Archive of SID

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۱، شماره ۵، صفحه ۸۵۲- ۸۴۱ (۱۳۹۴)

تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در شرایط تنش خشکی

فاطمه محتشمی[۱]، مجید پوریوسف[۲*]، بابک عندلیبی[۳] و فرید شکاری[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

پست الکترونیک: pouryousef@znu.ac.ir

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۲ تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در شرایط تنش خشکی آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در بهار ۱۳۹۱ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش تنش خشکی در مرحله زایشی با سطح شاهد (آبیاری کامل) در کرت‌های اصلی و سطوح مختلف محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید شامل بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار)، پیش‌تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (صفر، ۸۰۰ و ۱۶۰۰میکرومولار) و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار) در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشتر صفات مورد بررسی ازجمله تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه، تعداد چترک در چتر و عملکرد دانه و اسانس تحت تأثیر تنش خشکی در مقایسه با شاهد (آبیاری) به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. اما محتوای اسانس دانه افزایش یافت. به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه (۲۹۲۵/۶ کیلوگرم در هکتار) و اسانس (۵۲/۸۸ کیلوگرم در هکتار) از شاهد (آبیاری کامل) و کمترین میزان صفات مذکور در شرایط تنش خشکی حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که صفات مورد بررسی تحت تأثیر محلول‌پاشی و پرایم با سالیسیلیک اسید در مقایسه با بذر خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. به‌طوری که بین پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه و اسانس وجود نداشت، اما بیشترین عملکرد دانه (۲۵۷۹/۶ کیلوگرم در هکتار) و اسانس (۶۳/۱۵ کیلوگرم در هکتار) از محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین میزان صفات مذکور از بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، سالیسیلیک اسید، عملکرد اسانس، عملکرد دانه.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از مهمترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی ایران و متعلق به خانواده چتریان (Apiaceae) است. این گیاه چندساله عمدتاً به‌منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی کشت می‌شود و در حال حاضر در بیشتر نقاط جهان زمین‌های زراعی وسیعی زیر کشت رازیانه قرار دارد (Omidbaigi, 2007).

آب به‌عنوان مهمترین و بیشترین ترکیب (۸۵٪ تا ۹۰٪) اندام گیاهی، ازجمله عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر روند رشد و نمو و همچنین مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Hekmatshoar, 1993). کمبود آب یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولیدات زراعی در جهان است و این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از اهمیت بیشتری برخوردار است (Kirigwi *et al*., 2004).

اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاهان بستگی زیادی به زمان، مدت و شدت تنش دارد. تنش خشکی در مراحل زادآوری گیاه، به علت کاهش تعداد و اندازه دانه می‌تواند عملکرد را بشدت کاهش دهد. بروز تنش خشکی طی مراحل مختلف نموی مخصوصاً مرحله زایشی باعث کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Pouryousef *et al*., 2012).

نتایج تحقیقات موجود، حکایت از آن دارد که خواص کمّی و کیفی بسیاری از گیاهان دارویی متعلق به خانواده چتریان بشدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. طی آزمایشی در مورد تأثیر رژیم‌های کم آبیاری بر انیسون (*Pimpinella anisum*) گزارش شد که با کاهش مقدار آب آبیاری، ارتفاع گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چترک در هر چتر و عملکرد دانه و اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (Zehtab Salmasi, 2001). گزارش شده که در گیاه نعنا (*Mentha spicata*) میزان ماده خشک و عملکرد اسانس با انجام آبیاری بیشتر، افزایش یافت (Charles *et al*., 1990).

نتایج تحقیقات انجام شده روی گیاه رازیانه نشان داد که آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اسانس طی فصل رشد شد (Buntain & Chung, 1994).

برای مقابله با آثار ناشی از تنش خشکی محققان به‌دنبال راهکارهایی برای کاهش اثرات نامطلوب آن هستند، به‌طوری که گزارش کرده‌اند افزایش تحمل گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روشهای به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک آسان‌تر و ارزان‌تر است (El-Tayeb, 2005). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است و با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد. اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی شناخته شده‌است (El-Tayeb, 2005). که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می‌دهد (Senaranta *et al*., 2002). بنابراین می‌توان از ترکیب سالیسیلیک اسید برای پرایمینگ و محلول‌پاشی بر گیاهان در جهت کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه استفاده کرد. نتایج مطالعه‌ای بر روی ذرت و خردل نشان داد که فعالیت رابیسکو و سرعت فتوسنتز تحت تنش و زمانی که با سالیسیلیک اسید تیمار شدند افزایش پیدا کرد و این امر منجر به افزایش عملکرد در مقایسه با گیاهانی شد که با سالیسیلیک اسید تیمار نشده بودند (Khodary, 2004). در آزمایش دیگری بذرهای گندمی که در استیل سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شده بودند از مقاومت بیشتری در برابر تنش خشکی برخوردار بودند (Hamada, 2001). همچنین طی آزمایشی هم سالیسیلیک اسید و هم استیل سالیسیلیک اسید، به‌طور مؤثری گیاهان گوجه‌فرنگی و لوبیا را در برابر تنش خشکی محافظت کردند، که در نهایت باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط شد (Senaranta *et al*., 2000).

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه تحقیقات محدودی در مورد تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر خواص کمّی و کیفی گیاهان دارویی و مخصوصاً رازیانه انجام شده‌است، هدف اصلی این تحقیق، بررسی تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و اسانس رازیانه در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی بود.

مواد و روشها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان اجرا شد. زنجان در عرض شمالی ۴۱ و °۳۶ و طول شرقی ۲۷ و °۴۸ و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا واقع شده‌است. متوسط بارندگی و دمای زنجان طی ماه‌های فروردین تا آبان ۱۳۹۱ (در طول استقرار گیاه در مزرعه) در جدول ۱ ارائه شده‌است. زمین محل آزمایش دارای خاکی با بافت لومی رسی بود. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده‌است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تنش خشکی در دو سطح شامل آبیاری در کلیه مراحل رشد به‌صورت هفتگی (شاهد) و تنش خشکی در مرحله گلدهی در کرت‌های اصلی قرار گرفت. روش اعمال تنش بدین ترتیب بود که در مرحله گلدهی تا رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال آبیاری قطع شده و پس از آن برای بازیافت بوته‌ها، آبیاری مجدد انجام شد و این روند قطع آبیاری و آبیاری مجدد تا رسیدگی گیاه ادامه داشت. محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید نیز در شش سطح شامل بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار)، بذرهای پیش‌تیمارشده با آب مقطر، پیش‌تیمار بذرها با غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی با غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار سالیسیلیک در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفت. براساس بررسی منابع انجام شده، در بیشتر گزارش‌ها تأثیر پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار بر روی صفات مورد بررسی بیشتر بوده‌است، بنابراین در این آزمایش نیز از سطوح مذکور استفاده شد.

به‌منظور اعمال تیمارهای مربوط به پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، پس از تهیه غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بذرها در محلول‌های مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شده و پس از آن خشک شده و در در مزرعه کشت شدند. برای تیمارهای محلول‌پاشی نیز پس از تهیه محلول‌های سالیسیلیک اسید با غلظت‌های مورد نظر، محلول‌پاشی در مراحل رویشی (۶-۴ برگی) و ظهور چتر انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ۴ ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول ۴ متر بود. کاشت رازیانه در اواخر فروردین ۱۳۹۱ انجام شد. بذر مورد استفاده در این آزمایش توده اصفهان بود که از واحد تحقیقات گیاهان دارویی وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان تهیه شد. بر روی هر ردیف بذرهای رازیانه با فاصله ۱۰ سانتی‌متر در عمق ۲ سانتی‌متر و به‌صورت کپه‌ای کشت شد و روی بذرها توسط مخلوط کود دامی و خاک الک شده به نسبت ۱ به ۳ به ضخامت حدود ۲ سانتی‌متر پوشانیده شد. بوته‌ها در مرحله ۲ تا ۴ برگی تنک شدند و تراکم کاشت به ۱۰ بوته در مترمربع رسانده شد. در مراحل مختلف رشد گیاه و به‌ویژه در مراحل اولیه که جوانه‌زنی و رشد رازیانه بطئی و کند بود، علفهای هرز به روش وجین دستی کنترل شدند.

