



تأثیر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک و اسپرین بر خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) تحت شرایط قطع آبیاری

اعظم رومانی^۱، عباس بیابانی^۲، علی راحمی کاریزکی^۳، ابراهیم غلامعلی پور علمداری، عبداللطیف قلی زاده

دریافت: ۹۷/۵/۶ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۴

چکیده

این مطالعه به صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه گنبدکاووس اجرا شد. در این آزمایش تیمارهای آبیاری شامل: شاهد (بدون تنش)، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، به‌عنوان فاکتور اصلی و محلول‌پاشی برگ‌گی اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار) و اسپرین (صفر و ۰/۰۲ میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. براساس نتایج آزمایش بیشترین وزن هزار دانه (۲/۰۰ گرم) در تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه با محلول‌پاشی ۰/۴ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و عملکرد زیستی (۲۴۷۲/۳۷ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری نرمال و محلول‌پاشی برگ‌گی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار و اسپرین با غلظت ۰/۰۲ میلی‌مولار به‌دست آمد. به‌علاوه بیشترین میزان فاکتور تورم بذر (۱۲/۴۲ میلی‌لیتر) و درصد موسیلاژ دانه (۲۱/۳۳ درصد) به‌ترتیب تحت شرایط تنش متوسط و تنش شدید مشاهده شد. بالاترین میزان عملکرد دانه (۵۴۷/۰۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد موسیلاژ دانه (۱۰۲/۱۲ کیلوگرم در هکتار) و درصد پوسته بذر (۷۲ درصد) نیز به تیمار تلفیقی محلول‌پاشی برگ‌گی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار و اسپرین با غلظت ۰/۰۲ میلی‌مولار تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه اختصاص داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده محلول‌پاشی برگ‌گی اسپرین و اسید سالیسیلیک در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه، مانع از کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی شد و این ترکیبات بیشترین عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، درصد پوسته بذر، درصد موسیلاژ دانه و عملکرد موسیلاژ دانه را موجب شدند. با توجه به نتایج حاصل؛ استنباط می‌شود نقش مؤثر اسید سالیسیلیک و اسپرین در تنظیم اسمزی، پایداری غشاء و از بین بردن رادیکال‌های فعال محیط سلول توانست تحمل گیاه دارویی اسفرزه را در شرایط تنش کم‌آبی افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: اسفرزه، تنش خشکی، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، عملکرد دانه، محلول‌پاشی برگ‌گی

رحیمی، ن.، ج. جلیلیان، ع. پیرزاد و ا. قلی نژاد. ۱۳۹۹. تأثیر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک و اسپرین بر خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) تحت شرایط قطع آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴۱: ۶۷-۵۳.

۱- دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران- مسئول مکاتبات. azamroumani2012@gmail.com

۲- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران

۳- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران

مقدمه

مولکولی کم می‌باشد که در مراحل مختلف فیزیولوژیکی و نموی گیاهان نقش دارند (حسین و همکاران، ۲۰۱۱). پلی‌آمین‌ها در القای تقسیم سلولی، جنین‌زایی، ریخت‌زایی، نمو گل، میوه و دانه، تکوین ریشه، پایداری غشاء، جمع‌آوری رادیکال‌های فعال و در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی از جمله شوری، خشکی و پیری نقش ایفاء می‌کنند (کائور-ساوانی و همکاران، ۲۰۰۳). نقش تنظیم‌کنندگی پلی‌آمین‌ها در ارتباط با واکنش در برابر تنش‌ها و پیری را می‌توان به دلیل نقش مؤثر آنها در تنظیم اسمزی، پایداری غشاء و از بین بردن رادیکال‌های فعال از محیط سلول‌ها دانست (لئو و همکاران، ۲۰۰۷).

رحیمی و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که قطع آبیاری در زمان گل‌دهی اسفرزه سبب کاهش بیوماس آن به میزان ۴۳ درصد گردید. به علاوه آنها عملکرد دانه اسفرزه را در شرایط آبیاری کامل در طول دوره رشد را معادل ۹۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند. در مطالعه‌ای که بر روی گیاه دارویی سیاهدانه تحت شرایط تنش خشکی انجام شد بالاترین عملکرد اسانس (۹/۸۴ کیلوگرم در هکتار) در فاصله آبیاری ۷ روز به دست آمد که با افزایش فواصل آبیاری این میزان ۲۴ درصد کاهش یافت (شعبان‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین در آزمایشی حسین و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که ارتفاع بوته و تعداد برگ‌های سبز به‌طور یکنواختی تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفتند، کاهش ارتفاع ساقه در پاسخ به تنش خشکی می‌تواند به علت مسدود شدن آوندهای چوبی و آبکش باشد که به دنبال آن انتقال مواد و شیره گیاهی از طریق آوندها مختل می‌شود (خلیل و همکاران، ۲۰۱۰). گزارش‌های متعددی مبنی بر نقش اسید سالیسیلیک و پلی‌آمین‌ها در کاهش اثرات ناشی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی وجود دارد. یزدان‌پناه و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک اثرات مضر تنش بر روی طعم مطبوع گیاه دارویی مرزه را از طریق کاهش مالون دی‌آلدئید و دیگر دی‌آلدئیدها کاهش داد. در پژوهشی کاربرد اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش موجب کاهش معنی‌دار پراکسیداسیون لیپید در گیاه دارویی ریحان شد (دلواری و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری تا حدود زیادی میزان نشت الکترولیت را در گیاه دارویی همیشه بهار کاهش داد (بیات و همکاران، ۲۰۱۲). در پژوهشی فرجام و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر توانست بیشترین وزن صد دانه گل‌رنگ (۳۱/۴۳ گرم) را تولید کند. بررسی اثرات محلول‌پاشی برگی اسپرمیدین بر روی گیاه دارویی

اسفرزه با نام علمی *Plantago ovata* Forssk از خانواده Plantaginaceae، گیاهی علفی و یک‌ساله است. بذرهای این گیاه ریز و شبیه گوش اسب است و به‌همین خاطر به آن *Ispaghula* (اسپاگول) اطلاق می‌شود. بر طبق مدارک موجود گیاه اسفرزه از کهن‌ترین گیاهان مورد استفاده در طب سنتی ایران و ملل مختلف بوده و برای درمان بسیاری از بیماری‌ها از جمله درمان یبوست، اسهال‌های خونی، کاهش میزان کلسترول، چربی و قند خون در افراد دیابتی و مبتلا به چربی خون کاربرد دارد. تجزیه دانه‌های اسفرزه وجود برخی قندها و ترکیبات پلی‌ساکاریدی را در موسیلاژ دانه نشان داده است که شامل گالاتوز، گلوکز، گزیلوز، آرابینوز و رامینوز می‌باشند. موسیلاژ دانه اسفرزه (در مقایسه با سایرین) که حداقل ۱۵ درصد برآورد شده است، دارای قدرت سوسپانسیون و امولسیون‌بهرتری در مقایسه با تراگانانت و متیل سلولز است (امیدبیگی، ۱۳۸۴؛ قربانی قوژدی، ۱۳۹۳).

