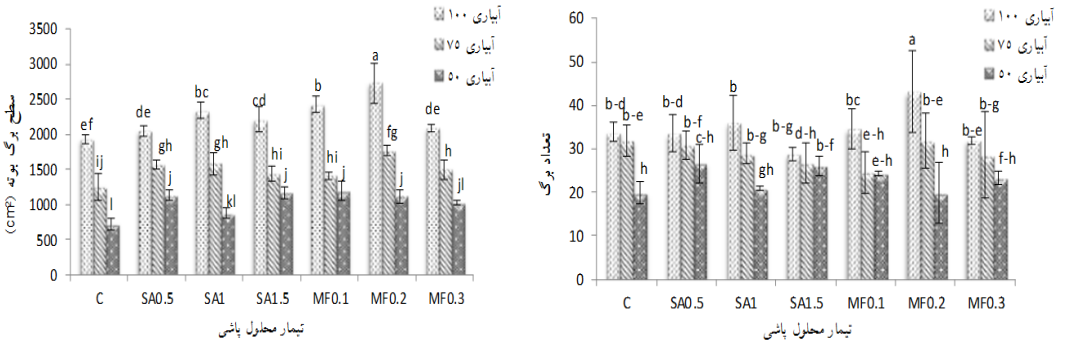
Archive of SID



(الف) (ب)

شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (SA mM) و مگافول (MF%) بر ارتفاع بوته (الف) و سطح سایه‌انداز (ب) گیاه لوبیا سبز تحت رژیم-های مختلف آبیاری

در این آزمایش با توجه به شکل ۲ استفاده از اسید سالیسیلیک و مگافول باعث افزایش سطح برگ گردید و این روند افزایشی در تمام سطوح اسید سالیسیلیک و مگافول وجود داشت و بیشترین افزایش در تعداد برگ (۴۳/۱۷) و سطح برگ (۲۷۲۹/۳ سانتی‌متر مربع) با استفاده از مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل شد همچنین محلول‌پاشی در تنش کم‌آبی تاحدودی موجب بهبود تعداد برگ و سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۲). با توجه به اینکه تنش خشکی سبب کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو می‌شود به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز سبب افزایش سطح برگ می-شود (مردانی و همکاران، ۱۳۹۰). مواد زیست محرک نیز به‌دلیل در دسترس گذاشتن مواد مغذی می‌تواند میزان ظرفیت نگهداری آب و سوخت و ساز را در گیاه افزایش دهد (خان و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین استفاده مداوم از مگافول موجب رشد متوازن گیاه و غلبه گیاه بر تنش می‌شود (کیسودیس و همکاران،۲۰۱٤).



(الف) (ب)

شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (SA mM) و مگافول (MF%) بر تعداد برگ (الف) و سطح برگ (ب) بوته لوبیا سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

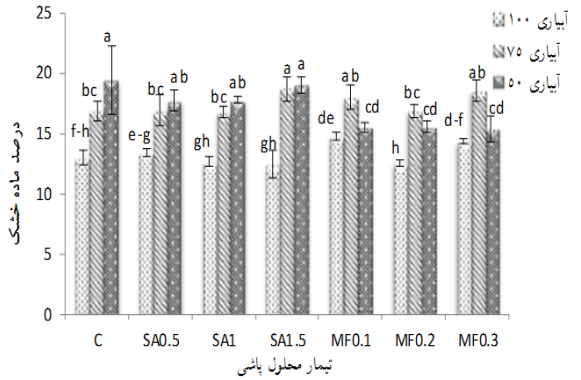
www.SID.ir

Archive of SID

درصد ماده خشک بوته

نتایج (جدول ۳) نشان داد، بر اثر تنش کم‌آبی درصد ماده خشک محصول افزایش یافت و بین دو سطح تنش کم‌آبی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اسچر و سامینگ (۱۹۹۱) بیان کردند هر چه آب در دسترس گیاه کمتر شود از میزان آب آزاد اندام‌های گیاه کاسته شده و آب به‌صورت غیر آزاد در گیاه باقی می‌ماند و به میزان درصد وزن خشک افزوده می‌شود و هر چه رطوبت نسبی افزایش یابد بر میزان آب بافت‌ها افزوده می‌شود. این امر می‌تواند ناشی از ایجاد مقاومت بیشتر با تغییر فشار اسمزی گیاه باشد. بدین صورت که با افزایش وزن خشک و کاهش مقدار آب در پاسخ به تنش خشکی و کمبود آب، فشار اسمزی اولیه افزایش یافته و تحمل گیاه به تنش خشکی و اثرات ناشی از آن بیشتر می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از مطالعه تأثیر تنش خشکی برروی وزن خشک برگ و دمبرگ در ارقام چغندرقند مطابقت دارد (بخشی خانیکی و همکاران، ۱۳۹۰). تیمارمحلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک داشت و کمترین مقدار آن در تیمار ۰/۲ درصد مگافول به‌دست آمد و بین دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤ و ٥).