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد پس از حذف حاشیه‌ها (نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها و همچنین ردیف‌های کناری)، در هر واحد آزمایشی از مساحتی در حدود ۲ مترمربع نمونه‌برداری شد و بعد از جدا کردن بذرها و کاه و کلش نمونه‌ها و قرار دادن آنها در آون به‌ترتیب در دمای ۳۵ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد عملکرد دانه و کاه و کلش اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین اجزای عملکرد، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات شامل تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در هر چتر، تعداد دانه در هر چترک و وزن هزاردانه در آنها اندازه‌گیری شد. به‌منظور استخراج اسانس،

www.SID.ir

Archive of SID

بذرها در آون با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از آن از روش تقطیر با آب برای استخراج اسانس استفاده شد (Mirabdollahi, 2011). پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه شد. تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) انجام شد و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها و جدولها نیز توسط نرم‌افزارهای Excel و Word صورت انجام شد.

جدول ۱- متوسط بارندگی و دمای زنجان طی ماه‌های فروردین تا آبان ۱۳۹۱ (در طول دوره رشد گیاه در مزرعه)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
متوسط بارندگی (mm)	۳/۰۴	۱/۷۷	۰/۵۷	۱/۰۲	۰/۱	۰/۱۹	۰/۱۸	۱/۸۲
متوسط دما (^{o}C)	۹	۱۴/۷	۱۸/۹	۲۱/۲۱	۲۳/۵۴	۱۸/۶	۱۴/۷۴	۵/۳

جدول ۲- ویژگیهای خاک محل اجرای آزمایش

ماده آلی (٪)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته (قدرت یونی هیدروژن)	آهک کل (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۱/۲۱	۰/۷	۸/۱۸	۶	۳۱	۲۷	۴۲	۰/۰۷	۵/۶	۲۶۶	۱	۲

نتایج

نتایج آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر داشتند، اما اثر متقابل عوامل مذکور بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳). تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر به‌طور معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد کاهش یافتند که این کاهش در مورد تعداد چتر در بوته حدود ۱۶٪ و در مورد تعداد چترک در چتر در حدود ۱۳٪ بود. پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید در مقایسه با بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) به‌طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر شد. به‌طوری که بیشترین تعداد چتر در بوته (۳۸/۸۶) و تعداد چترک در چتر (۱۳/۶۸) از محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین میزان صفات مذکور به‌ترتیب در مقادیر ۲۸/۴۶ و ۱۲/۲۲ عدد از بذر خشک (بدون پیش‌تیمار) بدست آمد (جدول ۴).

تعداد دانه در چتر و چترک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید قرار گرفتند، اما اثر متقابل عوامل مذکور بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد تعداد دانه در چتر و چترک به‌ترتیب به میزان ۲۶/۶۳٪ و ۱۵/۷۱٪ کاهش نشان دادند (جدول ۴). محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید در مقایسه با بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) به‌طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد دانه در چتر و چترک شد. به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در چتر (۲۰۶/۸۹) و تعداد دانه در چترک (۱۴/۸۷) از محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین میزان صفات مذکور از بذر خشک (بدون پیش‌تیمار) بدست آمد (جدول ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن هزاردانه مربوط به شاهد (۳/۵۷) و کمترین میزان آن (۲/۸۵) مربوط به تنش خشکی بود (۲۰/۱۷٪ کاهش نسبت به شاهد) (جدول ۴). تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید نیز بر وزن هزاردانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۳). محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید موجب افزایش وزن هزاردانه شد. به‌طوری که بیشترین وزن هزاردانه مربوط به محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار (۳/۲۵) و کمترین آن (۳/۰۵) مربوط به بذر خشک بود. هرچند تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن هزاردانه بین محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و پرایم با آب مقطر وجود نداشت (جدول ۴).

محتوای اسانس دانه نیز به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید قرار گرفت (جدول ۳). محتوای اسانس دانه تحت شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین درصد اسانس (۲/۸۴) تحت شرایط تنش خشکی و کمترین آن (۱/۹۶) از تیمار شاهد حاصل شد. افزایش محتوای اسانس دانه تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد در حدود ۴۴/۸۹٪ بود (جدول ۴). محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید نیز به‌طور معنی‌داری موجب افزایش محتوای اسانس دانه در مقایسه با بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) شد. به‌طوری که بالاترین محتوای اسانس دانه (۲/۸۶ درصد) از محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین آن (۱/۹۶٪) از بذر خشک بدست آمد (جدول ۴).

هرچند بین پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ محتوای اسانس وجود نداشت (جدول ۴).

تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و اسانس نیز معنی‌دار بود، اما اثر متقابل عوامل مذکور بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳). عملکرد دانه و اسانس به‌طور معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد کاهش یافتند که این کاهش در ارتباط با عملکرد دانه در حدود ۴۹/۳۹٪ و در ارتباط با عملکرد اسانس در حدود ۸/۴٪ بود. محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید نیز به‌طور معنی‌داری موجب بهبود عملکرد دانه و اسانس در مقایسه با بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) شد. به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه (۲۵۷۹/۶۰ کیلوگرم در هکتار) و اسانس (۶۳/۱۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین میزان صفات مذکور مربوط به بذر خشک بود. هرچند بین پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه و اسانس وجود نداشت (جدول ۴).

بنابراین لازم به توضیح است که بین پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای تعداد چتر در بوته وجود نداشت. همچنین بین پرایم با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ میکرومولار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ میکرومولار نیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ تمامی صفات مورد بررسی وجود نداشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید و تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در چترک	تعداد چترک در چتر	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۲/۳۷ ns	۵۶۵/۱۱ ns	*۹/۵۲	۰/۸۴ ns	۰/۰۳ ns	۲۵۴۴۲۶/۶۵ ns	۰/۱۷ ns	۳۰۵/۲۰ ns
تنش خشکی	۱	۳۳۸/۵۶ **	۳۰۹۹۳/۵۶ **	۱۳/۶۲ *	۳۰/۹۱ **	۴/۰۳ *	۱۸۷۸۷۶۴۴/۶ **	۶/۹۳ **	۲۱۹۷/۴۷ *
خطا (**a**)	۲	۰/۳۰	۲۷۸/۷۸	۱/۰۹	۰/۲۶	۰/۰۴	۱۴۴۵۴۳/۴۳	۰/۰۶	۹۰/۸۳
سالیسیلیک اسید	۵	۷۵/۹۶ **	۱۶۹۲/۸۱ **	۸/۴۶ **	۱/۹۲ *	۰/۰۳ **	۷۱۸۱۳۲/۳۵ **	۰/۵۳ **	۱۱۰۱/۳۸ **
تنش خشکی×سالیسیلیک اسید	۵	۱/۶۶ ns	۸۶/۳۱ ns	۰/۱۷ ns	۰/۲ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۳۷۲۰۹/۶۷ ns	۰/۰۸ ns	۸۵/۰۷ ns
خطا (**b**)	۲۰	۱/۸۴	۲۲۵/۲۷	۰/۵۳	۰/۷۲	۰/۰۰۳	۱۵۳۲۱/۹۹	۰/۰۶	۳۹/۵۴
ضریب تغییرات (٪)		۳/۸۵	۷/۸۵	۸/۳۸	۶/۳۷	۱/۹۱	۵/۶۱	۱۰/۶	۱۲/۴۱

ns: عدم تفاوت معنی‌دار و * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید و تنش خشکی