خشکی یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های تولید محصولات در سرتاسر جهان است که بهره‌وری محصول را بیشتر از سایر تنش‌های محیطی کاهش می‌دهد (لامبرس و همکاران، ۲۰۰۸). تنش خشکی مانع از رشد و کارکرد گیاه شده و بسیاری از تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و مولکولی از جمله تنش‌های اکسیداتیو و اختلال متابولیکی را در گیاه موجب می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۱۳). در این راستا اگر چه به‌نژادی می‌تواند تحمل به خشکی را در گیاهان افزایش دهد، اما استفاده از ترکیباتی که بتواند به‌طور مؤثر تحمل به تنش‌ها را افزایش دهد، احتمالاً یکی از راه‌کارهای مناسب به‌منظور پیش‌گیری از این گونه آسیب‌ها باشد (شایون و همکاران، ۲۰۰۹).

اسید سالیسیلیک یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک یک ترکیب فنلی است که در طبیعت وجود داشته و در برخی بافت‌های گیاهی هم به فراوانی یافت می‌شود. این ترکیب در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند القای گل‌دهی، رشد و نمو، تکامل، جذب یون‌ها، فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل و پروتئین، ممانعت از بیوسنتز اتیلن، جذب و انتقال عناصر، جوانه‌زنی بذر و عکس‌العمل گیاه در برابر تنش‌های زیستی و فیزیکی نقش دارد (حارا و همکاران، ۲۰۱۲) و به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (سناراتا و همکاران، ۲۰۰۲).

پلی‌آمین‌ها شامل اسپرمیدین (تری‌آمین) اسپرمین (تترا‌آمین) و پیش‌ساز آنها پوترسین (دی‌آمین) ترکیباتی طبیعی با وزن

آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلنت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر و متوسط بارندگی ده ساله ۴۵۰ میلی‌متر به اجرا درآمد. قبل از کاشت، نمونه‌برداری خاک جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام شد (جدول ۱). در این آزمایش سه سطح تنش کم آبیاری شامل شاهد (Ir_1 = بدون اعمال تنش)، تنش شدید (Ir_3 = قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی) و تنش متوسط (Ir_2 = قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه‌ها) به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح محلول-پاشی اسید سالیسیلیک (SA_{0mM} = عدم مصرف (اسپری آب)، $SA_{0.4mM}$ = غلظت ۰/۴ میلی‌مولار و $SA_{0.8mM}$ = غلظت ۰/۸ میلی‌مولار) و دو سطح محلول‌پاشی اسپرمین (Spm_{0mM} = عدم مصرف (اسپری آب) و $Spm_{0.02mM}$ = غلظت ۰/۰۲ میلی‌مولار) به عنوان کرت‌های فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای هر کرت آزمایشی پنج ردیف کاشت با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و طول خطوط پنج متر با عمق کاشت ۰/۵ الی یک سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین دو تکرار متوالی سه متر و فاصله بین کرت‌های اصلی (سطوح مختلف تنش) جهت جلوگیری از تأثیر بر یکدیگر، سه متر در نظر گرفته شد. بذر اسفرزه اواتا (۹۸ درصد خلوص بذر) از شرکت سبز رویش محلات و اسید سالیسیلیک (Sigma) و اسپرمین (Sigma) از شرکت بهنوژن تهران تهیه گردیدند. قبل از کاشت به منظور تأمین نیتروژن و فسفر مورد نیاز به ترتیب از کودهای نیتروژن (از منبع اوره) (۷۵ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) (۱۰ کیلوگرم در هکتار) طبق آزمون خاک (جدول ۱) استفاده شد.

جینسینگ در شرایط تنش نشان داد که کاربرد اسپرمیدین، از طریق ممانعت از تجزیه کلروفیل و افزایش سطوح پلی‌آمین‌ها، همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر کاتالاز (CAT) و آسکوربات پراکسیداز (APX) در رشد گیاهچه مؤثر بود (پروین و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج آزمایش موسوی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که کاربرد خارجی اسپرمیدین در گیاه دارویی سنبل‌الطیب میزان تجمع پتاسیم (کاهش آسیب‌گشاء سلولی)، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی (تأمین‌کننده انرژی جهت رشد و تولید در گیاه) را افزایش داد. گزارش‌های متعددی حاکی از که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها (اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین) در گندم (گوپتا و همکاران، ۲۰۱۲)، پسته (کامیاب و همکاران، ۲۰۱۳)، مرکبات (شی و همکاران، ۲۰۱۳)، پنبه (لوکا و همکاران، ۲۰۱۵)، سنبل‌الطیب (موسوی و همکاران، ۲۰۱۵)، گوجه‌فرنگی (نوروزی گیوی و همکاران، ۲۰۱۵) و گل رز (حسینی فرهی و زاده باقری، ۱۳۹۵) است که تحمل گیاهان مذکور را به تنش‌های غیر زنده مختلف بهبود بخشید.

با توجه به نبود آب کافی در نقاط مختلف و خشک جهان از جمله ایران، پژوهش‌گران همواره به دنبال راه‌کارهای متعددی برای کاهش میزان آسیب سلولی ناشی از تنش‌های غیر زنده و افزایش تحمل به آنها و همچنین دست‌یابی به عملکرد مطلوب هستند. در این بین، به نظر می‌رسد استفاده از ترکیباتی که بتوانند به طور مؤثر تحمل به تنش‌ها را افزایش دهند؛ مثمر ثمر خواهد بود. لذا در این راستا پژوهشی به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین تحت شرایط تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در سال ۹۶-۱۳۹۵

pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	درصد			میزان (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
		مواد خنثی شونده	کربن آلی	نیتروژن کل	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	درصد عناصر بافتی
۷/۷	۱/۳۴	۸	۱/۰۵	۰/۱۱	۴۸۷	۲۰/۶	سیلت ۵۵ رس ۳۲ ماسه ۱۳

سانتی‌متری، بوته‌ها تنک شدند. مقدار رطوبت خاک قبل از اعمال تیمارهای تنش در تمام کرت‌های آزمایشی به صورت یکسان و در دامنه بین ۰/۷ تا ۰/۹ ظرفیت زراعی (معادل رطوبت وزنی

پس از اتمام کلیه عملیات تهیه زمین در اواسط اسفندماه نسبت به کاشت دستی اسفرزه بر روی خطوط کشت اقدام گردید. پس از استقرار کامل گیاهچه با در نظر گرفتن فاصله ۱۰

(نسخه 9.1) و نرم افزار SPSS (نسخه 22.0) و مقایسه میانگین با آزمون LSD و رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین اثر اصلی قطع آبیاری در تمامی صفات در سطح احتمال یک و پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت، همچنین بین اثرات اصلی اسید سالیسیلیک و اسپرمین و اثرات متقابل قطع آبیاری × اسید سالیسیلیک، قطع آبیاری × اسپرمین، اسید سالیسیلیک × اسپرمین و قطع آبیاری × اسید سالیسیلیک × اسپرمین به جز در برخی صفات در سایر صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد مشاهده شد.