با توجه به اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی (شکل ۳)، بیشترین درصد ماده خشک (۱۹/٤) در تیمار شاهد در شرایط آبیاری ۵۰ درصد حاصل شد که با سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط کم‌آبیاری ۵۰ درصد و سطوح مختلف مگافول تحت کم‌آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین آن (۱۱/۵ درصد) در گیاهان محلول‌پاشی شده با مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل شد که با سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و شاهد در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی-داری نشان نداد. نتایج این پژوهش نشان داد محلول‌پاشی مگافول بر روی لوبیا سبز، درصد ماده خشک را کاهش می‌دهد. سلوانوا و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند که مگافول حاوی سورفاکتانت است و به‌عنوان یک عامل چسبنده با ایجاد یک لایه روی سطح گیاه تا حدی میزان تعرق را کاهش می‌دهد.



شکل ۳ – تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (SA mM) و مگافول (MF%) بر درصد ماده خشک بوته لوبیا سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

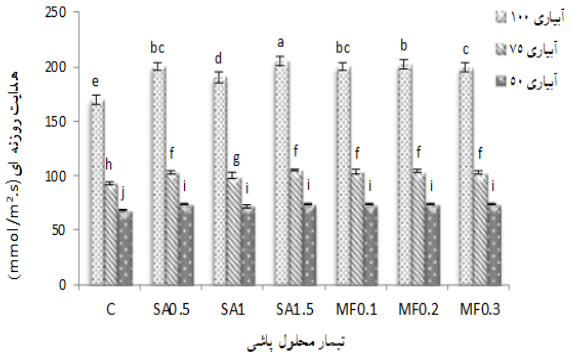
هدایت روزنه‌ای

تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر صفت هدایت روزنه‌ای داشتند (جدول ٦). اعمال تنش کم‌آبیاری باعث کاهش هدایت روزنه‌ای برگ گردید (جدول ۷). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول موجب افزایش هدایت روزنه‌ای شد و بیشترین هدایت روزنه‌ای به ترتیب در اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار (۱۲۸/۳ میلی‌مول بر سانتی‌متر مربع در ثانیه) و مگافول ۰/۲ درصد (۱۲٦/۷ میلی‌مول بر سانتی‌متر مربع در ثانیه) حاصل شد (جدول ۸). هر چند اسید سالیسیلیک (آلام و همکاران، ۲۰۱۳) و مگافول (سلوانوا و همکاران، ۲۰۱۵) به‌عنوان کاهش‌دهنده تعرق و افزایش دهنده سازگاری با شرایط خشکی شناخته شده است، اما گزارش‌هایی در مورد افزایش تعرق و اتلاف آب تحت تأثیر تنش خشکی وجود دارد (جاندا و همکاران، ۲۰۰۷). پاسخ به خشکی و سازگاری در گونه‌های مختلف براساس

www.SID.ir

Archive of SID

سازوکارهای مختلفی انجام می‌گیرد و در برخی گیاهان، جلوگیری از اتلاف آب مهم‌تر است و نقش اسید سالیسیلیک در جلوگیری از اتلاف آب به‌همین علت، مثبت است. اثرات متقابل آبیاری و محلول‌پاشی بر هدایت روزنه‌ای برگ تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ٦). بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار (۲۰۲/۳ میلی‌مول بر سانتی‌متر مربع در ثانیه) در آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار شاهد در شرایط کم آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی حاصل شد (شکل ٤) که باز هم تاکیدی در تفاوت بین گونه‌ای است و نشان-دهنده این است که اسید سالیسیلیک لزوماً موجب کاهش هدایت روزنه‌ای نمی‌شود. در تأکید نتایج بررسی حاضر، گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک در ذرت (خان و همکاران، ۲۰۰۳)، لوبیا (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹؛ خان و همکاران، ۲۰۰۳) و توتون (حبیبی و همکاران، ۱۳۹٤) باعث افزایش گشودگی روزنه شد. با توجه به تأثیر اسید سالیسیلیک باز هم می‌توان این آثار متضاد را با تعادل سایر تنظیم کننده‌ها و نیز تفاوت بین گونه‌ای در مقدار پایه سایر تنظیم کننده‌ها و مسیر علامت‌دهی مشاهده کرد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹٤).



