



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۴

صفحه‌های ۵۱۶-۵۰۳

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

علی سپهری^{۱*}، رویا عباسی^۲ و افشین کرمی^۲

۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۲۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۲۲

چکیده

به منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا (همدان)، در سال زراعی ۱۳۸۸ انجام گرفت. در کرت اصلی، سطوح تنش خشکی (تنش در مرحله رویشی، تنش در مرحله زایشی و بدون تنش) و ژنوتیپ (رقم 'اختر'، لاین 'D81083' و لاین 'KS31169') به صورت فاکتوریل قرار گرفت و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. تیمارهای مورد بررسی اثر معناداری بر تعداد، ارتفاع، ساقه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صدادانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت لوبیا قرمز داشت. اعمال تنش رویشی و زایشی سبب کاهش معنادار عملکرد دانه شد. مصرف اسید سالیسیلیک موجب بهبود رشد و عملکرد لوبیا شد، به طوری که در لاین 'D81083' محلول‌پاشی سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۷/۲ درصد در تنش رویشی و ۱۶/۸ درصد در تنش زایشی شد. چنین روندی در عملکرد بیولوژیکی هم مشاهده شد. به طور کلی، در بین سه واریته لاین 'D81083' و رقم 'اختر' عملکرد دانه و شاخص برداشت بیشتری نسبت به لاین 'KS31169' در تیمارهای مختلف تنش خشکی داشتند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک افزون‌بر بهبود رشد و عملکرد در شرایط بدون تنش، به منظور تعدیل تنش خشکی به خصوص در مراحل رویشی رشد گیاه توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، لوبیا قرمز، واریته.

۱. مقدمه

گیرنده‌های فتوستتزی به‌خصوص در شرایط تنش به‌همراه افزایش محتوای قند در گیاهان تیمارشده با اسید سالیسیلیک، ممکن است توجیهی برای بهبود رشد گیاهان مذکور باشد [۱۶]. اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر فتوستتزی و رشد گیاه، تحت شرایط تنش و کاهش آسیب ناشی از شوری و خشکی و تسریع در رشد مجدد پس از رفع تنش نیز در گیاهان گندم تیمارشده مشاهده شد [۲۶، ۲۴]. افزایش تحمل به تنش خشکی توسط تیمار با اسید سالیسیلیک در لوبیا و گوجه‌فرنگی مشاهده شده است [۲۷]. عمل حفاظتی اسید سالیسیلیک در برابر تنش خشکی با افزایش پاسخ‌های ضداکسیدانی، کاهش تعرق و افزایش فتوستتزی همراه بوده و به افزایش کارایی مصرف آب منجر شده است [۳۰، ۲۷]. پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک نمی‌تواند به‌طور کامل از آسیب ناشی از تنش جلوگیری کند، اما تا حدی سبب کاهش آسیب‌های وارد به گیاهان می‌شود [۲۶].

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک سه ژنوتیپ لوبیا قرمز تحت تنش خشکی است.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات با سه تکرار، در مزرعه پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا (همدان)، در سال زراعی ۱۳۸۸ انجام گرفت. ارتفاع از سطح دریا ۱۷۴۱/۵ متر، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. حداکثر مطلق درجه حرارت هوا در این استان ۳۶/۸ و حداقل مطلق آن ۲۹/۶- و متوسط آن ۹/۶ درجه سانتی‌گراد است.

مسئله کمبود مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه از اهمیت خاصی برخوردار است. در اکثر کشورهایی که با کمبود مواد غذایی روبه‌رو هستند، کمیت و کیفیت پروتئین مسئله اساسی تغذیه است [۷]. در بین مشکلات مختلف فیزیولوژیکی محدودکننده تولید لوبیا در کشورهای در حال توسعه، تنش خشکی اهمیت ویژه‌ای دارد. حدود ۶۰ درصد مناطق تولید لوبیا در معرض تنش خشکی قرار دارند [۳۱]. به‌طور معمول تنش خشکی در مزرعه به‌خصوص در مناطق تولید لوبیا، همراه با دما و نور زیاد که تشدیدکننده کمبود آب هستند، اتفاق می‌افتد و موجب بسته شدن زودتر روزنه‌ها و کاهش توانایی برای جذب در گیاه می‌شود. تنش خشکی رشدونمو سلول‌های گیاه را کاهش می‌دهد و سبب کاهش بیوماس گیاهی می‌شود [۱۰]. همچنین تغییرات متابولیکی گیاه، کاهش و مهار فعالیت آنزیم‌ها، عدم تعادل یونی و اختلال در تجمع یونی از دیگر آثار نامطلوب تنش خشکی است [۲۰، ۱۵]. به‌گزارش پژوهشگران، تنش رطوبتی تأثیرات بسیار نامطلوبی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا می‌گذارد [۲۵، ۵]. از سوی دیگر، ترکیبات زیادی برای به حداقل رساندن آثار سوء تنش کمبود آب در گیاهان زراعی استفاده شده است.

مواد ضدتعرق موادی‌اند که در کاهش آثار سوء تنش خشکی نقش بسزایی دارند. یکی از این ترکیبات اسید سالیسیلیک است. اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات مشابه، به گروهی از ترکیبات فنولی تعلق دارند که مواد شبه‌هورمونی محسوب می‌شوند و عامل مهمی در تنظیم رشد گیاهی‌اند [۱۲]. اسید سالیسیلیک از جمله مواد تنظیم‌کننده رشد است که در گیاه تولید می‌شود. افزایش محتوای کلروفیل به‌دنبال کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در بسیاری از گیاهان از جمله ذرت، کلزا، گندم و جو گزارش شد [۱۸، ۱۶]. افزایش در

به‌زراعی کشاورزی

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته	روی (ppm)	نیتروژن کل (%)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۰/۷۲	۰/۴۰۹	۷/۷	۰/۸۸	۰/۱۰	۲۲۰/۰	۸/۲	لوم - رسی	۲۰	۴۵	۳۵

آبیاری در مرحله رویشی (V₄) یا مرحله ظهور سومین سه برگچه) و یک بار قطع آبیاری در مرحله زایشی (R₇) یا مرحله آغاز غلاف‌دهی) صورت گرفت. همزمان با آغاز تنش، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک هم با غلظت‌های مورد نظر انجام گرفت. محلول‌پاشی با سم‌پاش دستی در صبح زود به نحوی بود که سطح کلیه برگ‌ها خیس شد. در زمان رسیدگی از دو خط کشت مرکزی هر کرت فرعی دو متر مربع با توجه به رعایت اثر حاشیه، برداشت و کلیه صفات گیاهی شامل ارتفاع، تعداد ساقه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صدانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت محاسبه شد. تجزیه واریانس صفات، براساس طرح فاکتوریل اسپلیت پلات انجام شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تیمارها با روش Lsmmeans و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. عملکرد دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرهای اصلی، دوگانه و سه‌گانه برای عملکرد دانه معنادار شد. با اعمال تنش در مراحل رویشی و زایشی کاهش معنادار عملکرد دانه مشاهده شد. در رقم 'اختر' اعمال تنش رویشی و زایشی سبب کاهش معنادار عملکرد دانه شد که محلول‌پاشی ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک افزون بر