ارتفاع بوته: براساس نتایج جدول ۲؛ اعمال تنش کم‌آبی موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد شد. این در حالی است که کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار و اسپرمین با غلظت ۰/۰۲ میلی‌مولار در قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه مانع از کاهش این صفت در گیاه اسفرزه گردید. همچنین کاربرد تلفیقی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی‌مولار و اسپرمین با غلظت ۰/۰۲ میلی‌مولار افزایش ارتفاع بوته را به‌دنبال داشت، در سایر سطوح اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در این راستا کاهش ارتفاع بوته در سیاهدانه (اکبری‌نیا و همکاران، ۲۰۰۵) و اسفرزه (موسوی نیک، ۱۳۹۱) نیز تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است. در پژوهشی که به‌منظور بررسی کاربرد برگی پوترسین و اسپرمیدین بر روی صفات رویشی گیاه دارویی ریحان تحت شرایط تنش خشکی انجام شد؛ کاربرد ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین و ۰/۸ میلی‌مولار اسپرمیدین بالاترین طول ساقه را موجب شدند (پازوکی، ۱۳۹۶). شکوفته و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعه تأثیر اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش خشکی بر روی گیاه اسفرزه بالاترین ارتفاع بوته را گزارش کردند؛ بنابراین، استنباط می‌شود که اسپرمین از طریق افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلول و به‌دنبال آن افزایش طول میانگره و اسید سالیسیلیک با تأثیر بر رشد و نمو گیاه موجب کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی و به‌دنبال آن افزایش ارتفاع بوته شده است.

۱۶/۸ الی ۲۱/۶ درصد) نگه داشته شد. برای این منظور هر ۴ الی ۵ روز از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه گردید و میزان رطوبت وزنی آنها اندازه‌گیری شد و در صورت نیاز نسبت به آبیاری کرت‌ها اقدام گردید. برای حصول اطمینان بیشتر به اعمال تنش خشکی در گیاهان تحت تیمارهای مختلف بعد از برداشت گیاه دارویی اسفرزه در اوایل خردادماه نیز نمونه خاک تهیه و میزان رطوبت اندازه‌گیری شد؛ بدین صورت که میزان رطوبت در تیمار آبیاری نرمال (شاهد) حدود ۰/۹ بار و در تنش متوسط (قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه) ۴/۷ بار و در تنش شدید (قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی) ۹ بار بود؛ که نشانگر اعمال تنش در تیمارهای خشکی است. میزان آب آبیاری برای هر کرت آزمایشی بعد از هر مرحله نمونه‌برداری خاک براساس رابطه زیر برآورد گردید.

$$dw = \frac{(\theta m_1 - \theta m_2)}{100} \times pb \times ds \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه؛ dw : عمق آب آبیاری (cm)، θm_1 : رطوبت وزنی اولیه (درصد)، θm_2 : رطوبت وزنی ثانویه (درصد)، pb : چگالی ظاهری خاک (g/cm_3) و ds : عمق خاک (cm).

محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین در مراحل غنچه-دهی (تولید ساقه گل‌دهنده)، گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها در تیمارهای موردنظر اعمال گردید. عملیات وجین، مبارزه با آفات و بیماری‌ها نیز هم‌زمان در تمام کرت‌های آزمایشی در طی مرحله رشد و نمو گیاه انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری صفات عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی مورد مطالعه شامل؛ ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در بوته و طول سنبله؛ تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی کف‌بر شد و نسبت به تعیین صفات مذکور اقدام گردید. به‌علاوه پس از حذف دو ردیف کناری و نیز ابتدا و انتهای هر کرت نمونه‌گیری جهت برآورد وزن هزار دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد موسیلاژ دانه و درصد پوسته در طی این پژوهش انجام شد. مقدار موسیلاژ با روش کالیانسوندرام و همکاران (۱۹۸۴) اندازه‌گیری شد. درصد پوسته نیز با روش تانکی و تاتلی (۱۹۸۳) برآورد گردید. فاکتور تورم بذر نیز با استفاده از روش شرما و کائول (۱۹۸۶) اندازه‌گیری شد. محاسبات و تجزیه‌های آماری مربوطه با استفاده از نرم‌افزار SAS

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری × اسید سالیسیلیک، آبیاری × اسپریمین و اسید سالیسیلیک × اسپریمین بر ارتفاع بوته گیاه دارویی اسفروزه (*Plantago ovata* Forssk)

Spm _{0.02mM}	Spm _{0mM}		Spm _{0.02mM}	Spm _{0mM}		SA _{0.8mM}	SA _{0.4mM}	SA _{0mM}	
۲۵/۵۶ab	۲۴/۸۰bc	SA _{0mM}	۲۶/۲۰a	۲۶/۷۵a	Ir ₁	۲۶/۱۳ab	۲۶/۶۰a	۲۶/۷۰a	Ir ₁
۲۵/۸۳a	۲۴/۱۳c	SA _{0.4mM}	۲۳/۶۲c	۲۲/۴۰d	Ir ₂	۲۳/۲۵c	۲۲/۳۳d	۲۳/۵۰c	Ir ₂
۲۴/۸۳bc	۲۵/۳۰ab	SA _{0.8mM}	۲۶/۴۲a	۲۵/۰۵b	Ir ₃	۲۵/۸۱ab	۲۶/۰۳ab	۲۵/۴۰b	Ir ₃

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Ir₁ شاهد (عدم تنش)، Ir₂ قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی، Ir₃ قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، SA: اسید سالیسیلیک و Spm: اسپریمین.

خارجی اسید سالیسیلیک و اسپریمین به‌جزء در غلظت‌های بالاتر نتوانست مانع از این کاهش قابل توجه تحت شرایط تنش متوسط و شدید گردد (جدول ۳). با توجه به نتایج اثرات متقابل اسید سالیسیلیک × اسپریمین در جدول ۳؛ سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در عدم مصرف اسپریمین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، در حالی‌که در سطح ۰/۰۲ میلی‌مولار اسپریمین، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک طول سنبله افزایش نشان داد (جدول ۳). با توجه به نتایج، احتمالاً غلظت پایین این ترکیبات نتوانست تأثیر منفی تنش کم‌آبی را کاهش دهد، در نتیجه منجر به کاهش طول سنبله و به‌دنبال آن تعداد دانه در سنبله که اجزای مهم عملکردی هستند، از طریق کاهش فتوسنتز و به‌دنبال آن کاهش تولید و انتقال مواد پرورده جهت رشد گیاه (پیراسته انوشه و همکاران، ۲۰۱۲) گردید. به‌علاوه، استنباط می‌شود که کاربرد اسید سالیسیلیک و اسپریمین در نتیجه افزایش ناچیز کارایی مصرف آب و کاهش خسارت تنش اکسیداتیو توانست از کاهش طول سنبله در اثر قطع آبیاری در برخی تیمارها ممانعت کند.