شکل ٤ تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (SA mM) و مگافول (MF%) بر هدایت روزنه‌ای لوبیا سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

جدول ٦-تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و غلظت عناصر در لوبیا سبز

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد نشت یونی	کلروفیل کل	هدایت روزنه‌ای	عملکرد غلاف	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
تکرار	۲	۵/۱۹**	۰/۰۰۲*	۸۷/٦۱**	۲۰۰٦۰^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۱٦٤/۱۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
آبیاری	۲	۳۳۰/۹۵**	۰/٦۷**	۸٦۰٦۲/۸۵**	۵۸۸۲۷۰۳۳۷**	۰/۲۳**	٤۰۹۷/٤٤**	۰/۰۱**
خطای کرت اصلی	٤	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۱	۲۳/۷۵	۸۹۸۷۳	۰/۰۱	۲۷٤/۰۱	۰/۰۰۵
محلول‌پاشی	٦	۵/۰۸**	۰/۰۲**	۳۲۳/۸٦**	۵۵۹۹۵۳٤**	۰/۰٦**	٦۸۵/۲۱**	۰/۰۱**
محلول‌پاشی× آبیاری	۱۲	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۰۰٤^{ns}	۸۳/۸۵**	۲۹۰٤۸٦۵**	۰/۰۱**	۱۰٤۲/۲۰**	۰/۰۰۲*
خطای کرت فرعی	۳٦	۰/۵۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۸	۸۲٤۵۰	۰/۰۰۳	٦۵/۸۲	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۰/۹۲	٤/۹۰	۰/۰۷	۵/۷۳	۲/۸۳	۵/۱۷	٤/۲۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی، غلظت عناصر و عملکرد لوبیا سبز

آبیاری(نیاز آبی گیاه)	درصد نشت یونی	کلروفیل کل (mg/gFW)	هدایت روزنه ای ($mmol/m^2.s$)	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (%)	عملکرد غلاف (kg/ha)
۱۰۰٪	۷۵/۷^{c}	۰/۸^{a}	۱۹۵/۳^{a}	۲/۳۳^{a}	۱۶۹/۷^{a}	۰/۸۲^{a}	۱۱۱۰۹/٤^{a}
۷۵٪	۸۱/۷^{b}	۰/۵۵^{b}	۱۰۱/۸^{b}	۲/۱٦^{b}	۱۵۸/۹^{b}	۰/۷٦^{c}	۳۵۲۱/۷^{b}
۵۰٪	۸۳/۳^{a}	۰/٤۸^{b}	۷۲/۹^{c}	۲/۱٤^{b}	۱٤۲^{c}	۰/۷۸^{b}	٦۱۸/۲^{c}

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرهای سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول بر شاخص‌های فیزیولوژیکی، غلظت عناصر و عملکرد لوبیا سبز

در هر ستون

تیمار محلول‌پاشی		درصد نشت یونی	کلروفیل کل (mg/gFW)	هدایت روزنه ای ($s.\ mmol/m^2$)	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (%)	عملکرد غلاف (kg/ha)
شاهد		۸۰/۱^{b}	۰/۵٦^{e}	۱۱۰/۸^{f}	۲/۰٤^{d}	۱۵٤/۱^{bc}	۰/۷۷^{c}	٤٤۰۲^{e}
اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار)	۰/۵	۷۹^{c}	۰/٦۳^{c}	۱۲۵/۸^{c}	۲/۱۵^{c}	۱٦۰/٦^{b}	۰/۸۲^{ab}	۵۷۱٦^{b}
	۱	۸۰/۳^{b}	۰/٦۱^{cd}	۱۲۰/۸^{e}	۲/۲۱^{ab}	۱٤۷^{c}	۰/۷۹^{cb}	٤۸۸۱/۵^{d}
	۱/۵	۸۱/۵^{a}	۰/۵٦^{e}	۱۲۸/۳^{a}	۲/۲٤^{ab}	۱٦۱/۳^{b}	۰/۷^{d}	٤۰۵۳/٤^{f}
مگافول (%)	۰/۱	۸۰^{b}	۰/۵۸^{ed}	۱۲۵/۷^{c}	۲/۲۸^{ab}	۱۷۲/۲^{a}	۰/۷۸^{cb}	٤۹۲۳/۵^{d}
	۰/۲	۸۰/۳^{b}	۰/۷۱^{a}	۱۲٦/۷^{b}	۲/۲۵^{ab}	۱۵۵/۱^{bc}	۰/۸۱^{ab}	٦۱۹۳/۹^{a}
	۰/۳	۸۰/٦^{b}	۰/٦٦^{b}	۱۲۵/۳^{d}	۲/۲۹^{a}	۱٤۸^{c}	۰/۸۳^{a}	۵٤۱۱/٤^{c}

میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

کلروفیل کل

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٦) نشان داد که کلروفیل کل بین تیمارهای آبیاری و همچنین سطوح مختلف محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. اثر متقابل آبیاری با محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. با توجه به نتایج جدول ۷، تنش کم‌آبی موجب کاهش کلروفیل کل شد؛ در واقع، محتوای کلروفیل برگ به افزایش سطوح تنش کم‌آبی واکنش نشان می‌دهد به طوری که بیشترین میزان کلروفیل (۰/۸ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه) در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بدست آمد. قابل ذکر است که گزارش‌ها در مورد تأثیر تنش کم‌آبی بر میزان کلروفیل برگ متفاوت است. افزایش، کاهش و یا عدم تغییر میزان کلروفیل برگ تحت شرایط تنش کم‌آبی با توجه به نوع محصول، مرحله رشد، طول دوره تنش و شدت تنش کم‌آبی متفاوت است (آنتولین و همکاران، ۱۹۹۵). یکی از دلایل تجزیه کلروفیل طی تنش خشکی افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز است. کاهش محتوی کلروفیل تحت تنش خشکی به‌عنوان علامتی از تنش اکسیداتیو مطرح بوده که می‌تواند موجب اکسیداسیون نوری رنگدانه‌ها و تخریب کلروفیل گردد (انجم و همکاران، ۲۰۱۱).

در این تحقیق گیاهان محلول‌پاشی شده با مگافول ۰/۲ درصد دارای بیشترین محتوای کلروفیل کل (۰/۷۱ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه) در برگ بودند (جدول ۸). خان و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند، مواد زیست محرک، شامل فرمولاسیون متنوعی از ترکیبات هستند در نتیجه، به‌دلیل در دسترس بودن مواد مغذی می‌توانند میزان ظرفیت نگهداری آب، سوخت و ساز گیاه و تولید کلروفیل در گیاهان را افزایش دهند (خان و همکاران ،۲۰۰۹)؛ همچنین بلوندن و همکاران (۱۹۹٦) بیان داشتند مواد زیست محرک به‌دلیل داشتن بتائین در ترکیب خود، بجای افزایش سنتز کلروفیل میزان تخریب کلروفیل را کاهش می‌دهند. محلول‌پاشی مواد زیست محرک در گوجه فرنگی و حبوبات موجب افزایش کلروفیل شد. همچنین کاستا و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که محلول‌پاشی

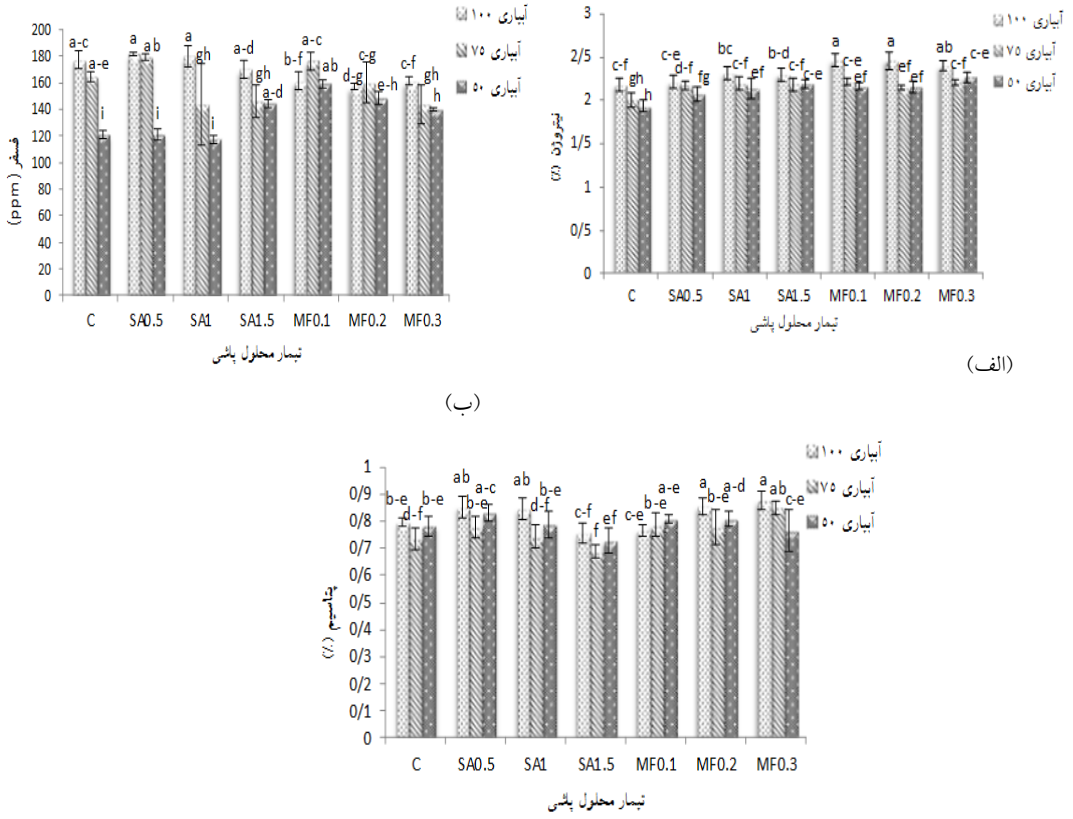
www.SID.ir

Archive of SID

اسید سالیسیلیک موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، حفاظت بیشتر از غشای سلولی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند. در این تحقیق، با توجه به جدول ۷ تفاوت معنی‌داری در اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی دیده نشد.

میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در غلاف

تیمارهای مختلف آبیاری و محلول‌پاشی و همچنین اثر متقابل این تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر غلظت عناصر غلاف داشتند (جدول ٦). غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ گیاه لوبیا سبز تحت تنش کم‌آبی کاهش یافت (جدول ۷). کاهش جذب نیتروژن و پتاسیم در اثر تنش کم‌آبی را می‌توان نتیجه کاهش قدرت جذب ریشه و کاهش فسفر را می‌توان به تثبیت در خاک و ضریب پخشیدگی پایین آن نسبت داد (پیوست، ١٣٨٤). در مجموع کاهش جذب مواد غذایی توسط ریشه‌ها و انتقال از ریشه به شاخه نتیجه محدود شدن میزان تنفس و آسیب دیدن انتقال فعال و نفوذ پذیری غشاء و در نهایت کاهش قدرت جذب ریشه گیاه نسبت داد (پیوست، ١٣٨٤). با توجه به نتایج یانکای و اسمیدهالتر (۲۰۰۵) تنش خشکی و شوری از طریق تأثیر بر قابلیت دسترسی، انتقال و توزیع عناصر معدنی در گیاهان، کارایی جذب عناصر معدنی را دچار اختلال می‌کنند.



(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (SA mM) و مگافول (MF%) بر میزان عنصر نیتروژن (الف)، فسفر (ب) و پتاسیم (ج) در غلاف لوبیا سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و مگافول باعث افزایش در غلظت عناصر NPK غلاف‌های لوبیا سبز شد (جدول ۸). مطابق شکل ۵، بیشترین میزان نیتروژن با محلول‌پاشی سطوح مختلف مگافول در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین غلظت نیتروژن در

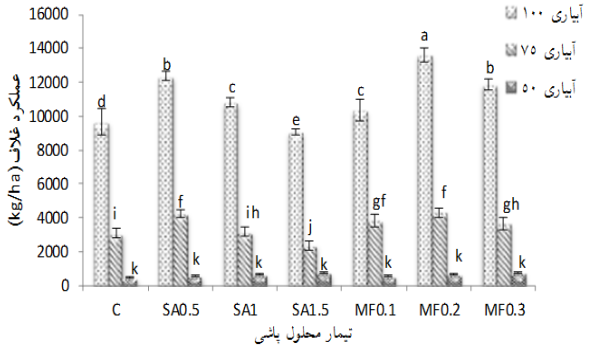
www.SID.ir

Archive of SID

گیاهان شاهد تحت تنش کم‌آبیاری حاصل شد. بیشترین میزان فسفر در گیاهان شاهد و گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و گیاهان تیمار شده با مگافول ۰/۱ درصد تحت تنش آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد و کمترین مقدار آن در سطوح ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و تیمار شاهد تحت تنش کم‌آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد (شکل ۵-ب). بیشترین میزان پتاسیم در آبیاری ۱۰۰ درصد با محلول‌پاشی ۰/۵ و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و مگافول ۰/۲ و ۰/۳ درصد حاصل شد که با سطح مگافول ۰/۳ درصد در شرایط آبیاری ۷۵ درصد و مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی، تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵-ج). گونز و همکاران (۲۰۰۷) اثر افزایش‌دهندگی اسید سالیسیلیک در عناصر پتاسیم، نیتروژن، منیزیم، آهن، منگنز و مس را در گیاه ذرت در تنش‌های مختلف گزارش دادند. علی و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار سبب افزایش محتوای NPK میوه گوجه‌فرنگی می‌شود. استفاده از مواد زیست محرک همراه با روش-های مدیریت محصول می‌تواند به بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاهان کمک کند. همچنین گیاهان تحت تیمار با غلظت پایین مواد زیست محرک، رشد، عملکرد و محتویات معدنی بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد (شارما و همکاران، ۲۰۱٤).