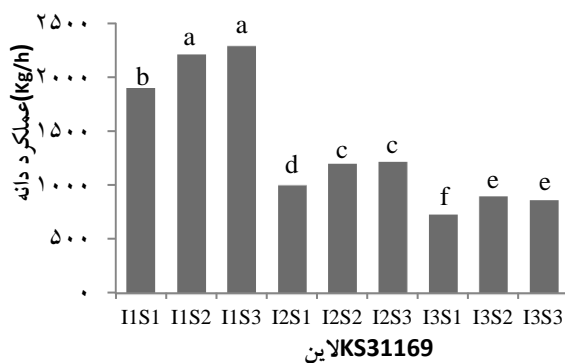
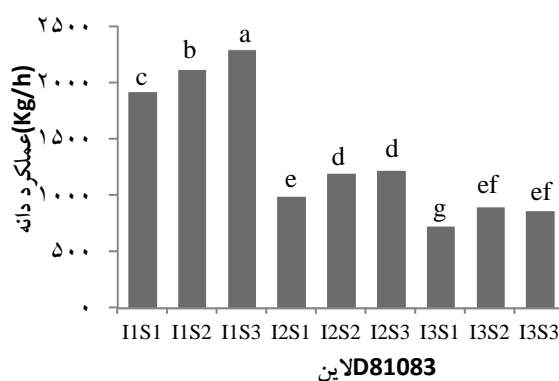
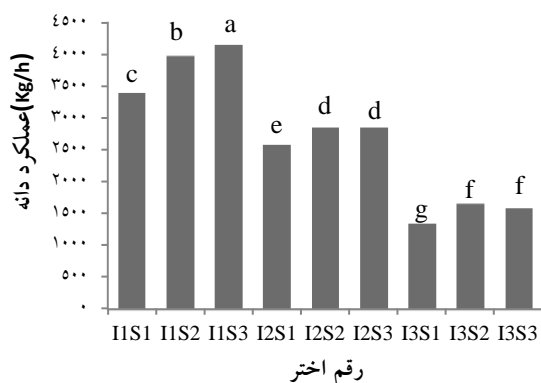
مقدار سالانه بارندگی حدود ۳۲۰ میلی‌متر است. آزمایش به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات، در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تنش در سه سطح بدون تنش (شاهد)، تنش در مرحله رویشی و تنش در مرحله زایشی و سه ژنوتیپ لوبیا قرمز شامل ژنوتیپ 'اختر'، لاین‌های امیدبخش 'D81083' و 'KS31169' به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در سه غلظت صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار همزمان با اعمال تنش، به عنوان کرت‌های فرعی انجام گرفت [۱۶]. بذرها از ایستگاه ملی تحقیقات لوبیا واقع در شهرستان خمین تهیه شدند. ارقام از لحاظ مقاومت به خشکی تفاوت داشتند، ولی از لحاظ دوره رشدی مشابه بودند، به طوری که لاین 'D81083' مقاوم به خشکی، ژنوتیپ 'اختر' نیمه‌مقاوم و لاین 'KS31169' حساس به خشکی بودند. به منظور آماده‌سازی زمین در فصل بهار عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، ایجاد جوی و پشته و کرت‌بندی انجام گرفت. کرت‌های اصلی به مساحت ۳۲ متر مربع و با فاصله دو متر از کرت‌های مجاور ایجاد شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر و عمق کاشت بذرها حدود ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بود [۲].

بعد از کاشت و در طول فصل رشد، علف‌های هرز مزرعه چندین بار با دست وجین شد. آبیاری هر هفت روز یک بار انجام گرفت. اعمال تنش به صورت یک بار قطع

علی سپهری و همکاران

کاهش آن می‌شود [۵]. دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز سبب کاهش عملکرد دانه لوییا قرمز به ترتیب ۳۱ و ۹۲ درصد نسبت به تیمار بدون تنش (آبیاری هفت‌روزه) شد [۲]. به‌طور کلی، کاهش عملکرد ممکن است به دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صدانه باشد [۳]. محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی شد [۱۰]. عمل حفاظتی اسید سالیسیلیک در برابر تنش خشکی با افزایش پاسخ‌های ضد اکسیدانی، کاهش در تعرق و افزایش در فتوسنتز همراه بوده و به افزایش کارایی مصرف آب منجر شده است [۲۷، ۳۰].

تیمار عدم تنش، در تنش رویشی و زایشی افزایش عملکرد دانه را نسبت به تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در پی داشت (شکل ۱). با وجود این، در شرایط تنش غلظت‌های مصرفی از نظر آماری اختلاف معناداری نداشتند. در لاین‌های دیگر نیز تنش خشکی موجب کاهش معنادار عملکرد دانه شد (شکل ۱). در لاین 'D81083' محلول‌پاشی سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۷/۲ درصد در تنش رویشی و ۱۶/۸ درصد در تنش زایشی شد. در لاین 'KS31169' نیز محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش رویشی و زایشی به ترتیب سبب افزایش ۱۷ و ۱۳ درصدی عملکرد دانه شد (شکل ۱). تنش رطوبتی عملکرد دانه را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب



شکل ۱. برهمکنش تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول‌پاشی بر حسب ژنوتیپ برای عملکرد دانه در رقم 'اختر'، لاین‌های 'D81083' و 'KS31169'. تیمارها شامل: بدون تنش (I₁)، تنش در مرحله رویشی (I₂)، تنش در مرحله زایشی (I₃)، رقم 'اختر' (V₁)، لاین 'D81083' (V₂)، لاین 'KS31169' (V₃)، بدون محلول‌پاشی (S₁)، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (S₂) و محلول‌پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار (S₃)