تعداد سنبله بارور در بوته: مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که در شرایط بدون تنش تیمار به‌جزء تیمار محلول-پاشی با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و عدم مصرف اسپریمین در سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نگردید (جدول ۴). در شرایط تنش شدید اسپری برگی اسید سالیسیلیک و اسپریمین بر صفت تعداد سنبله بارور در اسفروزه نسبت به شاهد مؤثر بود. همچنین در شرایط تنش متوسط تیمارهای تحت محلول‌پاشی از تعداد سنبله بارور بالاتری نسبت به شاهد برخوردار بودند، به‌طوری‌که بیشترین تعداد این صفت به این تیمارها مربوط بود (جدول ۴). استنباط می‌شود که تنش کم‌آبی در طی مراحل رشد و نمو؛ بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی گذاشته و به‌دلیل فراهم نشدن نهاده‌های فتوسنتزی (پسارکلی، ۱۹۹۹) باعث کاهش این جزء مهم عملکرد دانه شده است. در مطالعه‌های تنش خشکی در مرحله گل‌دهی موجب کاهش تعداد سنبله در بوته اسفروزه گردید (رمرودی و همکاران، ۲۰۱۱).

طول سنبله: براساس مقایسه میانگین‌ها، اعمال تنش خشکی

موجب کاهش طول سنبله نسبت به شاهد شد، به‌طوری‌که کاربرد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری × اسید سالیسیلیک، آبیاری × اسپریمین و اسید سالیسیلیک × اسپریمین بر طول سنبله (سانتی‌متر) گیاه دارویی اسفروزه (*Plantago ovata* Forssk)

Spm _{0.02mM}	Spm _{0mM}		Spm _{0.02mM}	Spm _{0mM}		SA _{0.8mM}	SA _{0.4mM}	SA _{0mM}	
۳/۱۴bc	۳/۱۲c	SA _{0mM}	۳/۴۳b	۳/۵۳a	Ir ₁	۳/۴۰b	۳/۶۲a	۳/۴۳b	Ir ₁
۳/۲۳a	۳/۱۰c	SA _{0.4mM}	۲/۹۰e	۲/۸۰f	Ir ₂	۲/۹۰e	۲/۷۴f	۲/۹۲e	Ir ₂
۳/۲۰ab	۳/۱۲c	SA _{0.8mM}	۳/۲۴c	۳/۰۰d	Ir ₃	۳/۲۰c	۳/۱۲d	۳/۰۵d	Ir ₃

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Ir₁ شاهد (عدم تنش)، Ir₂ قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی، Ir₃ قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، SA: اسید سالیسیلیک و Spm: اسپریمین.

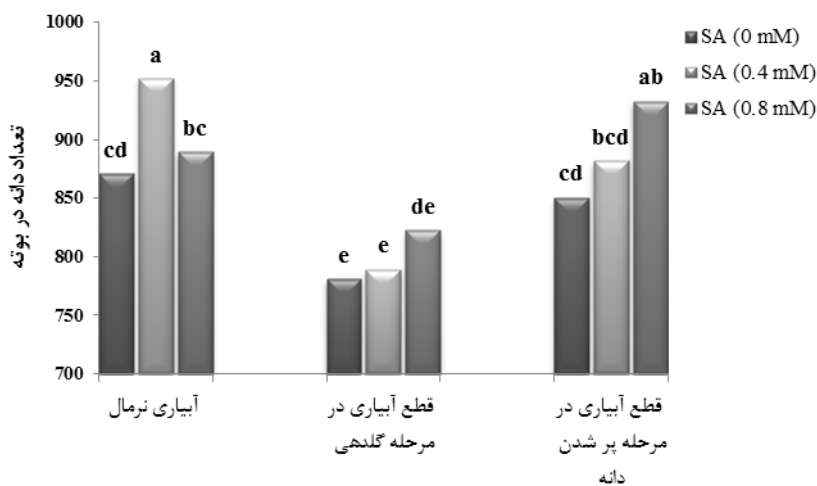
بوته (۹۵۲/۱۷) شد؛ در حالی‌که در غلظت بالاتر تفاوتی با شاهد مشاهده نشد (شکل ۱). اسپری برگی اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش شدید تأثیر قابل توجهی بر این صفت نسبت به

تعداد دانه در بوته: نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین

تیمارها نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی‌مولار موجب افزایش تعداد دانه در

همکاران (۲۰۱۱) تعداد دانه در سنبله اسفرزه را در تأخیر آبیاری در مرحله گل‌دهی را ۷۷/۰۸ عدد گزارش نمودند.

شاهد نداشت؛ در حالی که تحت شرایط تنش متوسط غلظت ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد دانه در بوته (۹۳۲/۸۹) در مقایسه با شاهد گردید (شکل ۱). رمرودی و



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری × اسید سالیسیلیک بر تعداد دانه در بوته اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk)

وزن هزار دانه: مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که تحت شرایط آبیاری نرمال، تیمار محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و بدون مصرف اسپرمین موجب افزایش وزن هزار دانه (معادل ۱/۹۹ گرم) در مقایسه با تیمار شاهد شد. اسپری برگی تیمار تلفیقی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار و اسپرمین با غلظت ۰/۰۲ میلی‌مولار در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی موجب افزایش ۵ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد شد. تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای محلول‌پاشی در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نشد (جدول ۴). در مطالعه‌ای موسوی‌نیک (۲۰۱۲) اظهار داشت که تحت شرایط تنش کم‌آبی به دلیل کاهش فتوسنتز؛ میزان تولید و تجمع ماده خشک نقصان یافته، در نتیجه میزان ماده خشک انتقال یافته به دانه‌های اسفرزه کاهش می‌یابد و وزن دانه‌ها کم می‌شود. وی وزن هزار دانه در اسفرزه در شرایط تنش کم‌آبی را ۱/۴۷ گرم گزارش کرد. پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی اسپرمین و اسید سالیسیلیک تا اندازه‌ای قادر به کاهش خسارت تنش خشکی به وزن هزار دانه اسفرزه می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری × سطوح مختلف اسید سالیسیلیک × اسپرمین بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk)