عملکرد غلاف

طبق نتایج جدول ۷، تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد غلاف لوبیا سبز می‌شود، به طوری که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، متوسط عملکرد غلاف در هکتار کاهش یافت. شائو و همکاران (۲۰۰۸) بیان داشتند که در طول دوره تنش سطح کل برگ برای هر گیاه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و کاهش سطح برگ در اثر تنش کم‌آبی، دلیل اصلی کاهش عملکرد است. با توجه به نتایج این تحقیق، کاهش سطح برگ، میزان عناصر NPK و کلروفیل کل تحت تنش کم‌آبی، منجر به کاهش عملکرد غلاف گردید و همچنین محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول بر میزان عملکرد گیاه لوبیا سبز معنی‌دار بود، به طوری که بیشترین میزان عملکرد به‌ترتیب مربوط به محلول‌پاشی مگافول ۰/۲ درصد (٦۱۹۳/۹ گیلوگرم در هکتار) و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار (۵۷۱٦ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ٦ و ۸). اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان عملکرد غلاف نشان داد که بیشترین میزان عملکرد غلاف در هکتار (۱۳٦۲۵/۳ کیلوگرم) مربوط به تیمار مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد بود و کمترین عملکرد در گیاهان شاهد و همه سطوح اسید سالیسیلیک و مگافول تحت شرایط کم‌آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد. طبق مطالعات انجام شده، مگافول موجب افزایش رشد رویشی و عملکرد گیاه گوجه فرنگی (پتروزا و همکاران، ۲۰۱٤) و افزایش عملکرد خیار (سلوانوا و همکاران، ۲۰۱۵) شد. مگافول به‌دلیل داشتن آمینواسید و بتائین موجب افزایش سرعت فتوسنتز و در پی آن افزایش رشد و عملکرد می‌شود (سلیوانوا و همکاران، ۲۰۱۵). اسید سالیسیلیک نیز از طریق افزایش سطح برگ و افزایش جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی زمینه تعدیل اثرات تنش، بهبود رشد و تولید عملکرد مطلوب می‌شود (باباجانی و همکاران، ۱۳۹۰). اما مطالعات نشان داد که استفاده از غلظت بالای اسید سالیسیلیک نه تنها بهبود دهنده اثرات تنش نیست بلکه خود به عنوان تشدیدکننده تنش عمل نموده و رشد را کاهش می‌دهد (دانشمند و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ٦- تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (SA mM)و مگافول (MF%) بر عملکرد غلاف لوبیا سبز تحت رژیم‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در این پژوهش واکنش‌های رشدی، فیزیولوژیکی و عملکرد غلاف گیاه لوبیا سبز به محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مواد زیست محرک در شرایط کم‌آبی پرداخته شد. طبق نتایج، کاهش آبیاری و میزان آب در دسترس گیاه لوبیا سبز، باعث کاهش تعداد برگ، سطح برگ، محتوای کلروفیل، غلظت عناصر و هدایت روزنه‌ای می‌شود که در نتیجه آن رشد گیاه و عملکرد غلاف کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک و مواد زیست محرک، رشد و عملکرد را در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری تا حدودی بهبود بخشید اما با توجه به اینکه گیاه لوبیا سبز نسبت به کم‌آبی بسیار حساس است از نظر اقتصادی موثر واقع نشد. ولی محلول‌پاشی مگافول ۰/۲ درصد و اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ تا ۱ میلی‌مولار بیشترین تاثیر را بر رشد و عملکرد غلاف در آبیاری معمولی و شرایط تنش کم آبی داشتند.

منابع

ایلکایی، م. ن. و ی. امام. ۱۳۸۲. تاثیر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزای زمستانه *Brassica napus* L.. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳٤، شماره ۳: ۵۱۵-۵۰۹.

باباجانی، م.، م. جبریایی و ن. ساجدی. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر تنش خشکی و تنظیم کننده‌های رشد برعملکرد گندم شهریار. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

بخشی خانیکی، غ.، ص. جوادی.، پ. مهدی خانی و د. طهماسبی. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر تنش خشکی روی برخی خصوصیات کمی و کیفی ارقام جدید اصلاح شده چغندر قند. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی _ مولکولی. جلد ۱، شماره ۳: ۷٤- ٦۵.

پیوست، غ. ۱۳۸٤. سبزیکاری. انتشارات دانش‌پذیر. رشت. ٤۸۰ صفحه.

پیوسته انوشه، ه و ی. امام. ۱۳۹۱. دست‌ورزی صفات مورفوفیزیولوژیک گندم نان و گندم ماکارانی با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط متفاوت آبیاری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. جلد ۲، شماره ۵: ۱۷- ۱.

حبیبی، ق.، ز. صادق پور و ر. حاجی‌بلند. ۱۳۹٤. تأثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر گیاه توتون (*Nicotiana rustica*) تحت تنش خشکی. زیست-شناسی گیاهی ایران. سال ۷، شماره ۲۵: ۲۸- ۱۷.

دانشمند، ف.، م. ج. آروین و ب. کرامت. ۱۳۹۳. تغییرات ایجاد شده توسط سالیسیلیک اسید گیاهان گلرنگ *Carthamus tinctorius* L. تحت تنش شوری. مجله پژوهشهای گیاهی. جلد ۲۷، شماره ۲: ۲۱۵-۲۰٤.