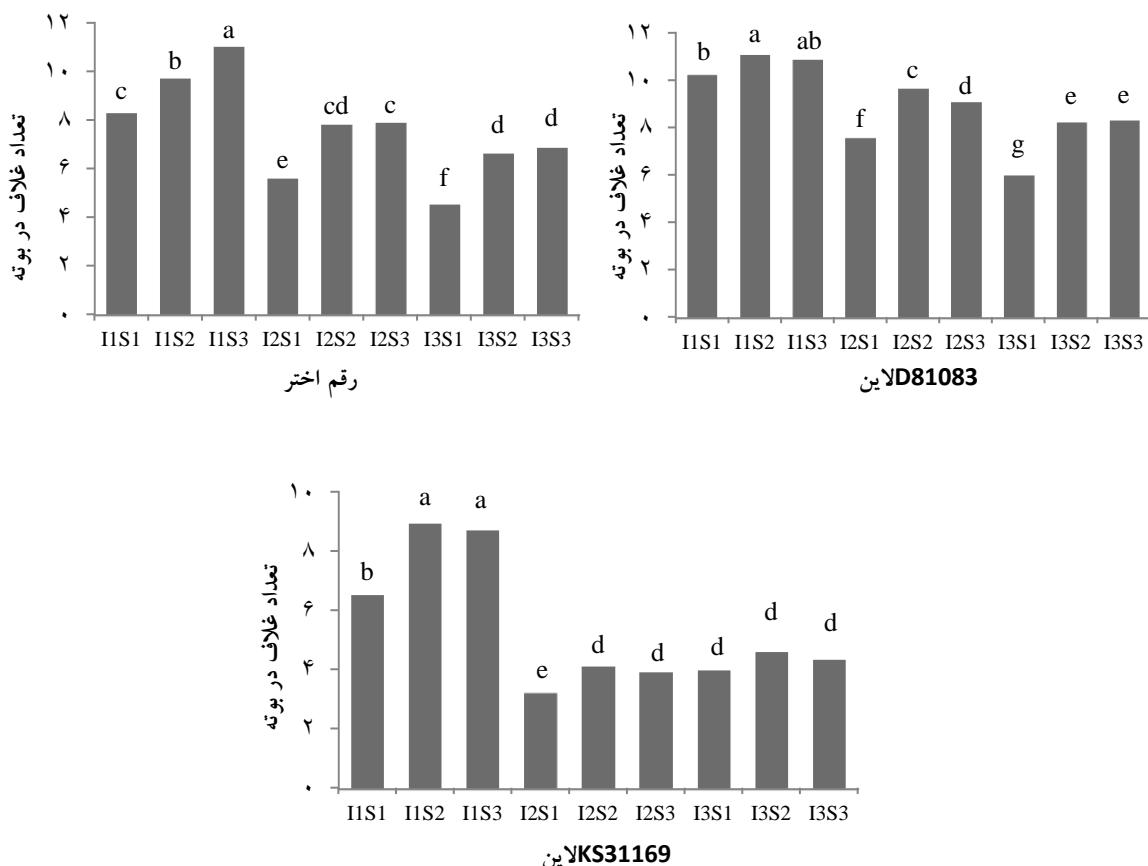
به‌زراعی کشاورزی

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

۲.۳. تعداد غلاف در بوته

تمامی اثرهای اصلی تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول‌پاشی و اثرهای دوگانه و سه‌گانه تیمارهای مذکور برای صفت تعداد غلاف در بوته معنادار شد. براساس نتایج، برش‌دهی تعداد غلاف در بوته برحسب ژنوتیپ در رقم 'اختر' مشاهده می‌شود که محلول‌پاشی با دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش سبب افزایش ۱۶/۸ و ۲۹/۵ درصدی تعداد غلاف در بوته شد (شکل ۲).

اسید سالیسیلیک سبب افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های کربنیک آنیدراز (CA) و نیترات ردوکتاز (NR) می‌شود [۱۷]. آنزیم کربنیک آنیدراز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌ها پس از رویسکو است که واکنش تبدیل یون بی‌کربنات به دی‌اکسید کربن و آب را کاتالیز می‌کند و مقادیر کافی دی‌اکسید کربن در دسترس رویسکو قرار می‌دهد که متعاقب آن موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود [۱۷]. همچنین اسید سالیسیلیک موجب بهبود انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مقصدهای فیزیولوژیک (دانه) می‌شود [۹، ۱۷].



شکل ۲. برهمکنش تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول‌پاشی برحسب ژنوتیپ برای تعداد غلاف در بوته در رقم 'اختر'، لاین‌های 'D81083' و 'KS31169'. تیمارها شامل: بدون تنش (I₁)، تنش در مرحله رویشی (I₂)، تنش در مرحله زایشی (I₃)، رقم 'اختر' (V₁)، لاین 'D81083' (V₂)، لاین 'KS31169' (V₃)، بدون محلول‌پاشی (S₁)، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (S₂) و محلول‌پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار (S₃)

به‌زراعی کشاورزی

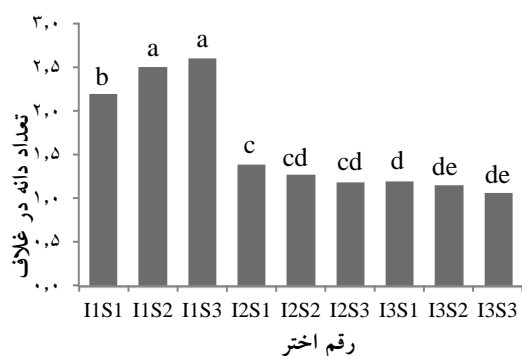
دوره ۱۷ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۴

۵۰۷

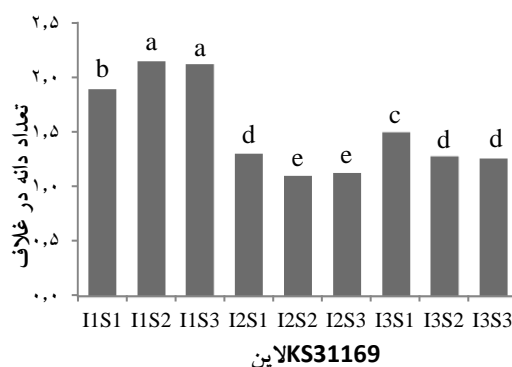
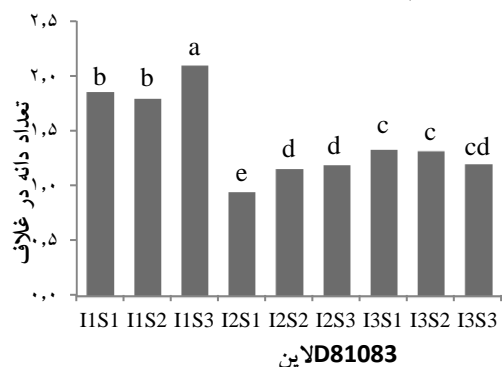
دانسته و بیشترین همبستگی این صفت با عملکرد دانه گزارش شد [۱۴]. محلول پاشی لوبیا با اسید سالیسیلیک موجب افزایش ۴۸/۸ درصدی تعداد غلاف در بوته شد [۱۳]. در بین سه ژنوتیپ، کمترین کاهش تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش‌زا را لاین 'D81083' و بیشترین کاهش را لاین 'KS31169' نشان داد.