تیمار	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چترک	تعداد دانه در چتر	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
تنش								
شاهد (آبیاری)	۳۸/۲۷ a	۱۴/۲۳ a	۱۵/۴۰ a	۲۲۰/۳۵ a	۳/۵۷ a	۲۹۲۵/۶ a	۱/۹۶ b	۵۲/۸۸ a
تنش خشکی	۳۲/۱۴ b	۱۲/۳۶ b	۱۲/۹۸ b	۱۶۱/۶۴ b	۲/۸۵ b	۱۴۸۰/۴ b	۲/۸۴ a	۴۸/۴۴ b
سالیسیلیک اسید								
بذر خشک	۲۸/۴۶ d	۱۲/۲۲ b	۱۳/۱۲ c	۱۶۲/۹۲ c	۳/۰۵ b	۱۶۱۴/۰۷ d	۱/۹۶ d	۲۸/۹۳ d
پرایم با آب مقطر	۳۴/۹ d	۱۳/۱۸ ba	۱۳/۵۲ cb	۱۷۹/۳۲ cb	۳/۱۷ a	۲۰۳۱/۹۲ c	۲/۲ cd	۴۰/۵۸ c
پرایم با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ میکرومولار	۳۵/۷۶ c	۱۳/۵۷ a	۱۴/۴۵ ab	۱۹۶/۷۶ ab	۳/۲۳ a	۲۲۶۰/۲۲ b	۲/۳۶ cb	۵۱/۳۵ b
پرایم با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار	۳۶/۶۶ b	۱۳/۵۵ a	۱۴/۷۹ a	۲۰۴/۱۹ a	۳/۲۴ a	۲۴۷۶/۰۴ a	۲/۶۳ ab	۶۲/۶۷ a
محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ میکرومولار	۳۶/۶ bc	۱۳/۶۷ a	۱۴/۳۹ ab	۱۹۶/۱۳ ab	۳/۲۲ a	۲۲۵۴/۷۳ b	۲/۷ ab	۵۷/۲ ab
محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰میکرومولار	۳۸/۸۶ a	۱۳/۶۸ a	۱۴/۸۷ a	۲۰۶/۸۹ a	۳/۲۵ a	۲۵۷۹/۶۰ a	۲/۸۶ a	۶۳/۱۵ a

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

با اعمال تنش خشکی تعداد دانه در چتر و چترک به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (آبیاری) کاهش یافتند. احتمالاً کاهش آب آبیاری از طریق ایجاد اختلال در گرده‌افشانی و کاهش طول دوره گرده‌افشانی، موجب عدم تلقیح مناسب گلها و کاهش تعداد دانه در چترک و چتر شده‌است. کاهش تعداد دانه در گل‌آذین در شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف توسط محققان متعددی ازجمله Zehtab salmasi (۲۰۰۱) در گیاه انیسون، Nurhan و Vazquez (۲۰۰۵) در گیاه پونه کوهی و Bannayan و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه اسفرزه گزارش شده‌است. تعداد دانه در چتر و چترک طی پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (بذر خشک) افزایش یافت. به نظر می‌رسد کاربرد سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر بر مریستم‌های زایشی، القاء گلدهی و افزایش تقسیم و تمایز سلولی موجب افزایش تعداد دانه در چترک و چتر شده‌است. افزایش تعداد دانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید توسط برخی از محققان ازجمله Shahi، (۲۰۱۲) در گیاه لوبیا چیتی گزارش شده‌است.

وزن هزاردانه تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (آبیاری) کاهش یافت. به نظر می‌رسد با کاهش آب آبیاری، به‌دلیل پیری زودرس برگ‌ها، تولید مواد فتوسنتزی کاهش یافته و در نتیجه اختصاص مواد پرورده به هریک از دانه‌ها کمتر شده و به تبع آن نیز دانه‌های تشکیل شده کوچکتر و لاغرتر شده‌اند. همچنین کاهش طول دوره پر شدن دانه در اثر کاهش آب آبیاری می‌تواند از دیگر دلایل مهم کاهش وزن هزاردانه باشد. Mirabdollahi (۲۰۱۱) و Haidari (۲۰۱۰) نیز دلیل کاهش وزن هزاردانه رازیانه و آنیسون تحت شرایط تنش خشکی را، کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش سنتز مواد پرورده و انتقال آن به دانه‌ها گزارش کرده‌اند. نتایج این تحقیق با نتایج Jahanbin و همکاران (۲۰۰۲) و Tavakoli (۲۰۰۳) به‌ترتیب در رابطه با گیاه کلزا و گندم دیم مبنی بر کاهش وزن هزاردانه در اثر تنش خشکی مطابقت دارد. در این آزمایش وزن هزاردانه تحت تأثیر پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و همچنین پرایم با آب مقطر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (بذر خشک) افزایش یافت. تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن هزاردانه بین محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و پرایم با آب مقطر وجود نداشت (جدول ۴). افزایش وزن دانه عمدتاً ناشی از افزایش طول دوره یا سرعت پر شدن دانه می‌باشد، که در این مورد قدرت مخزن نقش کلیدی دارد و احتمالاً کاربرد سالیسیلیک اسید و پرایم با آب مقطر با افزایش عوامل مذکور موجب افزایش وزن هزاردانه شده‌است. Kaur و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که فعالیت مخزن در گیاهان نخود حاصل از بذرهای پرایمینگ شده به‌دلیل بالاتر بودن فعالیت‌های آنزیم‌های درگیر در متابولیسم ساکارز نظیر ساکارز سینتاز، اینورتازها و ساکارز فسفات سینتاز در مقایسه با شاهد بیشتر بود که در نهایت موجب افزایش وزن صددانه و عملکرد دانه شد. نتایج این آزمایش با نتایج محققان زیادی ازجمله Shahi (۲۰۱۲)، Shakirova و Sahabutdinova (۲۰۰۳) و Kaur و همکاران (۲۰۰۵) بر افزایش وزن هزاردانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید مطابقت دارد.

همان‌طوری که در نتایج بیان شد با اعمال تنش خشکی عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (آبیاری) کاهش یافت. احتمالاً اعمال تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، تولید و عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد ازجمله تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چترک شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش داده‌است. نتایج این آزمایش با نتایج بسیاری از محققان ازجمله Zehtab Salmasi (۲۰۰۱)، Maahasi و همکاران (۲۰۰۶) و Hide و همکاران (۲۰۰۵) و Alizadeh و همکاران (۲۰۰۴) مبنی بر کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش و کم آبیاری مطابقت دارد. Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) و Mirabdollahi (۲۰۱۱) نیز طی آزمایش‌های خود بر روی رازیانه گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

کردند که بروز تنش آبی طی مراحل مختلف نموی مخصوصاً مرحله زایشی باعث کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود. عملکرد دانه طی پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و همچنین پرایم با آب مقطر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (بذر خشک) افزایش یافت، اما بین پرایم با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه وجود نداشت. احتمالاً کاربرد سالیسیلیک اسید از طریق گسترش سریع برگ‌ها، بهبود فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش تولید و عرضه مواد پرورده موجب تغییر در اجزای عملکرد و افزایش عملکرد دانه شده‌است. نتایج این آزمایش با نتایج بسیاری از محققان ازجمله Singh و Kaur (۱۹۸۰) و Kumar و همکاران (۱۹۹۹) مبنی بر افزایش عملکرد دانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید مطابقت دارد.

با اعمال تنش خشکی محتوای اسانس دانه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (آبیاری) افزایش پیدا کرد (جدول ۴). نتایج تحقیقات انجام شده در مورد برخی از گیاهان دارویی نیز مؤید این مطلب است که با اعمال تنش خشکی و کاهش آب آبیاری درصد اسانس افزایش می‌یابد (Rizopoulous & Diamantaglon, 1991؛ Nurhan & Vazquez, 2005). بر طبق فرضیه موازنه رشد–تمایز، تا زمانی‌که شرایط اجازه تقسیم و گسترش سلولی را بدهد کربن صرف رشد می‌شود و با ایجاد تنش خشکی، دوره نوری یا هر عامل محیطی دیگر، رشد متوقف شده و سلول‌ها تمایز یافته، مجاری صمغ تشکیل و گیاه کربن را به تولید صمغ و سایر ترکیب‌های ثانویه اختصاص می‌دهد (Lorio, 1986). پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید موجب افزایش معنی‌دار درصد اسانس در مقایسه با بذر خشک شد. البته تاکنون تحقیقات دقیق در زمینه تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید بر مواد مؤثره گیاهان دارویی و مخصوصاً رازیانه انجام نشده است و چگونگی و دلیل تأثیرپذیری محتوای اسانس دانه رازیانه از کاربرد سالیسیلیک اسید مشخص نیست و نیازمند تحقیقات و بررسی‌های بیشتری است.

با در نظر گرفتن اینکه عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس حاصل می‌شود می‌توان دریافت که علت اصلی بالا بودن عملکرد اسانس در تیمار شاهد، بالا بودن عملکرد دانه است. Buntain و Chung (۱۹۹۴) و Mirabdollahi (۲۰۱۱) نیز طی آزمایش‌های خود بر روی رازیانه و Jangir و Singh (۱۹۹۶) نیز در زیره سبز (*Cuminum cyminum*) گزارش کرده‌اند که با اعمال تنش خشکی و کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد اسانس کاهش می‌یابد. پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پرایم با آب مقطر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در مقایسه با بذر خشک شد. با توجه به افزایش عملکرد دانه و درصد اسانس دانه طی محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید و همچنین آب مقطر، افزایش عملکرد اسانس تحت تیمارهای مذکور قابل توجیه است.