شاخص برداشت (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد سنبله در بوته	اسپرمین	اسید سالیسیلیک	رژیم‌های آبیاری
۱۹/۹۷f-i	۴۴۱/۳efg	۲۲۱۲/۳۶c	۱/۸۷d-g	۲۹/۹۴c-g	عدم محلول پاشی	عدم محلول پاشی	
۱۹/۴۸g-j	۴۷۳/۷۶de	۲۴۳۷/۵۷ab	۱/۸۰h	۲۷/۰۰gh	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	
۲۱/۶۶d-g	۴۹۰/۸۹cd	۲۲۹۰/۸۸bc	۱/۸۵e-h	۳۰/۳۳c-g	عدم محلول پاشی	۰/۴ میلی مولار	آبیاری نرمال
۱۹/۷۱g-j	۴۵۲/۰۱ef	۲۲۹۳/۵۳bc	۱/۸۱gh	۲۷/۵۰fg	۰/۰۲ میلی مولار	۰/۸ میلی مولار	
۱۷/۴۳j	۳۹۵/۷۱i	۲۲۷۰/۲۱bc	۱/۹۹a	۲۳/۲۲i	عدم محلول پاشی	۰/۸ میلی مولار	
۱۷/۸۵ij	۴۴۱/۳efg	۲۴۷۲/۳۷a	۱/۸۳fgh	۲۷/۱۷g	۰/۰۲ میلی مولار	۰/۸ میلی مولار	
۲۰/۳۵fgh	۴۰۹/۹۸ghi	۲۰۱۶/۷۸de	۱/۸۸d-g	۲۳/۶۷hi	عدم محلول پاشی	عدم محلول پاشی	
۲۵/۷۳ab	۴۳۸/۷۹fg	۱۷۰۵/۱۳h	۱/۹۰b-f	۳۰/۸۳b-f	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	
۲۶/۶۴a	۴۶۲/۱۵def	۱۷۳۶/۲۸gh	۱/۷۹h	۲۹/۰۰d-g	عدم محلول پاشی	۰/۴ میلی مولار	قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی
۲۰/۹۲efg	۴۰۱/۸۵hi	۱۹۲۱/۶۹ef	۱/۸۵e-h	۳۰/۱۷c-g	۰/۰۲ میلی مولار	۰/۸ میلی مولار	(تنش شدید)
۱۸/۱۵hij	۳۴۱/۲۱i	۱۸۸۷/۱۴efg	۱/۸۹c-f	۲۸/۱۷efg	عدم محلول پاشی	۰/۸ میلی مولار	
۲۴/۲۸abc	۴۳۴/۹۴fgh	۱۷۹۴/۳۹fgh	۱/۹۶ab	۲۸/۶۷d-g	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	
۲۰/۲۲g-i	۴۳۴/۹۵fgh	۲۱۵۷/۵۶cd	۱/۹۴a-d	۳۱/۰۰b-e	عدم محلول پاشی	عدم محلول پاشی	
۲۱/۸۷c-g	۴۸۹/۷۶cd	۲۲۴۲/۳۷c	۱/۹۵abc	۳۴/۸۳a	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	
۲۲/۴۰c-f	۴۴۵/۱۴ef	۱۹۸۹/۲۷de	۱/۹۶ab	۳۲/۵۰abc	عدم محلول پاشی	۰/۴ میلی مولار	قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه
۲۵/۵۴ab	۵۱۰/۱۶bc	۲۰۰۴/۸۲de	۱/۹۱b-e	۳۲/۰۰a-d	۰/۰۲ میلی مولار	۰/۸ میلی مولار	(تنش متوسط)
۲۲/۹۰cde	۵۲۷/۱۰ab	۲۳۰۳/۷۹abc	۲/۰۰a	۳۱/۶۷a-d	عدم محلول پاشی	۰/۸ میلی مولار	
۲۳/۶۳bcd	۵۴۷/۰۵a	۲۳۱۶/۵۸abc	۱/۹۹a	۳۴/۰۰ab	۰/۰۲ میلی مولار	۰/۸ میلی مولار	

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

عملکرد دانه: مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که به جز تیمارهای تلفیقی کاربرد برگی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک بدون مصرف اسپرمین، سایر تیمارها در شرایط آبیاری نرمال نسبت به شاهد تفاوت معنی داری نداشتند، به طوری که این تیمارها به ترتیب افزایش ۱۱ درصدی و کاهش ۱۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد را در پی داشت. همچنین تحت شرایط تنش شدید تأثیر افزایشی در کلیه تیمارها مشاهده نشد (جدول ۴). محلول پاشی این ترکیبات در شرایط قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه توانست از طریق کاهش اثرات زیانبار تنش خشکی عملکرد دانه اسفرزه را در مقایسه با شاهد افزایش دهد. بیشترین میزان عملکرد دانه به تیمار تلفیقی ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۰/۰۲ میلی مولار اسپرمین با ۵۴۷/۰۵ کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت (جدول ۴). با توجه به این که در این پژوهش، گیاهان رشد یافته تحت شرایط تنش کم آبی، دارای سنبله کوتاه تر و تعداد دانه کمتری در سنبله بودند، عملکرد دانه کاهش نشان داد. لذا علی رغم تأثیر منفی تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد اسفرزه؛ محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین در غلظت های مختلف توانستند بخشی از اثرات منفی تنش خشکی را بر عملکرد و اجزای عملکرد جبران کنند. امام و نیک نژاد (۱۳۹۰) کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش را به کاهش اجزای عملکرد به خصوص تعداد دانه در سنبله مربوط دانستند. افشارمنش و همکاران (۱۳۸۷) اظهار داشتند که عملکرد دانه اسفرزه تحت شرایط تنش شدید (آبیاری پس از ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به تنش ملایم (آبیاری پس از ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) کاهش ۴۳ درصدی داشت. رضائی چپانه و پیرزاد (۱۳۹۳) افزایش ۱۳ درصدی عملکرد دانه گیاه دارویی سیاهدانه را تحت شرایط تنش خشکی با کاربرد ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک گزارش کردند. باکری و همکاران (۲۰۱۲). افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کتان تحت تیمار خشکی را به نقش اسید سالیسیلیک در تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی که موجب انتقال فعال فرآورده های فتوسنتزی از منبع به مخزن و در نتیجه بهبود رشد رویشی گیاه می شود، نسبت دادند. نتایج این پژوهش با نتایج رمودی و همکاران (۲۰۱۱) در اسفرزه مطابقت داشت.