۳.۳. تعداد دانه در غلاف

اثرهای اصلی تنش خشکی و برهمکنش تنش × ژنوتیپ و تنش × محلول پاشی در سطح ۱ درصد و اثر متقابل تنش × ژنوتیپ × محلول پاشی برای تعداد دانه در غلاف در سطح ۵ درصد معنادار بود. در رقم 'آختر' تنش رویشی و زایشی تعداد دانه در غلاف را به‌طور معناداری کاهش داد (شکل ۳).



تنش رویشی و زایشی به‌ترتیب ۵/۶ و ۵/۵۳ تعداد غلاف در بوته را کاهش داد. در رقم 'آختر' محلول پاشی در شرایط تنش رویشی و زایشی با هر دو غلظت اسید سالیسیلیک سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد. در لاین 'D81083' نیز تنش رویشی و زایشی تعداد غلاف در بوته را به‌ترتیب ۲۶ و ۳۰/۵ درصد کاهش داد؛ با این‌حال غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در هر دو تنش رویشی و زایشی موجب افزایش معنادار صفت تعداد غلاف در بوته این لاین شد (شکل ۲). در بررسی لاین 'KS31169' نیز محلول پاشی سبب افزایش تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش رویشی و عدم تنش شد (شکل ۲). تنش رطوبتی لوبیا در مراحل مختلف رشد موجب کاهش تعداد غلاف در بوته شد [۵]. تعداد غلاف در بوته، حساس‌ترین و مهم‌ترین صفت در تعیین عملکرد لوبیا



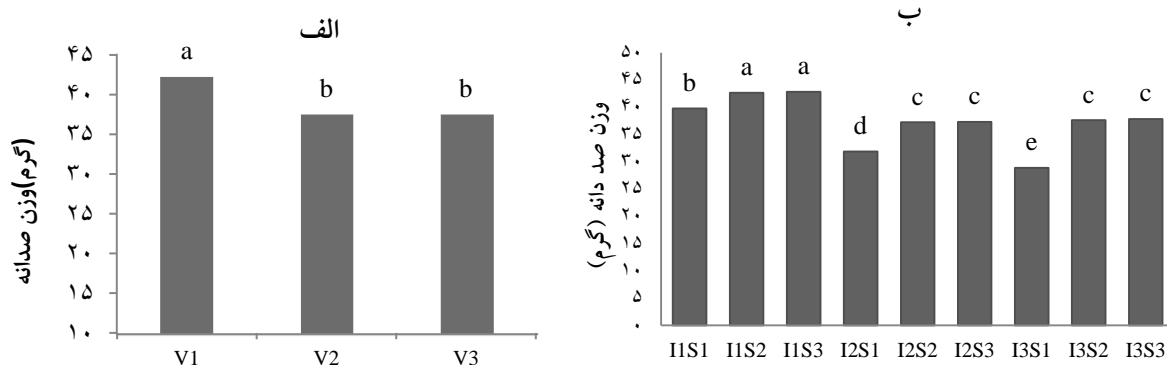
شکل ۳. برهمکنش تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول پاشی بر حسب ژنوتیپ برای تعداد دانه در غلاف در رقم 'آختر'، لاین 'D81083' و لاین 'KS31169'. تیمارها شامل: بدون تنش (I_1)، تنش در مرحله رویشی (I_2)، تنش در مرحله زایشی (I_3)، رقم 'آختر' (V_1)، لاین 'D81083' (V_2)، لاین 'KS31169' (V_3)، بدون محلول پاشی (S_1)، محلول پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (S_2) و محلول پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار (S_3)

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

۴.۳. وزن صدانه

بر اساس نتایج تجزیه آماری داده‌های آزمایش، اثرهای اصلی تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و برهمکنش تنش و محلول‌پاشی در سطح ۱ درصد معنادار شد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، بیشترین وزن صدانه را ژنوتیپ 'اُختر' (V₁) با میانگین ۴۳/۶ داشت و ژنوتیپ‌های 'KS31169' و 'D81083' کمترین مقدار را داشتند (شکل ۴). با توجه به برهمکنش تنش و محلول‌پاشی، بیشترین وزن صدانه در تیمار بدون تنش و محلول‌پاشی با هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و کمترین وزن صدانه نیز در تیمار تنش زایشی و بدون محلول‌پاشی حاصل شد (شکل ۴). محلول‌پاشی با هر دو غلظت اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنادار این صفت در تنش رویشی و زایشی نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۴). تنش در مراحل مختلف رشدی لوبیا سبب کاهش وزن صدانه می‌شود [۸]. همچنین تنش رطوبتی موجب کاهش ۱۰ و ۱۸ درصدی وزن صدانه لوبیا شد [۵، ۳]. همچنین نتایج تحقیق دیگری در خصوص افزایش صفت وزن صدانه با مصرف اسید سالیسیلیک با یافته‌های دیگر محققان مطابقت دارد [۱۸، ۶]. تنش خشکی گندم سبب کاهش معنادار وزن دانه و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش این صفت شد [۳۲].

در این رقم، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش اثر معناداری بر این صفت نداشت، ولی در شرایط عدم تنش موجب افزایش معنادار تعداد دانه در غلاف شد. در لاین 'D81083' نیز تنش رویشی و زایشی در این لاین سبب کاهش معنادار تعداد دانه در غلاف شد، ولی در شرایط تنش زایشی اثری بر این صفت نداشت (شکل ۳). در لاین 'KS31169' ملاحظه می‌شود که مصرف برگری اسید سالیسیلیک در شرایط تنش رویشی و زایشی موجب افزایش تعداد دانه در غلاف این لاین نشده است (شکل ۳). به طور کلی، اعمال تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی موجب کاهش تعداد دانه در غلاف در گیاه لوبیا در تعداد دانه در غلاف در اثر تنش خشکی در گیاه لوبیا در آزمایشی دیگر گزارش شد [۳]. از سوی دیگر، در ژنوتیپ‌های 'اُختر' در شرایط عدم تنش و 'D81083' در شرایط تنش رویشی و عدم تنش مصرف برگری اسید سالیسیلیک در شرایط موجب بهبود تعداد دانه در غلاف شد. محلول‌پاشی سویا با اسید سالیسیلیک (۵۰ ppm) سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد [۲۹].