اثر متقابل بین تنش خشکی و پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید بر هیچ‌یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. معنی‌دار نشدن اثر متقابل تنش خشکی و پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید بر صفات مورد بررسی نشان‌دهنده این مطلب است که تأثیر محلول‌پاشی و پرایم با سالیسیلیک اسید و آب مقطر تحت هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری مطلوب (شاهد) مشابه بوده و به عبارتی واکنش صفات مختلف مورد بررسی رازیانه به محلول‌پاشی و پرایم با سالیسیلیک اسید و آب مقطر تحت هر دو شرایط تنش و شاهد یکسان بوده‌است.

به‌طور کلی با توجه به نتایج آزمایش، با وجود افزایش معنی‌دار محتوای اسانس دانه تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد، به‌دلیل اُفت فاحش عملکرد دانه، عملکرد اسانس نیز به تبع آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بنابراین برای حصول به عملکرد دانه و اسانس مناسب در زراعت این گیاه از کشت آن در مناطقی که تحت شرایط آخر فصل و مخصوصاً مراحل زایشی گیاه با محدودیت آبی مواجه

www.SID.ir

Archive of SID

هستند، پرهیز شود. بر طبق نتایج آزمایش، هرچند تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه و اسانس بین تیمارهای محلول‌پاشی و پرایم با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار وجود ندارد، اما با توجه به اختلافی که از لحاظ عملکرد دانه (حدود ۱۰۰ کیلوگرم) و اسانس بین این دو تیمار وجود دارد و از لحاظ اقتصادی نیز قابل توجه می‌باشد، محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار می‌تواند به‌عنوان تیمار برتر و مؤثر در بهبود عملکرد دانه و اسانس رازیانه معرفی شود.

منابع مورد استفاده

- Alizadeh, A., Tavoosi, M., Imanlo, M. and Nassiri, M., 2004. Effect of irrigation regimes on yield and yield components of cumin. Iranian Journal of Field Crops Research, 2(1): 35-42.
- Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M., 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.
- Buntain, M. and Chung, B., 1994. Effect of irrigation and nitrogen on the yield components of fennel (*Foenicubum vulgare* Mill.). Australian Journal of Experimental Agriculture, 34: 845-849.
- Charles, D.J., Joly, R.G. and Simon, J.E., 1990. Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. Phytochemistry, 29(9): 2837-2840.
- El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225.
- Haidari, N., 2010. The effect of Water Stress and Harvesting Time on Some Ecophysiological Traits and Essential Oil of Anise. MSc. thesis, University of Zanjan, Zanjan.
- Hamada, A.M., 2001. Salicylic acid versus salinity-drought induced stress on wheat seedlings. Rostlinná Výroba, 47: 444-450.
- Hekmatshoar, H., 1993. Plants Physiology under difficult condition (Translation). Niknam Press, 251p.
- Hide, O., Kumar, A. Y., Egava, k., ashivaba, k. and Shono, M., 2005. Midday drop of laef water content related to drought tolerance in snap bean. Plant Production Science, 8(4):465-467.
- Jahanbin, A., Rostami, D. and Koohkan, A., 2002. A study of adaptation and yield comparison of rapeseed cultivars. 7th Iranian Crop Sciences Congress, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, 24-26 August.
- Jangir, R.P. and Singh, R., 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of comin (*Cuminum cyminum*). Indian Journal of Agronomy, 41: 140-143.
- Kaur, S. Gupta, A.K. and Kaur, N., 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. Journal of Agronomy and Crop Science, 191: 81-87.
- Khodary, S.F.A., 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology, 6: 5-8.
- Kirigwi, F.M., Van Ginkel, M., Trethowan, R.G., Sears, R.G., Rajaram, S. and Paulsen, G.M., 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica, 135: 361-371.
- Kumar, P., Dube, D. and Chauhan, V.S., 1999. Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). Indian Journal of Plant Physiology, 4: 327-330.
- Lorio, P.L., 1986. Growth-differentiation balance: A basis for understanding southern pin beetle-tree interaction. Forest Ecology Management, 14: 259-273.
- Maahasi, M.J., Pathak, F R., Wachiva, S.N., Riungu, T.C., Kinyaa, M.G. and Kamundia, J.W., 2006. Correlation and Path coefficient analysis in exotic safflower genotype tested in the arid and semi arid land of Kenya. Journal of Experimental Botany, 466: 65-73.
- Mirabdollahi, S.M., 2011. The Changes of Essential Oil Yield and Composition of Fennel under Limited Irrigation Condition. MSc. thesis, University of Zanjan, Zanjan.
- Nurhan, T.D. and Vazquez, R.S., 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown undar controlled conditions. Journal of Applied Horticulture, 7(1): 20-22.
- Omidbaigi, R., 2007. Production and processing of medicinal plants. Vol. 3, Astane Ghods Razavi press, Mashhad, 325p.
- Pouryousef, M., Tavakoli, A., Maleki, M. and Barkhordari, K., 2012. Effects of drought stress and harvesting time on grain yield and its components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). National

www.SID.ir

Archive of SID

- Shakirova, F.M. and Sahabutdinova, D.R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant science, 164: 317-322.
- Singh, G. and Kaur, M., 1980. Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (*Vigna radiato* L.). Indian Journal of Plant Physiology, 23: 366-370.
- Tavakoli, A., 2003. Effects of supplemental irrigation and nitrogen rates on yield and yield components of rainfed wheat cultivar Sabalan. Seed and Plant Improvement Journal, 19(3): 367-381.
- Zehtab Salmasi, S., 2001. Evaluation of Ecophysiological Effects of Irrigation and Sowing Date on Growth, Essence and Anetol of Anise. Ph.D Thesis, University of Tabriz.

Congress on Medicinal Plants, Kish Island, Iran, 16-17 May: 315.
- Rizopoulous, S. and Diamantaglon, S., 1991. Water stress induced diurnal variation in leaf water relation stomatal conductance, soluble sugar. Lipids and essential oil content of *Origanum majorana*. Journal of Horticulture science, 66: 119-125.
- Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E. and Dixon, K., 2002. Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation, 30: 157-161.
- Shahi, F., 2012. Effect of Salicylic Acid Priming and Seed Size on Vigor and Performance of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris*) under Field Condition. MSc. thesis, University of Zanjan, Zanjan.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of seed priming and foliar application of salicylic acid on yield and essence of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress condition

F. Mohtashami[1], M. Pouryousef[2*], B. Andalibi[3] and F. Shekari[3]

1- MSc. student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, E-mail: pouryousef@znu.ac.ir
3- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: July 2013 Revised: June 2014 Accepted: June 2014

Abstract

To study the effects of seed priming and foliar application of salicylic acid (SA) on yield and essence of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) under drought stress condition, a field experiment was conducted at College of Agriculture, University of Zanjan in the spring of 2012. The experiment was conducted as a split plot based on complete randomized block design with three replications. In this study, drought stress at reproductive stage with control (full irrigation) was assigned to the main plots and different treatments of seed priming and foliar application with SA including dry seeds (without priming), seeds priming with SA at different concentrations (0, 800 and 1600µmol) and foliar application with SA at different concentrations (800 and 1600µmol) were assigned to the subplots. Results showed that the majority of measured traits including number of umbrella in plant, number of seeds in umbrella, seed thousand weight, harvest index, biomass, grain yield, and essential oil yield significantly decreased under drought stress condition and the essential oil content increased vice versa. Therefore, the highest seed (2925.6kg/ha) and essential oil yield (52.88kg/ha) were obtained in control, and the lowest amount of mentioned traits was obtained in drought stress condition. The results also showed that the effect of seed priming and foliar application of SA on the majority of measured traits was significant. There were no differences about seed yield and essential oil yield between foliar application and priming with SA at a concentration of 1600 µmol; however, the highest seed yield (2579.60kg/ha) and essential oil yield (63.15kg/ha) were obtained in foliar application with SA at a concentration of 1600µmol, and the lowest amounts of mentioned traits were obtained in dry seeds (without priming).