شاخص برداشت: مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که در صفت شاخص برداشت بین تیمارهای محلول پاشی، تحت آبیاری نرمال تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴). در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل دهی، اسپری برگی $SA_{0.4mM}+Spm_{0mM}$ بیشترین درصد شاخص برداشت معادل

عملکرد زیستی: با توجه به نتایج مقایسه میانگین جدول ۴؛ تیمارهای $SA_{0.8mM}+Spm_{0.02mM}$ و $SA_{0mM}+Spm_{0.02mM}$ به ترتیب با ۲۴۳۸ و ۲۴۷۲ کیلوگرم در هکتار شد، در حالی که سایر تیمارها تفاوتی از این نظر با تیمار شاهد نداشتند. در شرایط تنش شدید، کاربرد خارجی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر این صفت اثر افزایشی نشان نداد. کمترین میزان عملکرد زیستی نیز تحت این شرایط در تیمار $SA_{0mM}+Spm_{0.02mM}$ با ۱۷۰۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در صفت عملکرد زیستی گیاه اسفرزه تحت شرایط تنش متوسط نیز با محلول پاشی این ترکیبات نسبت به شاهد اختلافی مشاهده نشد (جدول ۴). شکوفه فر و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که چون عملکرد دانه بخشی از عملکرد زیستی است، معمولاً یک همبستگی مثبت بین آن دو وجود دارد. در این زمینه در اثر تنش خشکی و کاهش سطح برگ از طریق کاهش تقسیمات سلولی و تورژسانس و بزرگ شدن و تأثیر بر رشد کل گیاه، کاهش ارتفاع بوته و ریزش برگ، همچنین کاهش هدایت روزنه ای برای جلوگیری از عدم هدر روی آب و در نتیجه جذب کمتر دی-اکسیدکربن و نیز اثر تنش بر میزان کلروفیل، موجب کاهش فتوسنتز می شود. در نتیجه عملکرد زیستی که به عنوان مخزن تعیین کننده میزان عملکرد دانه است تحت تأثیر قرار می گیرد. پاتل و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعه ای بر روی گیاه اسفرزه چنین اظهار داشتند که کاهش عملکرد زیستی تحت شرایط تنش کم آبی می تواند به اختصاص شیره پرورده به مکانیزم های دفاعی گیاه اسفرزه در برابر کم آبی مربوط باشد. در پژوهشی مشاهده گردید که قطع آبیاری در زمان گل دهی اسفرزه، زیست توده آن را به میزان ۴۳ درصد کاهش داد، کاهش در میزان وزن تر و خشک گیاهان تحت شرایط تنش نشان می دهد که آب نقش مهمی را در تحریک و تنظیم آنزیم های دخیل در فتوسنتز دارد؛ که در صورت نبود آب کافی، کاهش وزن تر و خشک گیاهان را به دنبال خواهد داشت (رحیمی و همکاران، ۲۰۱۱). رمودی و همکاران (۲۰۱۱). عملکرد زیستی اسفرزه تحت شرایط آبیاری بدون تنش را ۱۸۱۳/۶۱ کیلوگرم در هکتار ذکر کردند که اعمال تنش کم آبی در مرحله گل دهی موجب کاهش عملکرد به میزان ۲۰ درصد شد. به نظر می رسد در پژوهش حاضر محلول پاشی اسید سالیسیلیک توانست عملکرد زیستی اسفرزه را با افزایش تحمل به خشکی و به واسطه افزایش شاخص سطح برگ، افزایش سرعت رشد محصول و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک در اندام های رویشی، افزایش دهد.

تیمار شاهد شاهد مشاهده شد. تیمار تلفیقی ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۰/۰۲ میلی مولار اسپرمین تحت شرایط تنش متوسط دارای بیشترین عملکرد موسیلاژ دانه (۱۰۲/۱۲) کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۵). استنباط می‌شود که اعمال تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه و به دنبال آن القای تنش خشکی موجب افزایش تولید ماده مؤثره (موسیلاژ) در دانه اسفرزه گردیده است. به طوری که درصد و عملکرد موسیلاژ به-عنوان صفات کیفی گیاه دارویی اسفرزه علاوه بر تأثیرپذیری از خصوصیات ژنتیکی تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین قرار گرفتند. در مطالعه‌ای بیشترین عملکرد موسیلاژ دانه اسفرزه مربوط به رژیم آبیاری کامل بود و کمترین آن از تیمار قطع یک نوبت آبیاری بعد از گل‌دهی به-دست آمد (رمرودی و همکاران، ۲۰۱۱). رمرودی و خمر (۱۳۹۲) اظهار داشتند که با افزایش شدت تنش خشکی؛ بر درصد اسانس گیاه دارویی ریحان افزوده شد و بیشترین درصد اسانس به تیمار آبیاری پس از ۶۰ درصد ظرفیت زراعی اختصاص داشت، همچنین محلول‌پاشی یک میلی مولار اسید سالیسیلیک بالاترین درصد اسانس و عملکرد اسانس را موجب گردید.

درصد پوسته بذر: مقایسه میانگین بین تیمارها تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین تیمارهای اعمال شده تحت شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی در مقایسه با شاهد در صفت درصد پوسته بذر نشان ندادند (جدول ۴). تحت شرایط تنش متوسط؛ کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی-مولار و اسپرمین با غلظت ۰/۰۲ میلی مولار بیشترین درصد پوسته بذر با ۷۲ درصد را نسبت به شاهد به خود اختصاص دادند (جدول ۵). با توجه به این‌که انتظار می‌رفت که القای تنش خشکی موجب کوچک شدن اندازه دانه‌های تولید شده و یا کاهش تولید و انتقال مواد پرورده به آنها و پوک ماندن آنها تحت شرایط کم‌آبی گردد و در نهایت به‌علت افزایش نسبت پوسته به دانه؛ عملکرد دانه کاهش یابد، ولیکن محلول‌پاشی برگ‌گی اسید سالیسیلیک و اسپرمین تحت شرایط تنش کم‌آبی افزایش هم‌زمان میزان این دو صفت مهم در گیاه دارویی اسفرزه را به دنبال داشت. تاکور و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی که به منظور پاسخ خصوصیات کمی و کیفی اسفرزه به تنش خشکی انجام دادند، بالاترین درصد پوسته بذر را در اعمال تنش خشکی قبل از گل-دهی (۵۵/۹۷ درصد) گزارش کردند.

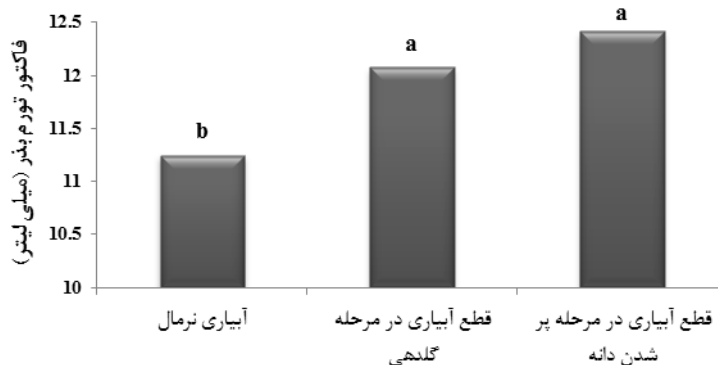
فاکتور تورم بذر: مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که بیشترین میزان فاکتور تورم بذر در تیمارهای تنش متوسط و