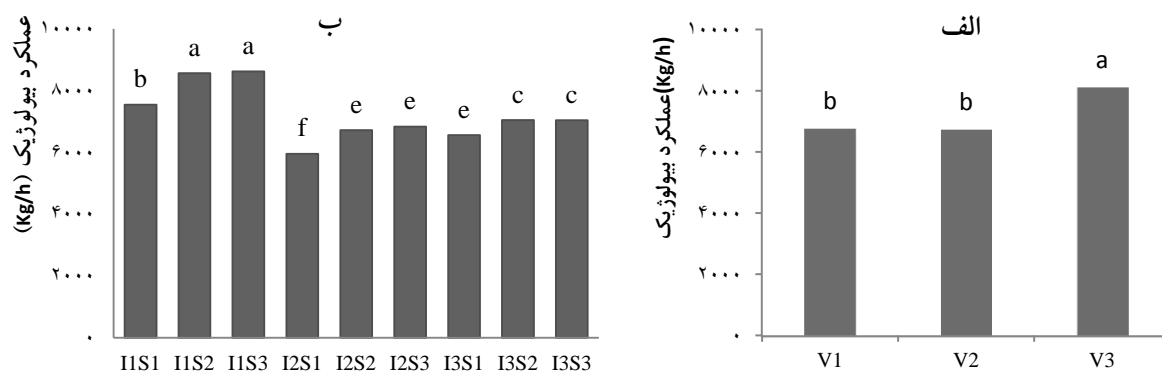


شکل ۴. مقایسه میانگین اثرهای اصلی ژنوتیپ (الف) و اثرهای متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی برای صفت وزن صدانه (ب). تیمارها شامل بدون تنش (I₁)، تنش در مرحله رویشی (I₂)، تنش در مرحله زایشی (I₃)، رقم 'اُختر' (V₁)، لاین 'D81083' (V₂)، لاین 'KS31169' (V₃)، بدون محلول‌پاشی (S₁)، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (S₂) و محلول‌پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار (S₃)

۳.۵. عملکرد بیولوژیکی

در مورد عملکرد بیولوژیکی افزون بر اثرهای اصلی تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول پاشی اثر متقابل تنش و محلول پاشی بر این صفت معنادار بود. در بین سه ژنوتیپ، لاین 'KS31169' بیشترین عملکرد بیولوژیکی را با میانگین ۸۱۰۹/۶ داشت و دو ژنوتیپ 'اختر' و 'D81083' به ترتیب با عملکرد ۶۷۷۱/۱ و ۶۷۴۲ کیلوگرم در هکتار در یک گروه آماری و در مرتبه دوم قرار گرفتند (شکل ۵). در خصوص اثر متقابل تنش و محلول پاشی، بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار بدون تنش و محلول پاشی با هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک و کمترین میانگین مربوط به تیمار تنش رویشی و بدون محلول پاشی بود (شکل ۵). مصرف اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنادار عملکرد بیولوژیکی در هر سه شرایط آبی شد (شکل ۵). در شرایط بدون تنش، تنش رویشی و تنش زایشی محلول پاشی با اسید سالیسیلیک، عملکرد بیولوژیکی

را به ترتیب ۱۲/۵، ۱۲/۸ و ۷/۵ درصد افزایش داد (شکل ۵). افزایش وزن تر و خشک در اثر محلول پاشی برگ‌ها با غلظت ۰/۱ نانومولار اسید سالیسیلیک در گیاه بنفشه آفریقایی و افزایش ماده خشک در گیاه خردل هندی به دنبال محلول پاشی برگ‌ها با غلظت ۰/۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک، حاکی از آن است که این ماده بر افزایش ماده خشک در این گیاه تأثیرگذار بوده است و افزایش وزن خشک را به افزایش ایجاد شده در میزان فتوسنتز خالص، بازده کربوکسیلاسیون رویسکو و فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی نسبت داده‌اند [۲۲، ۱۷]. افزایش ماده خشک گیاهان گندم تحت تنش خشکی احتمالاً با ایجاد پاسخ‌های ضد اکسیدانی که گیاه را از آسیب محافظت می‌کند، ارتباط دارد [۳۰]. محلول پاشی جوانه‌های برنج با غلظت ۱۰۰ ppm اسید سالیسیلیک سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی شد [۲۱].



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر اصلی ژنوتیپ (الف) و اثرهای متقابل تنش خشکی و محلول پاشی بر عملکرد بیولوژیک (ب). تیمارها شامل: بدون تنش (I₁)، تنش در مرحله رویشی (I₂)، تنش در مرحله زایشی (I₃)، رقم 'اختر' (V₁)، لاین 'D81083' (V₂)، لاین 'KS31169' (V₃)، بدون محلول پاشی (S₁)، محلول پاشی با غلظت ۰/۵ میلی مولار (S₂) و محلول پاشی با غلظت ۱ میلی مولار (S₃)

۳.۶. شاخص برداشت

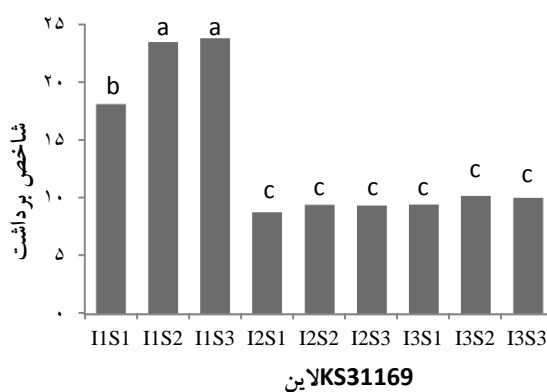
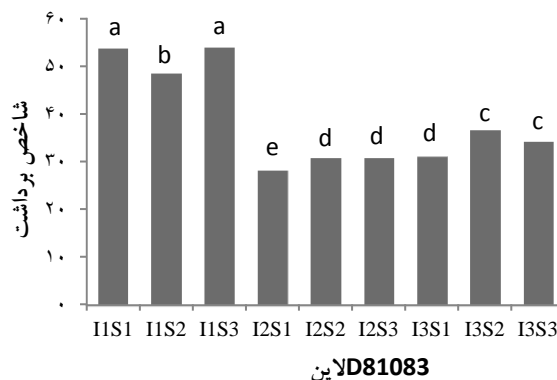
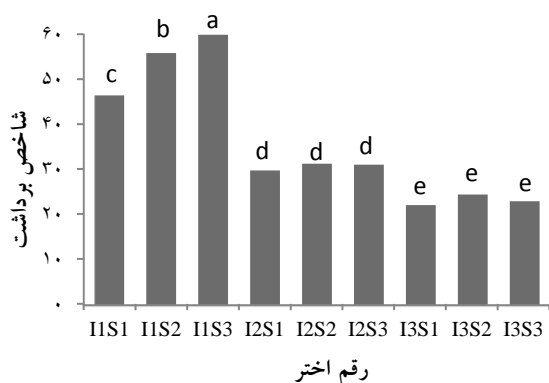
متقابل سه گانه آبیاری × ژنوتیپ × محلول پاشی برای شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنادار بود. در رقم 'اختر' اعمال هر دو تنش رویشی و زایشی سبب کاهش