Keywords: Drought stress, fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.), salicylic acid, essential oil content, seed yield.

www.SID.ir

Archive of SID

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۱، شماره ۵، صفحه ۸۵۲- ۸۴۱ (۱۳۹۴)

تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در شرایط تنش خشکی

فاطمه محتشمی[۱]، مجید پوریوسف[۲*]، بابک عندلیبی[۳] و فرید شکاری[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

پست الکترونیک: pouryousef@znu.ac.ir

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۲ تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در شرایط تنش خشکی آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در بهار ۱۳۹۱ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش تنش خشکی در مرحله زایشی با سطح شاهد (آبیاری کامل) در کرت‌های اصلی و سطوح مختلف محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید شامل بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار)، پیش‌تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (صفر، ۸۰۰ و ۱۶۰۰میکرومولار) و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار) در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشتر صفات مورد بررسی ازجمله تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه، تعداد چترک در چتر و عملکرد دانه و اسانس تحت تأثیر تنش خشکی در مقایسه با شاهد (آبیاری) به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. اما محتوای اسانس دانه افزایش یافت. به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه (۲۹۲۵/۶ کیلوگرم در هکتار) و اسانس (۵۲/۸۸ کیلوگرم در هکتار) از شاهد (آبیاری کامل) و کمترین میزان صفات مذکور در شرایط تنش خشکی حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که صفات مورد بررسی تحت تأثیر محلول‌پاشی و پرایم با سالیسیلیک اسید در مقایسه با بذر خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. به‌طوری که بین پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه و اسانس وجود نداشت، اما بیشترین عملکرد دانه (۲۵۷۹/۶ کیلوگرم در هکتار) و اسانس (۶۳/۱۵ کیلوگرم در هکتار) از محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین میزان صفات مذکور از بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، سالیسیلیک اسید، عملکرد اسانس، عملکرد دانه.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از مهمترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی ایران و متعلق به خانواده چتریان (Apiaceae) است. این گیاه چندساله عمدتاً به‌منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی کشت می‌شود و در حال حاضر در بیشتر نقاط جهان زمین‌های زراعی وسیعی زیر کشت رازیانه قرار دارد (Omidbaigi, 2007).

آب به‌عنوان مهمترین و بیشترین ترکیب (۸۵٪ تا ۹۰٪) اندام گیاهی، ازجمله عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر روند رشد و نمو و همچنین مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Hekmatshoar, 1993). کمبود آب یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولیدات زراعی در جهان است و این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از اهمیت بیشتری برخوردار است (Kirigwi *et al*., 2004).

اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاهان بستگی زیادی به زمان، مدت و شدت تنش دارد. تنش خشکی در مراحل زادآوری گیاه، به علت کاهش تعداد و اندازه دانه می‌تواند عملکرد را بشدت کاهش دهد. بروز تنش خشکی طی مراحل مختلف نموی مخصوصاً مرحله زایشی باعث کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Pouryousef *et al*., 2012).

نتایج تحقیقات موجود، حکایت از آن دارد که خواص کمّی و کیفی بسیاری از گیاهان دارویی متعلق به خانواده چتریان بشدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. طی آزمایشی در مورد تأثیر رژیم‌های کم آبیاری بر انیسون (*Pimpinella anisum*) گزارش شد که با کاهش مقدار آب آبیاری، ارتفاع گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چترک در هر چتر و عملکرد دانه و اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (Zehtab Salmasi, 2001). گزارش شده که در گیاه نعنا (*Mentha spicata*) میزان ماده خشک و عملکرد اسانس با انجام آبیاری بیشتر، افزایش یافت (Charles *et al*., 1990).

نتایج تحقیقات انجام شده روی گیاه رازیانه نشان داد که آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اسانس طی فصل رشد شد (Buntain & Chung, 1994).

برای مقابله با آثار ناشی از تنش خشکی محققان به‌دنبال راهکارهایی برای کاهش اثرات نامطلوب آن هستند، به‌طوری که گزارش کرده‌اند افزایش تحمل گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روشهای به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک آسان‌تر و ارزان‌تر است (El-Tayeb, 2005). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است و با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد. اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی شناخته شده‌است (El-Tayeb, 2005). که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می‌دهد (Senaranta *et al*., 2002). بنابراین می‌توان از ترکیب سالیسیلیک اسید برای پرایمینگ و محلول‌پاشی بر گیاهان در جهت کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه استفاده کرد. نتایج مطالعه‌ای بر روی ذرت و خردل نشان داد که فعالیت رابیسکو و سرعت فتوسنتز تحت تنش و زمانی که با سالیسیلیک اسید تیمار شدند افزایش پیدا کرد و این امر منجر به افزایش عملکرد در مقایسه با گیاهانی شد که با سالیسیلیک اسید تیمار نشده بودند (Khodary, 2004). در آزمایش دیگری بذرهای گندمی که در استیل سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شده بودند از مقاومت بیشتری در برابر تنش خشکی برخوردار بودند (Hamada, 2001). همچنین طی آزمایشی هم سالیسیلیک اسید و هم استیل سالیسیلیک اسید، به‌طور مؤثری گیاهان گوجه‌فرنگی و لوبیا را در برابر تنش خشکی محافظت کردند، که در نهایت باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط شد (Senaranta *et al*., 2000).

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه تحقیقات محدودی در مورد تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر خواص کمّی و کیفی گیاهان دارویی و مخصوصاً رازیانه انجام شده‌است، هدف اصلی این تحقیق، بررسی تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و اسانس رازیانه در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی بود.

مواد و روشها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان اجرا شد. زنجان در عرض شمالی ۴۱ و °۳۶ و طول شرقی ۲۷ و °۴۸ و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا واقع شده‌است. متوسط بارندگی و دمای زنجان طی ماه‌های فروردین تا آبان ۱۳۹۱ (در طول استقرار گیاه در مزرعه) در جدول ۱ ارائه شده‌است. زمین محل آزمایش دارای خاکی با بافت لومی رسی بود. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده‌است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تنش خشکی در دو سطح شامل آبیاری در کلیه مراحل رشد به‌صورت هفتگی (شاهد) و تنش خشکی در مرحله گلدهی در کرت‌های اصلی قرار گرفت. روش اعمال تنش بدین ترتیب بود که در مرحله گلدهی تا رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال آبیاری قطع شده و پس از آن برای بازیافت بوته‌ها، آبیاری مجدد انجام شد و این روند قطع آبیاری و آبیاری مجدد تا رسیدگی گیاه ادامه داشت. محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید نیز در شش سطح شامل بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار)، بذرهای پیش‌تیمارشده با آب مقطر، پیش‌تیمار بذرها با غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی با غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار سالیسیلیک در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفت. براساس بررسی منابع انجام شده، در بیشتر گزارش‌ها تأثیر پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار بر روی صفات مورد بررسی بیشتر بوده‌است، بنابراین در این آزمایش نیز از سطوح مذکور استفاده شد.

به‌منظور اعمال تیمارهای مربوط به پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، پس از تهیه غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بذرها در محلول‌های مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شده و پس از آن خشک شده و در در مزرعه کشت شدند. برای تیمارهای محلول‌پاشی نیز پس از تهیه محلول‌های سالیسیلیک اسید با غلظت‌های مورد نظر، محلول‌پاشی در مراحل رویشی (۶-۴ برگی) و ظهور چتر انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ۴ ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول ۴ متر بود. کاشت رازیانه در اواخر فروردین ۱۳۹۱ انجام شد. بذر مورد استفاده در این آزمایش توده اصفهان بود که از واحد تحقیقات گیاهان دارویی وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان تهیه شد. بر روی هر ردیف بذرهای رازیانه با فاصله ۱۰ سانتی‌متر در عمق ۲ سانتی‌متر و به‌صورت کپه‌ای کشت شد و روی بذرها توسط مخلوط کود دامی و خاک الک شده به نسبت ۱ به ۳ به ضخامت حدود ۲ سانتی‌متر پوشانیده شد. بوته‌ها در مرحله ۲ تا ۴ برگی تنک شدند و تراکم کاشت به ۱۰ بوته در مترمربع رسانده شد. در مراحل مختلف رشد گیاه و به‌ویژه در مراحل اولیه که جوانه‌زنی و رشد رازیانه بطئی و کند بود، علفهای هرز به روش وجین دستی کنترل شدند.