۲۶/۶۴ درصد را موجب شد. براساس نتایج حاصل، روند افزایش شاخص برداشت در کاربرد تلفیقی اسید سالیسیلیک و اسپرمین تحت شرایط تنش متوسط به‌جز در تیمار $SA_{0mM} + Spm_{0.02mM}$ نسبت به تیمار شاهد مشهود بود (جدول ۴). با توجه به این‌که میزان شاخص برداشت تناسبی بین عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی گیاه می‌باشد که معیاری برای نشان دادن درصد انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن است، بنابراین هر تغییری در این صفات تحت شرایط مختلف به‌ویژه تنش خشکی موجب تغییر شاخص برداشت گیاه می‌شود. با توجه به این‌که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین تحت شرایط تنش کم‌آبی توانست از طریق ممانعت از کاهش اجزای عملکرد و به دنبال آن عملکرد دانه در برخی تیمارها، بیشترین شاخص برداشت را موجب گردد. استنباط می‌شود که این امر به‌علت دفعات بیشتر محلول‌پاشی قبل از اعمال تنش متوسط و در نتیجه افزایش تجمع و فعالیت اسید سالیسیلیک و اسپرمین در گیاه اسفرزه و نقش مؤثر آنها در افزایش تحمل به کم‌آبی باشد. براساس نتایج آزمایش با وجود داشتن عملکرد دانه بالای برخی تیمارها، میزان شاخص برداشت پایین بود که این امر به‌علت بالا بودن عملکرد زیستی در این صفات بوده است و در برخی تیمارها چون‌که عملکرد زیستی بسیار کم بوده است، علی‌رغم عملکرد دانه کمتر دارای شاخص برداشت بیشتری بودند.

درصد موسیلاژ دانه: مقایسه میانگین بین تیمارهای آزمایشی افزایش معنی‌داری در درصد موسیلاژ دانه تحت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین در شرایط آبیاری نرمال نسبت به شاهد را نشان نداد (جدول ۴). تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه در شرایط عدم مصرف اسید سالیسیلیک و اسپرمین به‌ترتیب بیشترین میزان درصد موسیلاژ با ۲۱/۳۳ و ۲۰/۳۳ درصد را موجب شدند (جدول ۵). در پژوهش تبریزی و همکاران (۱۳۸۳) و افشارمنش و همکاران (۱۳۸۷) اثر فواصل آبیاری بر میزان موسیلاژ دانه اسفرزه غیرمعنی‌دار بود، با این‌حال آنها بالاترین درصد موسیلاژ را در فواصل آبیاری ۳۰ روز و آبیاری پس از ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش کردند.

عملکرد موسیلاژ دانه: مطابق جدول ۴؛ مقایسه میانگین بین تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بین تیمارهای تلفیقی آبیاری و محلول‌پاشی تفاوت چشم‌گیری با تیمار شاهد تحت شرایط آبیاری نرمال (به‌جز $SA_{0mM} + Spm_{0.02mM}$) و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (به‌جز $SA_{0.8mM} + Spm_{0mM}$) نبود. در شرایط تنش شدید، روند کاهشی یا عدم اختلاف معنی‌دار با

شدید به ترتیب با ۱۲/۴۲ و ۱۲/۰۸ میلی لیتر مشاهده گردید. همچنین کمترین میزان فاکتور تورم بذر به تیمار عدم تنش



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمار قطع آبیاری بر فاکتور تورم بذر اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk)

مشاهده نشد (جدول ۵). با توجه به این که میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ تناسبی از فاکتور تورم بذر و درصد موسیلاژ می باشد، بنابراین افزایش در میزان این صفت می تواند؛ به دلیل افزایش نسبی میزان فاکتور تورم و از طرفی کاهش درصد موسیلاژ باشد. همچنین با توجه به این که در شرایط تنش خشکی سهم بیش تری از فرآورده های فتوسنتزی به تولید ترکیبات اولیه- ای نظیر پلی ساکاریدها اختصاص می یابد و نظر به ماهیت پلی- ساکاریدی موسیلاژ و خاصیت هیدروفیلی آن، بنابراین میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ افزایش نشان می دهد. در پژوهشی، بیشترین میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ دانه اسفرزه در تیمار آبیاری نرمال و کمترین میزان آن در تیمار یک مرحله قطع آبیاری قبل از گل دهی به دست آمد (وٹوقی، ۱۳۹۵).

افزایش میزان فاکتور تورم بذر تحت تیمارهای تلفیقی قطع آبیاری در زمان گل دهی و پر شدن دانه احتمالاً به دلیل افزایش میزان اسمولیت های سازشی نظیر قندهای محلول، پرولین، گلیسین و غیره بوده است. همچنین با توجه به این که میزان تورم دانه بیش تر، به دلیل خاصیت تورمی بالای موسیلاژ دانه می باشد. لذا انتظار می رود در بذرهایی که از درصد موسیلاژ بالاتری برخوردارند، از شاخص تورم دانه بالاتری نیز برخوردار باشند، بالا بودن شاخص تورم دانه تحت رژیم کم آبیاری و تیمارهای محلول پاشی ممکن است به همین علت نیز باشد. هر چقدر بذور از درصد موسیلاژ و شاخص تورم بیش تری برخوردار باشند، کیفیت آن ها هم بالاتر خواهد بود. براساس نتایج تحقیق پوریوسف (۱۳۹۳) کاهش تعداد و میزان آبیاری؛ درصد موسیلاژ و فاکتور تورم بذر اسفرزه را به طور معنی داری افزایش داد. در مطالعه ای پیرجلیلی و امیدی (۱۳۹۶) بالاترین فاکتور تورم بذر در گیاه دارویی بالنگو را تحت شرایط تنش متوسط (۷۵-۶۰) اتمسفر) گزارش نمودند.

میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ: براساس نتایج جدول ۴؛ محلول پاشی برگری برخی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک تحت شرایط آبیاری نرمال موجب افزایش میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ نسبت به تیمار شاهد شد. اسپری برگری تیمار $SA_{0mM} + Spm_{0.02mM}$ تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله گل دهی (تنش شدید) توانست این صفت را در مقایسه با شاهد افزایش دهد. همچنین این صفت روند افزایشی نسبت به شاهد در کاربرد اسید سالیسیلیک و اسپرمین نشان داد هر چند با سایر تیمارها بین اعمال سطوح محلول پاشی اختلاف معنی داری

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری × سطوح مختلف اسید سالیسیلیک × اسپرمین بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk)