اثر اصلی تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول پاشی و اثر متقابل تنش خشکی × ژنوتیپ، تنش خشکی × محلول پاشی و اثر

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

این شاخص نداشت. درباره شاخص برداشت تحت تأثیر تنش رطوبتی گزارش‌های متضادی وجود دارد. تنش رطوبتی سویا تأثیری بر شاخص برداشت نداشت [۶]، اما کاهش شاخص برداشت لوبیا تحت تأثیر تنش رطوبتی توسط برخی محققان تأیید شد [۶]. تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش بیشتر از شرایط تنش‌زاست. از اثر اسید سالیسیلیک بر شاخص برداشت اطلاعات مفیدی در دسترس نیست. مصرف اسید سالیسیلیک در گیاه ذرت و سویا با افزایش رشد و عملکرد به‌خصوص عملکرد زایشی و عملکرد دانه موجب افزایش معنادار شاخص برداشت شد که با نتایج تحقیق حاضر در تیمار بدون تنش مشابه است [۲۹، ۱۱].

معنادار شاخص برداشت شد (شکل ۶). محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در تنش رویشی و زایشی اثری بر این صفت نداشت. در شرایط بدون تنش، محلول‌پاشی با دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌ترتیب افزایش ۱۸/۳ و ۲۱/۸ درصدی شاخص برداشت را سبب شد (شکل ۶). در لاین 'D81083' محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در تنش رویشی و زایشی به‌ترتیب ۵ و ۱۴ درصد شاخص برداشت را بهبود بخشید (شکل ۶). محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در لاین 'KS31169'، تنها در شرایط بدون تنش مفید بود و سبب افزایش ۲۴/۵ درصدی شاخص برداشت در این تیمار شد، اما در شرایط تنش رویشی و زایشی، محلول‌پاشی اثری بر



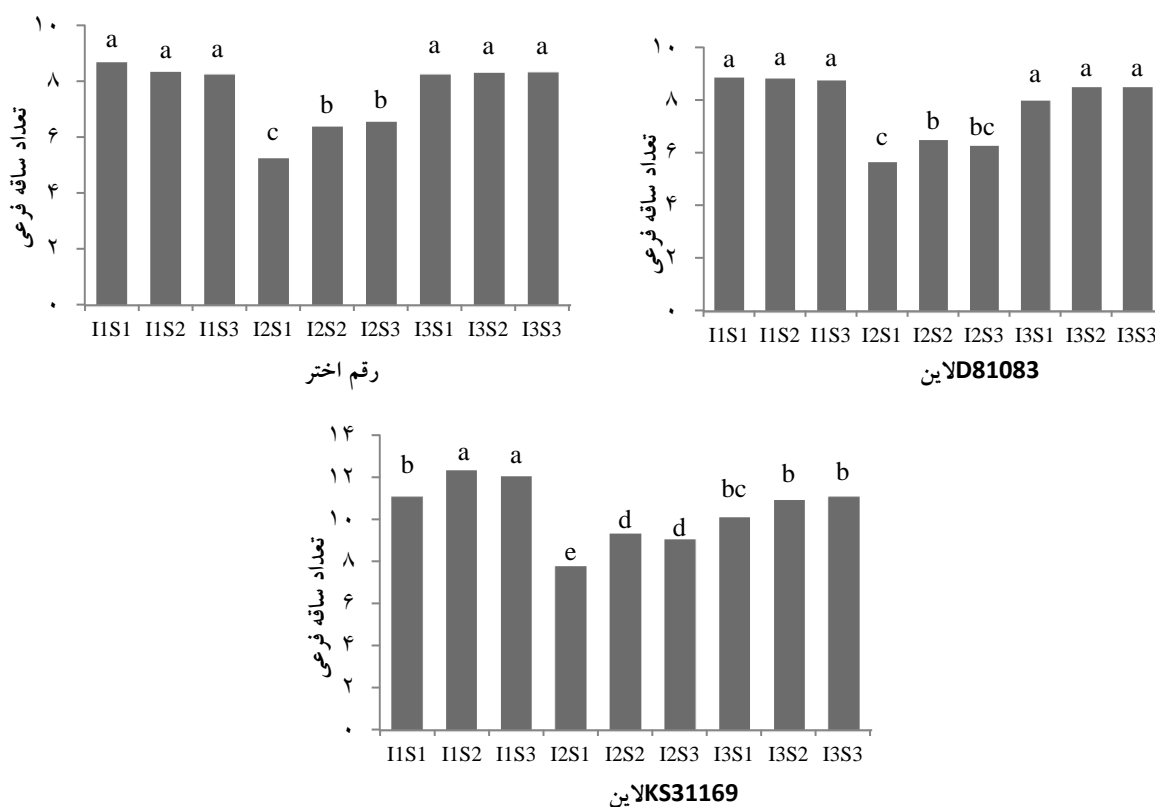
شکل ۶. برهمکنش تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول‌پاشی بر حسب ژنوتیپ برای شاخص برداشت در رقم 'اختر'، لاین 'D81083' و لاین 'KS31169'. تیمارها شامل: بدون تنش (I_1)، تنش در مرحله رویشی (I_2)، تنش در مرحله زایشی (I_3)، رقم 'اختر' (V_1)، لاین 'D81083' (V_2)، لاین 'KS31169' (V_3)، بدون محلول‌پاشی (S_1)، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (S_2) و محلول‌پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار (S_3)

به‌زراعی کشاورزی

۳.۷. تعداد ساقه فرعی

افزون بر تأثیرات تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول پاشی، برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه عوامل مورد بررسی بر تعداد ساقه‌های فرعی در سطح ۱ درصد معنادار شد. در خصوص تأثیرات متقابل سه‌گانه برش دهی بر اساس ژنوتیپ انجام گرفت. تنش رویشی موجب کاهش معنادار تعداد ساقه‌های فرعی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد، ولی تنش زایشی اثر معناداری نداشت (شکل ۷). مصرف برگری اسید سالیسیلیک در شرایط تنش رویشی به ترتیب ۲۰/۶ و ۱۰/۲ درصد تعداد ساقه فرعی را در ژنوتیپ‌های 'اختر' و 'D81083' افزایش داد؛ در حالی که در شرایط عدم تنش، محلول پاشی اثری بر این صفت نداشت (شکل ۷)، اما در