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد پس از حذف حاشیه‌ها (نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها و همچنین ردیف‌های کناری)، در هر واحد آزمایشی از مساحتی در حدود ۲ مترمربع نمونه‌برداری شد و بعد از جدا کردن بذرها و کاه و کلش نمونه‌ها و قرار دادن آنها در آون به‌ترتیب در دمای ۳۵ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد عملکرد دانه و کاه و کلش اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین اجزای عملکرد، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات شامل تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در هر چتر، تعداد دانه در هر چترک و وزن هزاردانه در آنها اندازه‌گیری شد. به‌منظور استخراج اسانس،

www.SID.ir

Archive of SID

بذرها در آون با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از آن از روش تقطیر با آب برای استخراج اسانس استفاده شد (Mirabdollahi, 2011). پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه شد. تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) انجام شد و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها و جدولها نیز توسط نرم‌افزارهای Excel و Word صورت انجام شد.

جدول ۱- متوسط بارندگی و دمای زنجان طی ماه‌های فروردین تا آبان ۱۳۹۱ (در طول دوره رشد گیاه در مزرعه)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
متوسط بارندگی (mm)	۳/۰۴	۱/۷۷	۰/۵۷	۱/۰۲	۰/۱	۰/۱۹	۰/۱۸	۱/۸۲
متوسط دما (^{o}C)	۹	۱۴/۷	۱۸/۹	۲۱/۲۱	۲۳/۵۴	۱۸/۶	۱۴/۷۴	۵/۳

جدول ۲- ویژگیهای خاک محل اجرای آزمایش

ماده آلی (٪)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته (قدرت یونی هیدروژن)	آهک کل (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۱/۲۱	۰/۷	۸/۱۸	۶	۳۱	۲۷	۴۲	۰/۰۷	۵/۶	۲۶۶	۱	۲

نتایج

نتایج آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر داشتند، اما اثر متقابل عوامل مذکور بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳). تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر به‌طور معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد کاهش یافتند که این کاهش در مورد تعداد چتر در بوته حدود ۱۶٪ و در مورد تعداد چترک در چتر در حدود ۱۳٪ بود. پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید در مقایسه با بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) به‌طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر شد. به‌طوری که بیشترین تعداد چتر در بوته (۳۸/۸۶) و تعداد چترک در چتر (۱۳/۶۸) از محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین میزان صفات مذکور به‌ترتیب در مقادیر ۲۸/۴۶ و ۱۲/۲۲ عدد از بذر خشک (بدون پیش‌تیمار) بدست آمد (جدول ۴).

تعداد دانه در چتر و چترک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید قرار گرفتند، اما اثر متقابل عوامل مذکور بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد تعداد دانه در چتر و چترک به‌ترتیب به میزان ۲۶/۶۳٪ و ۱۵/۷۱٪ کاهش نشان دادند (جدول ۴). محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید در مقایسه با بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) به‌طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد دانه در چتر و چترک شد. به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در چتر (۲۰۶/۸۹) و تعداد دانه در چترک (۱۴/۸۷) از محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین میزان صفات مذکور از بذر خشک (بدون پیش‌تیمار) بدست آمد (جدول ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن هزاردانه مربوط به شاهد (۳/۵۷) و کمترین میزان آن (۲/۸۵) مربوط به تنش خشکی بود (۲۰/۱۷٪ کاهش نسبت به شاهد) (جدول ۴). تأثیر محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید نیز بر وزن هزاردانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۳). محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید موجب افزایش وزن هزاردانه شد. به‌طوری که بیشترین وزن هزاردانه مربوط به محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار (۳/۲۵) و کمترین آن (۳/۰۵) مربوط به بذر خشک بود. هرچند تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن هزاردانه بین محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و پرایم با آب مقطر وجود نداشت (جدول ۴).

محتوای اسانس دانه نیز به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید قرار گرفت (جدول ۳). محتوای اسانس دانه تحت شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین درصد اسانس (۲/۸۴) تحت شرایط تنش خشکی و کمترین آن (۱/۹۶) از تیمار شاهد حاصل شد. افزایش محتوای اسانس دانه تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد در حدود ۴۴/۸۹٪ بود (جدول ۴). محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید نیز به‌طور معنی‌داری موجب افزایش محتوای اسانس دانه در مقایسه با بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) شد. به‌طوری که بالاترین محتوای اسانس دانه (۲/۸۶ درصد) از محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین آن (۱/۹۶٪) از بذر خشک بدست آمد (جدول ۴).

هرچند بین پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ محتوای اسانس وجود نداشت (جدول ۴).

تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه و اسانس نیز معنی‌دار بود، اما اثر متقابل عوامل مذکور بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳). عملکرد دانه و اسانس به‌طور معنی‌داری تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد کاهش یافتند که این کاهش در ارتباط با عملکرد دانه در حدود ۴۹/۳۹٪ و در ارتباط با عملکرد اسانس در حدود ۸/۴٪ بود. محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید نیز به‌طور معنی‌داری موجب بهبود عملکرد دانه و اسانس در مقایسه با بذرهای خشک (بدون پیش‌تیمار) شد. به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه (۲۵۷۹/۶۰ کیلوگرم در هکتار) و اسانس (۶۳/۱۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و کمترین میزان صفات مذکور مربوط به بذر خشک بود. هرچند بین پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه و اسانس وجود نداشت (جدول ۴).

بنابراین لازم به توضیح است که بین پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای تعداد چتر در بوته وجود نداشت. همچنین بین پرایم با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ میکرومولار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ میکرومولار نیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ تمامی صفات مورد بررسی وجود نداشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید و تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در چترک	تعداد چترک در چتر	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۲/۳۷ ns	۵۶۵/۱۱ ns	*۹/۵۲	۰/۸۴ ns	۰/۰۳ ns	۲۵۴۴۲۶/۶۵ ns	۰/۱۷ ns	۳۰۵/۲۰ ns
تنش خشکی	۱	۳۳۸/۵۶ **	۳۰۹۹۳/۵۶ **	۱۳/۶۲ *	۳۰/۹۱ **	۴/۰۳ *	۱۸۷۸۷۶۴۴/۶ **	۶/۹۳ **	۲۱۹۷/۴۷ *
خطا (**a**)	۲	۰/۳۰	۲۷۸/۷۸	۱/۰۹	۰/۲۶	۰/۰۴	۱۴۴۵۴۳/۴۳	۰/۰۶	۹۰/۸۳
سالیسیلیک اسید	۵	۷۵/۹۶ **	۱۶۹۲/۸۱ **	۸/۴۶ **	۱/۹۲ *	۰/۰۳ **	۷۱۸۱۳۲/۳۵ **	۰/۵۳ **	۱۱۰۱/۳۸ **
تنش خشکی×سالیسیلیک اسید	۵	۱/۶۶ ns	۸۶/۳۱ ns	۰/۱۷ ns	۰/۲ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۳۷۲۰۹/۶۷ ns	۰/۰۸ ns	۸۵/۰۷ ns
خطا (**b**)	۲۰	۱/۸۴	۲۲۵/۲۷	۰/۵۳	۰/۷۲	۰/۰۰۳	۱۵۳۲۱/۹۹	۰/۰۶	۳۹/۵۴
ضریب تغییرات (٪)		۳/۸۵	۷/۸۵	۸/۳۸	۶/۳۷	۱/۹۱	۵/۶۱	۱۰/۶	۱۲/۴۱

ns: عدم تفاوت معنی‌دار و * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید و تنش خشکی