سپهری، ع.، ر. عباسی و ا. کرمی. ۱۳۹٤. اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) به زراعی کشاورزی. جلد ۱۷، شماره ۲: **۵۱٦-۵۰۳**.

شکاری، ف.، ب. اسماعیل‌پور و ف. شکاری. ۱۳۸۸. فیزیولوژی سبزی (ترجمه). انتشارات دانشگاه زنجان. جلد ۲، ۳۲۸ صفحه.

شکاری، ف.، آ. پاکمهر.، م. راستگو.، م. وظایفی و م. ج. قریشی نسب. ۱۳۸۹. اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر پاره‌ای صفات فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم‌آبی در زمان غلاف‌بندی. مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. سال ٤، شماره ۱۳: ۲۹- ۱۳.

صادقی‌پور، ا. و ن. بنکدارهاشمی. ۱۳۹٤. بررسی اثر کاربرد براسینولید در تحمل به خشکی لوبیا چشم **بلبلی** (*Vigna unguiculata* L. Walp.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز- سال ۷، شماره ۲٦: ۷۰- ۵۷.

مردانی، ح.، ح. بیات و م. عزیزی. ۱۳۹۰. تاثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانهال های تحت شرایط تنش خشکی (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) خیار. نشریه علوم باغبانی. جلد ۲۵، شماره ۳: ۳۲٦- ۳۲۰.

وزیری، ژ.، ع. سلامت، م. انصاری، م. مسجی، ن. حیدری و ح. دهقانی‌سانیج. ۱۳۸۷. تبخیر-تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان) (ترجمه). انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، چاپ اول، تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

Abdul Jaleel, C., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. Int. J. Agric. Biol. 11: 100-105.

Alam, M. M., M. Hasanuzzaman, K. Nahar and M. Fujita. 2013. Exogenous salicylic acid ameliorates short-term drought stress in mustard (*Brassica juncea* L.) seedlings by up-regulating the antioxidant defense and glyoxalase system. Aust. J. Crop. Sci. 7(7): 1053-1063.

Ali, A. A., T. B. Ali and K. A. M. Nour. 2009. Antioxidants and some natural compounds applications in relation to tomato growth, yield and chemical constituents. Ann. Agric. Sci. 47 (4): 469-477.

Anjum, S. A., X. Xie, L. Wang, M. F. Saleem, C. Man and W. Lei. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6(9): 2026-2032.

Antolin, M., C. Yoller and M. Sanchez- Diaz. 1995. Effects of temporary drought on nitrate- fed and nitrogen- fixing alfalfa plants. Plant Sci. 107: 159-165.

Anyia, A. O. and H. Herzog. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. Eur. J. of Agron. 20(4): 327-339.

Amani, A. L. 2008. Cadmium induced changes in pigment content, ion uptake, proline content and phosphoenolpyruvate carboxylase activity in *Triticum aestivum* seedlings. Aust. J. Basic. Appl. Sci. 2: 57-62.

Arfan, M., H. R. Athar and M. Ashraf. 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. J. Plant Physiol. 164: 685-694.

Arnon, D. T. 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.

Ascher, R. G and J. R. Cumming. 1991. Stress responses in plants: Adaptation and acclimation mechanisms. Q. Rev. Biol. 66: 343-344.

Blunden, G., T. Jenkins and Y. W. Liu. 1996. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. J. Appl. Phycol. 8: 535–543.

Calvo, P., L. Nelson and J. W. Kloepper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil. 383: 3-41.

Costa, M., P. M. Civell, A. R. Chaves and G. A. Martinez. 2005. Effects of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase- linked chlorophyll bleaching during post- harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20ºC. Post. Biol. Tec. 35: 191-199.

Delany, T. P., S. Uknes, B. Vernooij, L. Friedrich, K. Weymann, D. Negrotto, T. Gaffney, M. Gut-Rella, H. Kessmann, E. Ward and J. Ryals. 1994. A central role of salicylic acid in plant disease resistance. Science. 266: 1247-1255.

Eraslan, F., A. Inal, D. J. Pilbeam and A. Gunes. 2008. Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. cv. Matador) grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regul. 55(3): 207-219.

Gheorghe, M., M. Gidea, I. Rosca and K. Dimasis. 2014. Research regarding the treatments with bio-stimulator at maize crop. J. Agron. 57: 192-196.

Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, E. G. Bagci and N. Cicek. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. J. Plant Physiol. 164(6): 728-736.

Janda, T., E. Horváth, G. Szalai and E. Paldi. 2007. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. In Salicylic acid: A plant hormone. Springer Netherlands. 91-150.

Kafi, M and M. Rostami. 2008. Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. Iran. Agron. Res. 5(1): 121-131.