لاین 'KS31169' تنش رویشی و زایشی سبب کاهش ۲۹/۷ و ۸/۷۳ درصدی تعداد ساقه شد. مصرف اسید سالیسیلیک در تنش‌های مذکور تعداد ساقه فرعی را به ترتیب ۱۵/۱ و ۷/۸ درصد بهبود بخشید (شکل ۷). افزایش تعداد ساقه فرعی با مصرف اسید سالیسیلیک را بسیاری از محققان گزارش کردند [۲۲، ۶]. مصرف اثر اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد انشعابات در گیاهان *Clitoria teranata* و *Carthamus tinctorius* شد که دلیل این بهبود را می‌توان بهبود شرایط و بازده فتوسنتزی و بهبود تقسیم سلولی در اثر مصرف این ترکیب دانست [۲۲، ۱].



شکل ۷. برهمکنش تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول پاشی بر حسب ژنوتیپ برای تعداد ساقه فرعی در رقم 'اختر'، لاین‌های 'D81083' و 'KS31169'. تیمارها شامل: بدون تنش (I₁)، تنش در مرحله رویشی (I₂)، تنش در مرحله زایشی (I₃)، رقم 'اختر' (V₁)، لاین 'D81083' (V₂)، لاین 'KS31169' (V₃)، بدون محلول پاشی (S₁)، محلول پاشی با غلظت ۰/۵ میلی مولار (S₂) و محلول پاشی با غلظت ۱ میلی مولار (S₃)

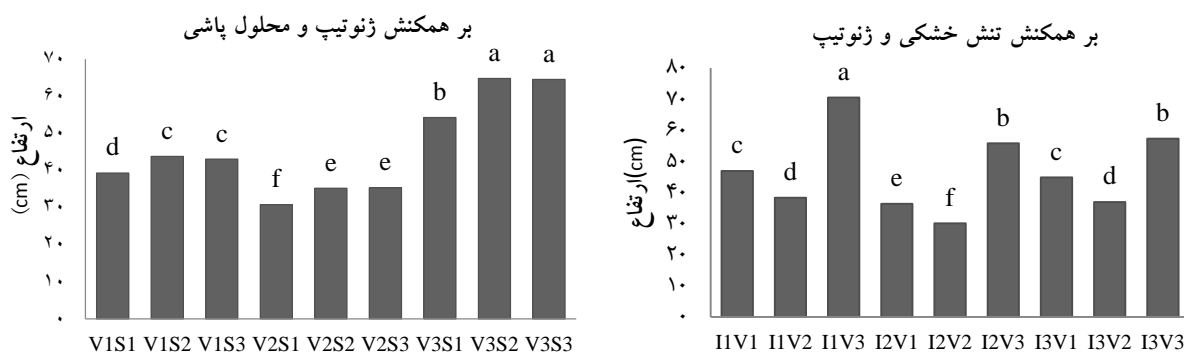
به زراعی کشاورزی

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

۳.۸. ارتفاع

سالیسیلیک سبب افزایش معنادار ارتفاع هر سه ژنوتیپ شد، ولی غلظت‌های به‌کاررفته اسید سالیسیلیک اختلاف معناداری با یکدیگر نداشتند. نتایج حاصل با گزارش دیگر تحقیقات مبنی بر افزایش ارتفاع گیاهان با مصرف اسید سالیسیلیک در گیاهان لوبیا، گندم و گوجه‌فرنگی در شرایط تنش و غیرتنش مشابه است. دلیل این بهبود را می‌توان به اثر مثبت اسید سالیسیلیک در افزایش تقسیم سلولی در مریستم انتهایی ساقه و ریشه نسبت داد [۳۲، ۱۳]. مصرف اسید سالیسیلیک ارتفاع گیاهچه گندم را نسبت به تیمار شاهد در تنش شوری افزایش داد [۲۸]. اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر فتوسنتز و رشد گیاه، تحت شرایط تنش و کاهش آسیب ناشی از شوری و خشکی و تسریع در رشد مجدد پس از رفع تنش نیز در گیاهان گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک گزارش شد [۲۶].

براساس نتایج تجزیه واریانس تأثیرات تنش خشکی، ژنوتیپ و محلول‌پاشی و برهمکنش تنش خشکی × ژنوتیپ و ژنوتیپ × محلول‌پاشی بر صفت ارتفاع در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود. بیشترین ارتفاع را لاین 'KS31169' در شرایط بدون تنش داشت (شکل ۸). تنش رویشی ارتفاع هر سه ژنوتیپ را کاهش داد و کمترین ارتفاع در لاین 'D81083' مشاهده شد (شکل ۸). تنش زایشی سبب کاهش معنادار ارتفاع لاین 'KS31169' شد، ولی بر دو ژنوتیپ دیگر اثر معناداری نداشت (شکل ۸). از آنجا که لاین 'KS31169' نوعی ژنوتیپ نیمه‌رونده است، تنش زایشی سبب کاهش ارتفاع آن شد. با توجه به نتایج اثر متقابل ژنوتیپ و محلول‌پاشی، بیشترین ارتفاع در لاین 'KS31169' و با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین ارتفاع در لاین 'D81083' و در شرایط عدم محلول‌پاشی حاصل شد. مصرف اسید



شکل ۸. برهمکنش تنش خشکی و ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و محلول‌پاشی برای ارتفاع گیاه لوبیا قرمز. تیمارها شامل بدون تنش (I_1)، تنش در مرحله رویشی (I_2)، تنش در مرحله زایشی (I_3)، رقم 'اختر' (V_1)، لاین 'D81083' (V_2)، لاین 'KS31169' (V_3)، بدون محلول‌پاشی (S_1)، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (S_2) و محلول‌پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار (S_3)

۴. نتیجه‌گیری

لوبیا قرمز می‌شود. به‌خصوص تنش در مرحله زایشی سبب کاهش عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص

براساس نتایج تحقیق حاضر، تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی سبب کاهش عملکرد و اجزای آن در