تیمار	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چترک	تعداد دانه در چتر	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
تنش								
شاهد (آبیاری)	۳۸/۲۷ a	۱۴/۲۳ a	۱۵/۴۰ a	۲۲۰/۳۵ a	۳/۵۷ a	۲۹۲۵/۶ a	۱/۹۶ b	۵۲/۸۸ a
تنش خشکی	۳۲/۱۴ b	۱۲/۳۶ b	۱۲/۹۸ b	۱۶۱/۶۴ b	۲/۸۵ b	۱۴۸۰/۴ b	۲/۸۴ a	۴۸/۴۴ b
سالیسیلیک اسید								
بذر خشک	۲۸/۴۶ d	۱۲/۲۲ b	۱۳/۱۲ c	۱۶۲/۹۲ c	۳/۰۵ b	۱۶۱۴/۰۷ d	۱/۹۶ d	۲۸/۹۳ d
پرایم با آب مقطر	۳۴/۹ d	۱۳/۱۸ ba	۱۳/۵۲ cb	۱۷۹/۳۲ cb	۳/۱۷ a	۲۰۳۱/۹۲ c	۲/۲ cd	۴۰/۵۸ c
پرایم با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ میکرومولار	۳۵/۷۶ c	۱۳/۵۷ a	۱۴/۴۵ ab	۱۹۶/۷۶ ab	۳/۲۳ a	۲۲۶۰/۲۲ b	۲/۳۶ cb	۵۱/۳۵ b
پرایم با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار	۳۶/۶۶ b	۱۳/۵۵ a	۱۴/۷۹ a	۲۰۴/۱۹ a	۳/۲۴ a	۲۴۷۶/۰۴ a	۲/۶۳ ab	۶۲/۶۷ a
محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۸۰۰ میکرومولار	۳۶/۶ bc	۱۳/۶۷ a	۱۴/۳۹ ab	۱۹۶/۱۳ ab	۳/۲۲ a	۲۲۵۴/۷۳ b	۲/۷ ab	۵۷/۲ ab
محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰میکرومولار	۳۸/۸۶ a	۱۳/۶۸ a	۱۴/۸۷ a	۲۰۶/۸۹ a	۳/۲۵ a	۲۵۷۹/۶۰ a	۲/۸۶ a	۶۳/۱۵ a

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

با اعمال تنش خشکی تعداد دانه در چتر و چترک به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (آبیاری) کاهش یافتند. احتمالاً کاهش آب آبیاری از طریق ایجاد اختلال در گرده‌افشانی و کاهش طول دوره گرده‌افشانی، موجب عدم تلقیح مناسب گلها و کاهش تعداد دانه در چترک و چتر شده‌است. کاهش تعداد دانه در گل‌آذین در شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف توسط محققان متعددی ازجمله Zehtab salmasi (۲۰۰۱) در گیاه انیسون، Nurhan و Vazquez (۲۰۰۵) در گیاه پونه کوهی و Bannayan و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه اسفرزه گزارش شده‌است. تعداد دانه در چتر و چترک طی پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (بذر خشک) افزایش یافت. به نظر می‌رسد کاربرد سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر بر مریستم‌های زایشی، القاء گلدهی و افزایش تقسیم و تمایز سلولی موجب افزایش تعداد دانه در چترک و چتر شده‌است. افزایش تعداد دانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید توسط برخی از محققان ازجمله Shahi، (۲۰۱۲) در گیاه لوبیا چیتی گزارش شده‌است.

وزن هزاردانه تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (آبیاری) کاهش یافت. به نظر می‌رسد با کاهش آب آبیاری، به‌دلیل پیری زودرس برگ‌ها، تولید مواد فتوسنتزی کاهش یافته و در نتیجه اختصاص مواد پرورده به هریک از دانه‌ها کمتر شده و به تبع آن نیز دانه‌های تشکیل شده کوچکتر و لاغرتر شده‌اند. همچنین کاهش طول دوره پر شدن دانه در اثر کاهش آب آبیاری می‌تواند از دیگر دلایل مهم کاهش وزن هزاردانه باشد. Mirabdollahi (۲۰۱۱) و Haidari (۲۰۱۰) نیز دلیل کاهش وزن هزاردانه رازیانه و آنیسون تحت شرایط تنش خشکی را، کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش سنتز مواد پرورده و انتقال آن به دانه‌ها گزارش کرده‌اند. نتایج این تحقیق با نتایج Jahanbin و همکاران (۲۰۰۲) و Tavakoli (۲۰۰۳) به‌ترتیب در رابطه با گیاه کلزا و گندم دیم مبنی بر کاهش وزن هزاردانه در اثر تنش خشکی مطابقت دارد. در این آزمایش وزن هزاردانه تحت تأثیر پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و همچنین پرایم با آب مقطر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (بذر خشک) افزایش یافت. تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن هزاردانه بین محلول‌پاشی و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و پرایم با آب مقطر وجود نداشت (جدول ۴). افزایش وزن دانه عمدتاً ناشی از افزایش طول دوره یا سرعت پر شدن دانه می‌باشد، که در این مورد قدرت مخزن نقش کلیدی دارد و احتمالاً کاربرد سالیسیلیک اسید و پرایم با آب مقطر با افزایش عوامل مذکور موجب افزایش وزن هزاردانه شده‌است. Kaur و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که فعالیت مخزن در گیاهان نخود حاصل از بذرهای پرایمینگ شده به‌دلیل بالاتر بودن فعالیت‌های آنزیم‌های درگیر در متابولیسم ساکارز نظیر ساکارز سینتاز، اینورتازها و ساکارز فسفات سینتاز در مقایسه با شاهد بیشتر بود که در نهایت موجب افزایش وزن صددانه و عملکرد دانه شد. نتایج این آزمایش با نتایج محققان زیادی ازجمله Shahi (۲۰۱۲)، Shakirova و Sahabutdinova (۲۰۰۳) و Kaur و همکاران (۲۰۰۵) بر افزایش وزن هزاردانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید مطابقت دارد.

همان‌طوری که در نتایج بیان شد با اعمال تنش خشکی عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (آبیاری) کاهش یافت. احتمالاً اعمال تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، تولید و عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد ازجمله تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چترک شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش داده‌است. نتایج این آزمایش با نتایج بسیاری از محققان ازجمله Zehtab Salmasi (۲۰۰۱)، Maahasi و همکاران (۲۰۰۶) و Hide و همکاران (۲۰۰۵) و Alizadeh و همکاران (۲۰۰۴) مبنی بر کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش و کم آبیاری مطابقت دارد. Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) و Mirabdollahi (۲۰۱۱) نیز طی آزمایش‌های خود بر روی رازیانه گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

کردند که بروز تنش آبی طی مراحل مختلف نموی مخصوصاً مرحله زایشی باعث کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود. عملکرد دانه طی پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و همچنین پرایم با آب مقطر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (بذر خشک) افزایش یافت، اما بین پرایم با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه وجود نداشت. احتمالاً کاربرد سالیسیلیک اسید از طریق گسترش سریع برگ‌ها، بهبود فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش تولید و عرضه مواد پرورده موجب تغییر در اجزای عملکرد و افزایش عملکرد دانه شده‌است. نتایج این آزمایش با نتایج بسیاری از محققان ازجمله Singh و Kaur (۱۹۸۰) و Kumar و همکاران (۱۹۹۹) مبنی بر افزایش عملکرد دانه تحت کاربرد سالیسیلیک اسید مطابقت دارد.

با اعمال تنش خشکی محتوای اسانس دانه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (آبیاری) افزایش پیدا کرد (جدول ۴). نتایج تحقیقات انجام شده در مورد برخی از گیاهان دارویی نیز مؤید این مطلب است که با اعمال تنش خشکی و کاهش آب آبیاری درصد اسانس افزایش می‌یابد (Rizopoulous & Diamantaglon, 1991؛ Nurhan & Vazquez, 2005). بر طبق فرضیه موازنه رشد–تمایز، تا زمانی‌که شرایط اجازه تقسیم و گسترش سلولی را بدهد کربن صرف رشد می‌شود و با ایجاد تنش خشکی، دوره نوری یا هر عامل محیطی دیگر، رشد متوقف شده و سلول‌ها تمایز یافته، مجاری صمغ تشکیل و گیاه کربن را به تولید صمغ و سایر ترکیب‌های ثانویه اختصاص می‌دهد (Lorio, 1986). پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید موجب افزایش معنی‌دار درصد اسانس در مقایسه با بذر خشک شد. البته تاکنون تحقیقات دقیق در زمینه تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید بر مواد مؤثره گیاهان دارویی و مخصوصاً رازیانه انجام نشده است و چگونگی و دلیل تأثیرپذیری محتوای اسانس دانه رازیانه از کاربرد سالیسیلیک اسید مشخص نیست و نیازمند تحقیقات و بررسی‌های بیشتری است.

با در نظر گرفتن اینکه عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس حاصل می‌شود می‌توان دریافت که علت اصلی بالا بودن عملکرد اسانس در تیمار شاهد، بالا بودن عملکرد دانه است. Buntain و Chung (۱۹۹۴) و Mirabdollahi (۲۰۱۱) نیز طی آزمایش‌های خود بر روی رازیانه و Jangir و Singh (۱۹۹۶) نیز در زیره سبز (*Cuminum cyminum*) گزارش کرده‌اند که با اعمال تنش خشکی و کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد اسانس کاهش می‌یابد. پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پرایم با آب مقطر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در مقایسه با بذر خشک شد. با توجه به افزایش عملکرد دانه و درصد اسانس دانه طی محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید و همچنین آب مقطر، افزایش عملکرد اسانس تحت تیمارهای مذکور قابل توجیه است.