Khan, W., B. Prithviraj and D. L. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol. 160: 485-492.

www.SID.ir

Archive of SID

Khan, W., U. P. Rayorath, S. Subramanian, M. N. Jithesh, P. Rayorath, D. M. Hodges, A. T. Critchley, J. S. Craigie, J. Norrie and B. Prithiviraj. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Regul. 28: 386–399.

Kissoudis, C., C. Van De Wiel, R. G. F. Visser and G. Van Der Linden. 2014. Enhancing crop resilience to combined abiotic and biotic stress through the dissection of physiological and molecular crosstalk. Front. Plant Sci. 5: 1-20.

Korkmaz, A., M. Uzunlu and A. R. Demirkiran. 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. J. Plant Physiol. 29: 503-508.

Mujdeci, M., H. Senol, T. Cakmakci and P. Celikok. 2011. The effects of different soil water matric suctions on stomatal resistance. J. Food. Agric. Environ. 9: 1027-1029.

Olsen, S. R., F. S. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA, Circ. Springer-Verlag. 939.

Omidi. H., F. Movahadi and S. H. Movahadi. 2012. The effect of salicylic acid and scarification on germination characteristics and proline, protein and soluble carbohydrate content of Prosopis (*Prosopis farcta* L.) seedling under salt stress. Rang. Des. Res. 18: 608-623.

Petrozza, A., A. Santaniello, S. Summerer, G. Di Tommaso, D. Di Tommaso, E. Paparelli and…. 2014. Physiological responses to Megafol$^{(R)}$ treatments in tomato plants under drought stress: a phenomic and molecular approach. Sci. Hort. 174:185-192.

Selivanova, M. V., O. Y. Lobankova, E. S. Romanenko, N. A. Esaulko and E. A. Sosyura. 2015. Effect of growth factors on the metabolism of cucumber crops grown in a greenhouse. Biosci. Biotechnol. Res. Asia. 12(2): 1397-1404.

Shao, H. B., L. Y. Chu, C. A. Jaleel and C. X. Zhao. 2008. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. C R Biol. 331: 215-225.

Sharma, H. S. S., C. Fleming, C. Selby, J. R. Rao and T. Martin. 2014. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. J. Appl. Phycol. 26: 465–490.

Shekari, F., A. Pakmehr, M. Rastgoo, J. Saba, M. Vazayefi and E. Zangani. 2010. Salicylic acid priming effects on some morphological traits of cowpea cultivar (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at podding stage. Modern Tech. Agr. 4(1): 5-26.

Siddique, M. R. B., A. Hamid and M. S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Bot. Bull. Acad. Sin. 41: 35-39.

Špoljarević, M., I. Štolfa, M. Lisjak, A. Stanisavljević, T. Vinković, D. Agić and K. Klešić. 2010. Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) leaf antioxidative response to biostimulators and reduced fertilization with N and K. J. Agr. 16(1): 50-56.

Yuncai, H and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 541-549.

www.SID.ir

Archive of SID

Growth and physiological reactions of common bean cv. Sanry in response to salicylic acid and biostimulants under different irrigation regimes

S.Z. Hoseini[1], T. Barzegar[2], J. Nikbakht[3], Z. Ghahremani[4]

Received: 2016-7-14 Accepted: 2017-5-13

Abstract

In order to study the effect of foliar application of salicylic acid (SA) and biostimulants on growth, physiological characters, nitrogen, phosphorus and potassium concentration and pod yield of common bean cv. Sanry under different irrigation regimes, the experiment was conducted split plot in a randomized complete block design with three replicates in research filed of university of Zanjan during 2015. Three different irrigation (I) regimes (100, 75 and 50% ETc) and foliar application of salicylic acid (0.5, 1 and 1.5 mM), Megafol (0.1, 0.2 and 0.3% MF) and to distilled water as control were conducted. The results showed that water deficit stress significantly reduced growth and pod yield. Foliar application of SA and MF enhanced growth and fruit yield. The irrigation × foliar treatments interactions results suggested that maximum leaf number (43.1), leaf area (2729.3 cm^{-2}) and pod yield (6193.9 $kg.ha^{-1}$) was obtained using MF 0.2% under I_{100} %ETc. Plants sprayed with SA 1.5mM and MF 0.2% exhibited higher stomatal conductance (205.27 $mM.m^{-2}s^{-1}$) under I_{100} %ETc. The highest N (2.47%), P (181.6 ppm) and K (0.88%) concentration was found in plants sprayed with MF 0.2%, SA 1mM and MF 0.3%, respectively under I_{100} %ETc. According to the results, MF 0.2% and SA 0.5 mM had the highest effects on growth and pod yield under water deficit stress.

Key words: Stomatal conductance, plant dry weight, NPK elements, pod yield

1- Graduate student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
2- Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of water engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran
4- Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

www.SID.ir