به‌زراعی کشاورزی

۴. بهتری ب، دباغ محمدی نسب ع، قاسمی گلعدانی ک، زهتاب سلماسی س و تورچی م (۱۳۸۵) اثر تنش خشکی بر روی رشد و ویژگی های مورفولوژیکی گیاه سویا. چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران. پردیس ابوریحان. ۳۱۰ ص.
۵. بیات ع ا (۱۳۸۷) بررسی اثرات تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جدید لوبیا چیتی در شهرستان خمین. دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان. پایان نامه کارشناسی ارشد.
۶. صفاری غ (۱۳۸۸) اثر دو تنظیم کننده رشد اسید سالیسیلیک و اسید ژاسمونیک بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای دانه ای. پردیس ابوریحان دانشگاه تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد.
۷. کوچکی ع و بنایان اول م (۱۳۷۳) زراعت حبوبات. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۶ ص.
۸. محلوجی م، موسوی س و کریمی م (۱۳۷۹) اثر تنش رطوبتی و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چیتی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴(۱): ۶۷-۵۷.
۹. مظاهری تیرانی م (۱۳۸۵) بررسی اثر متقابل اتیلن و اسید سالیسیلیک بر برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی گیاه کلزا (*Brassica napus*) تحت تنش خشکی. دانشگاه شهید باهنر کرمان، پایان نامه کارشناسی ارشد.
۱۰. مهربان مقدم ن، آروین م ج، خواجوی نژادغ و مقصودی ک (۱۳۹۰) اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. به زراعی نهال و بذر. ۲-۲۷(۱): ۴۱-۵۵.
- برداشت شد. در بین سه ژنوتیپ مورد آزمایش، لاین 'D81083' کمترین کاهش عملکرد را در شرایط تنش رویشی داشت. در بین سه واریته لاین 'D81083' و 'اختر' دارای عملکرد و شاخص برداشت بیشتری نسبت به لاین 'KS31169' بودند. شایان ذکر است که محلول پاشی با غلظت های ۰/۵ و ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش عملکرد و بهبود صفات مورد بررسی در شرایط بدون تنش و تنش زا شد. تأثیر مثبت این ترکیب در تنش رویشی نسبت به تنش زایشی مشهودتر بود. بر همین اساس، محلول پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی به منظور تعدیل اثرهای منفی آن به خصوص در مراحل رویشی رشد گیاه توصیه می شود.

منابع

۱. ابراهیم زاده سروستانی ل (۱۳۸۵) بررسی اثر برخی تنظیم کننده های رشد گیاهی بر شاخص های فیزیولوژیک رشد، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن و پروتئین در گلرنگ. دانشگاه شهید باهنر کرمان، پایان نامه کارشناسی ارشد.
۲. آقاعلیخانی م، طهماسبی سروستانی ز و غفاری خلیق حسین (۱۳۸۱) تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ لوبیا قرمز. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران - کرج. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. شهریار ۱۳۸۱: ۵۴۱.
۳. امیر مردفر ر، قاسمی گلعدانی ک، رحیم زاده خویی ف و علیزاده ب (۱۳۸۵) تأثیر محدودیت آب بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ لوبیا. نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران. پردیس ابوریحان. ۲۸۹ ص.

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

11. Abd El-Wahed A, Amin A and Rashad El-Sh M (2006) Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth yield and chemical constituents of yellow maize plants. *Agricultural Sciences*. 2(2): 149-155.
12. Ali Fayez Kh and Ali Bazaid S (2014) Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Saudi Society of Agricultural Sciences*. 13: 45-55.
13. Amira M, Hegazi D, Amal M and El-Shraiy E (2007) Impact of salicylic acid and paclobutrazol exogenous application on the growth, yield and nodule formation of common bean. *Basic and Applied Sciences*. 1(4): 834-840.
14. Anld D, Bettis L, Crick JE and Kephart KD (1988) Planting date and temperature effects on germination, emergence and seed yield of chick pea. *Agronomy*. 88: 909-971.
15. Chaves MM, Maroco JP and Pereira JS (2003) Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*. 30: 239-264.
16. El-Tayeb MA (2005) Response of barley Grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 45: 215-225.
17. Fariduddin Q, Hayat S and Ahmad A (2003) Salicylic acid influences net photosynthetic rates carboxylation efficiency, nitrate reeducates activity, and seed yield in *Brassica Juncea* *Photosynthetica*. *Agronomy*. 41(2): 281-284.
18. Ghai N and Setia RC (2002) Effects of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSI-1). *Phytomorphology*. *Agronomy*. 52(1): 83-135.
19. Khodary SEA (2004) Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt- stressed maize plants. *Intention Agriculture Biology*. 6: 5-8.
20. Lawlor DVV and Cornic G (2002) Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environment*. 25(2): 275-294.
21. Maibangsa S, Thangaraj M and Roy S (2001) Alleviation of low irradiance stress in rice (*Oryza sativa* L.) by growth regulators. *Annals of Plant Physiology*. 13(2): 133-142.
22. Mex RM, Couch EV, Campos TH and Saavedra AL (2001) Positive effect of salicylic acid on the flowering of African violet. *Scientia Horticulturae*. 103: 499-502.
23. Pastenes C, Porter V, Baginsky C, Horton P and Gomezalez J (2004) Paraheliotropism can protect water stressed bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants against photo inhibition. *Plant Physiology*. 161: 1315-1323.
24. Rajasekaran R, Stiles AM, Struz AV, Blake TJ, Caldwell C and Nowork J (2002) Stand establishment technologies for processing carrots: effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. *Plant Science*. 82: 443-450.
25. Rosales-Serena R, Kohashi-Shibata J, Trejo-Lopez A, Ortiza-Cereceres C and Kelly JD (2002) Yield and phenological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. *Annual Red Bean Improvement Crop*. 45: 198-199.
26. Sakhabutidnova AR, Fatkhutdinova DR, Bezrukova MV and Shakirova FM (2003) Salicylic acid prevents the damage action of stress factors on wheat plants. *Plant Physiology*. *Special Issue*. (5): 314-319.

27. Senaratna T, Touchell D, Bunn E and Dixon K (1999) Acetyl salicylic acid and salicylic acid induced multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*. 30: 157-161.
28. Shakirova FM, Sakhabutdinova AR, Bezrukova MV, Fatkhutdinova RA and Fatkhutdinova DR (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*. 164: 317-322.
29. Sharma K and Kaur S (2003) Effect of salicylic acid, caffeic acid and light intensity on yield and yield-contributing parameters in soybean (*Ghjcine wax L.*) Merrii. *Environment and Ecology*. 21(2): 332-335.
30. Singh B and Usha K (2003) Salicylic acid induced physiological changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*. 39: 137-141.
31. Turkan I, Bor M, Ozdemirm F and Koca H (2005) Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. actifolus* Gray and drought-sensitive *Phaseolus vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*. 168: 223-231.
32. Washem M (2006) Influence of exogenously applied salicylic acid on drought tolerance of hexaploid wheat. Botany Department of Bitany University of Agriculture Faisalabad. Ph.D. Dissertation.