اثر متقابل بین تنش خشکی و پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید بر هیچ‌یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. معنی‌دار نشدن اثر متقابل تنش خشکی و پرایم و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید بر صفات مورد بررسی نشان‌دهنده این مطلب است که تأثیر محلول‌پاشی و پرایم با سالیسیلیک اسید و آب مقطر تحت هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری مطلوب (شاهد) مشابه بوده و به عبارتی واکنش صفات مختلف مورد بررسی رازیانه به محلول‌پاشی و پرایم با سالیسیلیک اسید و آب مقطر تحت هر دو شرایط تنش و شاهد یکسان بوده‌است.

به‌طور کلی با توجه به نتایج آزمایش، با وجود افزایش معنی‌دار محتوای اسانس دانه تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شاهد، به‌دلیل اُفت فاحش عملکرد دانه، عملکرد اسانس نیز به تبع آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بنابراین برای حصول به عملکرد دانه و اسانس مناسب در زراعت این گیاه از کشت آن در مناطقی که تحت شرایط آخر فصل و مخصوصاً مراحل زایشی گیاه با محدودیت آبی مواجه

www.SID.ir

Archive of SID

هستند، پرهیز شود. بر طبق نتایج آزمایش، هرچند تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه و اسانس بین تیمارهای محلول‌پاشی و پرایم با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار وجود ندارد، اما با توجه به اختلافی که از لحاظ عملکرد دانه (حدود ۱۰۰ کیلوگرم) و اسانس بین این دو تیمار وجود دارد و از لحاظ اقتصادی نیز قابل توجه می‌باشد، محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۱۶۰۰ میکرومولار می‌تواند به‌عنوان تیمار برتر و مؤثر در بهبود عملکرد دانه و اسانس رازیانه معرفی شود.

منابع مورد استفاده

- Alizadeh, A., Tavoosi, M., Imanlo, M. and Nassiri, M., 2004. Effect of irrigation regimes on yield and yield components of cumin. Iranian Journal of Field Crops Research, 2(1): 35-42.
- Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M., 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.
- Buntain, M. and Chung, B., 1994. Effect of irrigation and nitrogen on the yield components of fennel (*Foenicubum vulgare* Mill.). Australian Journal of Experimental Agriculture, 34: 845-849.
- Charles, D.J., Joly, R.G. and Simon, J.E., 1990. Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. Phytochemistry, 29(9): 2837-2840.
- El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225.
- Haidari, N., 2010. The effect of Water Stress and Harvesting Time on Some Ecophysiological Traits and Essential Oil of Anise. MSc. thesis, University of Zanjan, Zanjan.
- Hamada, A.M., 2001. Salicylic acid versus salinity-drought induced stress on wheat seedlings. Rostlinná Výroba, 47: 444-450.
- Hekmatshoar, H., 1993. Plants Physiology under difficult condition (Translation). Niknam Press, 251p.
- Hide, O., Kumar, A. Y., Egava, k., ashivaba, k. and Shono, M., 2005. Midday drop of laef water content related to drought tolerance in snap bean. Plant Production Science, 8(4):465-467.
- Jahanbin, A., Rostami, D. and Koohkan, A., 2002. A study of adaptation and yield comparison of rapeseed cultivars. 7th Iranian Crop Sciences Congress, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, 24-26 August.
- Jangir, R.P. and Singh, R., 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of comin (*Cuminum cyminum*). Indian Journal of Agronomy, 41: 140-143.
- Kaur, S. Gupta, A.K. and Kaur, N., 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. Journal of Agronomy and Crop Science, 191: 81-87.
- Khodary, S.F.A., 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology, 6: 5-8.
- Kirigwi, F.M., Van Ginkel, M., Trethowan, R.G., Sears, R.G., Rajaram, S. and Paulsen, G.M., 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica, 135: 361-371.
- Kumar, P., Dube, D. and Chauhan, V.S., 1999. Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). Indian Journal of Plant Physiology, 4: 327-330.
- Lorio, P.L., 1986. Growth-differentiation balance: A basis for understanding southern pin beetle-tree interaction. Forest Ecology Management, 14: 259-273.
- Maahasi, M.J., Pathak, F R., Wachiva, S.N., Riungu, T.C., Kinyaa, M.G. and Kamundia, J.W., 2006. Correlation and Path coefficient analysis in exotic safflower genotype tested in the arid and semi arid land of Kenya. Journal of Experimental Botany, 466: 65-73.
- Mirabdollahi, S.M., 2011. The Changes of Essential Oil Yield and Composition of Fennel under Limited Irrigation Condition. MSc. thesis, University of Zanjan, Zanjan.
- Nurhan, T.D. and Vazquez, R.S., 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown undar controlled conditions. Journal of Applied Horticulture, 7(1): 20-22.
- Omidbaigi, R., 2007. Production and processing of medicinal plants. Vol. 3, Astane Ghods Razavi press, Mashhad, 325p.
- Pouryousef, M., Tavakoli, A., Maleki, M. and Barkhordari, K., 2012. Effects of drought stress and harvesting time on grain yield and its components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). National

www.SID.ir

Archive of SID

- Shakirova, F.M. and Sahabutdinova, D.R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant science, 164: 317-322.
- Singh, G. and Kaur, M., 1980. Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (*Vigna radiato* L.). Indian Journal of Plant Physiology, 23: 366-370.
- Tavakoli, A., 2003. Effects of supplemental irrigation and nitrogen rates on yield and yield components of rainfed wheat cultivar Sabalan. Seed and Plant Improvement Journal, 19(3): 367-381.
- Zehtab Salmasi, S., 2001. Evaluation of Ecophysiological Effects of Irrigation and Sowing Date on Growth, Essence and Anetol of Anise. Ph.D Thesis, University of Tabriz.

Congress on Medicinal Plants, Kish Island, Iran, 16-17 May: 315.
- Rizopoulous, S. and Diamantaglon, S., 1991. Water stress induced diurnal variation in leaf water relation stomatal conductance, soluble sugar. Lipids and essential oil content of *Origanum majorana*. Journal of Horticulture science, 66: 119-125.
- Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E. and Dixon, K., 2002. Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation, 30: 157-161.
- Shahi, F., 2012. Effect of Salicylic Acid Priming and Seed Size on Vigor and Performance of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris*) under Field Condition. MSc. thesis, University of Zanjan, Zanjan.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of seed priming and foliar application of salicylic acid on yield and essence of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress condition

F. Mohtashami[1], M. Pouryousef[2*], B. Andalibi[3] and F. Shekari[3]

1- MSc. student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, E-mail: pouryousef@znu.ac.ir
3- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: July 2013 Revised: June 2014 Accepted: June 2014

Abstract

To study the effects of seed priming and foliar application of salicylic acid (SA) on yield and essence of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) under drought stress condition, a field experiment was conducted at College of Agriculture, University of Zanjan in the spring of 2012. The experiment was conducted as a split plot based on complete randomized block design with three replications. In this study, drought stress at reproductive stage with control (full irrigation) was assigned to the main plots and different treatments of seed priming and foliar application with SA including dry seeds (without priming), seeds priming with SA at different concentrations (0, 800 and 1600µmol) and foliar application with SA at different concentrations (800 and 1600µmol) were assigned to the subplots. Results showed that the majority of measured traits including number of umbrella in plant, number of seeds in umbrella, seed thousand weight, harvest index, biomass, grain yield, and essential oil yield significantly decreased under drought stress condition and the essential oil content increased vice versa. Therefore, the highest seed (2925.6kg/ha) and essential oil yield (52.88kg/ha) were obtained in control, and the lowest amount of mentioned traits was obtained in drought stress condition. The results also showed that the effect of seed priming and foliar application of SA on the majority of measured traits was significant. There were no differences about seed yield and essential oil yield between foliar application and priming with SA at a concentration of 1600 µmol; however, the highest seed yield (2579.60kg/ha) and essential oil yield (63.15kg/ha) were obtained in foliar application with SA at a concentration of 1600µmol, and the lowest amounts of mentioned traits were obtained in dry seeds (without priming).

Keywords: Drought stress, fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.), salicylic acid, essential oil content, seed yield.

www.SID.ir