رژیم‌های آبیاری	اسید سالیسیلیک	اسپرمین	درصد موسیلاژ دانه	عملکرد موسیلاژ دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد پوسته بذر	میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ (میلی لیتر)
	عدم محلول پاشی	عدم محلول پاشی	۱۷ef	۷۵/۱۰fgh	۶۵/۶۷ef	۶۲/۷۵fg
	عدم محلول پاشی	۰/۰۲ میلی مولار	۱۷/۶۷de	۸۳/۷۱de	۶۶/۶۷c-f	۶۴/۱۶d-g
آبیاری نرمال	۰/۴ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۶fg	۷۸/۳۲efg	۶۷c-f	۷۱/۰۱abc
	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۵g	۶۷/۷۶h	۶۶def	۷۵/۹۳a
	۰/۸ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۵/۶۷g	۶۷/۷۶h	۶۷c-f	۷۳/۴۰ab
	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۷/۶۷de	۷۸/۱۶efg	۶۵/۳۳f	۶۴/۳۴c-g
	عدم محلول پاشی	عدم محلول پاشی	۲۱/۳۳a	۸۷/۴۸cd	۶۷c-f	۵۴/۷۶h
	عدم محلول پاشی	۰/۰۲ میلی مولار	۱۸de	۷۱/۱۶gh	۶۵/۶۷ef	۷۰/۶۲a-d
قطع آبیاری در مرحله گل دهی (تنش شدید)	۰/۴ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۸de	۸۳/۱۹def	۶۴/۶۷f	۶۶/۶۰c-g
	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۹/۳۳bc	۷۷/۷۲efg	۶۶/۶۷c-f	۶۱/۳۲fgh
	۰/۸ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۲۰b	۶۷/۱۷h	۶۶def	۶۰/۱۰gh
	عدم محلول پاشی	۰/۰۲ میلی مولار	۲۰b	۸۷/۰۹cd	۶۵/۳۳f	۶۱/۷۷fg
	عدم محلول پاشی	عدم محلول پاشی	۲۰/۳۳ab	۸۸/۴۷bcd	۶۸b-e	۵۹/۹۲gh
	عدم محلول پاشی	۰/۰۲ میلی مولار	۱۸/۶۷cd	۹۱/۳۶bcd	۶۸/۳۳bcd	۶۴/۳۳c-g
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (تنش متوسط)	۰/۴ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۸/۶۷cd	۸۳/۱۶def	۶۹bc	۶۷/۴۲b-f
	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۸/۳۳cd	۹۳/۶۰bc	۶۹/۶۷ab	۶۷/۳۵b-f
	۰/۸ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۸/۳۳cd	۹۶/۶۴ab	۶۸/۶۷bc	۶۹/۲۰a-e
	۰/۰۲ میلی مولار	عدم محلول پاشی	۱۸/۶۷cd	۱۰۲/۱۲a	۷۲a	۶۸/۱b-e

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

نتیجه گیری

و قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی (تنش شدید) به‌دست آمدند. بالاترین مقادیر از لحاظ عملکرد دانه، عملکرد موسیلاژ و درصد پوسته بذر به اسپری برگی ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۰/۰۲ میلی‌مولار اسپریمین تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه مربوط بود؛ بنابراین می‌توان اظهار داشت که محلول‌پاشی برگی گیاه دارویی اسفرزه با ترکیبات فنلی از جمله اسید سالیسیلیک و پلی‌آمین‌ها نظیر اسپریمین در زمان و با غلظت‌های مناسب می‌تواند گامی مؤثر در جهت کاهش اثرات سوء ناشی از تنش کم‌آبی در طی فصل رشد محسوب گردد.

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، اعمال تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار کلیه صفات مورد بررسی شد. در حالی‌که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک و اسپریمین به‌صورت جداگانه و تلفیقی موجب افزایش میزان اکثر صفات مورد مطالعه گیاه دارویی اسفرزه تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی (تنش شدید) و پر شدن دانه (تنش متوسط) شدند. به‌طوری‌که بیشترین میزان فاکتور تورم بذر و درصد موسیلاژ بذر به‌ترتیب تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (تنش متوسط)

منابع

- افشارمنش، ب.، غ. ر. افشارمنش و م. ع. و کیلی شهر بابکی. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر کم‌آبی و کود دامی بر عملکرد کمی، کیفی و برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovate* Forssk.). یافته‌های نوین کشاورزی. ۲(۴): ۳۲۷-۳۳۷.
- امام، ی. و. و نیک‌نژاد. ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۹۴ صفحه.
- امیدبگی، ر. ۱۳۸۴. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۳۸ صفحه.
- پازکی، ع. ر. ۱۳۹۶. بررسی اثر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها بر صفات رویشی، محتوی پروتئین و عصاره گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های به‌زراعی. ۹(۱): ۷۱-۹۴.
- پوریوسف، م.، د. مظاهری، م. ر. چائی‌چی، ا. رحیمی، و ع. ا. جعفری. ۱۳۹۳. تأثیر رژیم‌های کم‌آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه اسفرزه گوش اسبی (*Plantago ovata* Forsk.). نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۱۰(۲): ۸۲-۹۱.
- پیرجلیلی، ف. و ح. امید. ۱۳۹۶. ارزیابی تنش خشکی بر عملکرد دانه و صفات کیفی سه جمعیت گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth). مجله گیاهان دارویی و آروماتیک. ۳۱(۱): ۲۵-۳۸.
- تبریزی، ل. ۱۳۸۳. اثر تنش رطوبتی و کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی (*Plantago ovata*) و پسیلیوم (*Plantago psyllium*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- حسینی‌فرهی، م. و م. زاده‌باقری. ۱۳۹۵. تأثیر کاربرد برگی پلی‌آمین‌ها بر ویژگی‌های رشدی، عمر گل‌جایی و میزان تنظیم‌کننده‌های رشد درونی گل رز رقم دولس‌ویتا. علوم باغبانی ایران. ۴۷(۴): ۷۱۷-۷۲۹.
- رمرودی، م. و ع. ر. خمر. ۱۳۹۲. اثرات متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان. ۱۱(۱): ۱۹-۳۲.
- رضائی‌چیان، الف. و ع. ر. پیرزاد. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط تنش کم‌آبی. ۱۲(۳): ۴۲۷-۴۳۷.
- فرجام، س.، ا. رخزادی، ه. محمدی و س. قلعه‌شاحانی. ۱۳۹۳. اثر تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ بهاره. فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۶(۲۳): ۹۹-۱۱۲.
- قربانی‌قوژدی، ح. ۱۳۹۳. مقدمه‌ای بر مبانی گیاهان دارویی، ادویه‌ای و معطر. انتشارات شاهرود. ۵۰۴ صفحه.
- موسوی‌نیک، م. ۱۳۹۱. بررسی اثر سطوح کود گوگرد بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovate* L.) در شرایط تنش خشکی در منطقه بلوچستان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۲): ۱۷۰-۱۸۲.
- وثوقی، ف. ۱۳۹۵. بررسی ویژگی‌های فنولوژیک و عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی سفرفه در واکنش به کم‌آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.
- Akbarinia, A., M. Khosravi-fard, A. Sharifi ashorabadi, and P. Babakhanlo. 2005. The effect of irrigation intervals on yield and agronomic traits of *Nigella sativa*. J. Med. Aromatic Plants Res. 21(1): 65-73.

- Bakry, B.A., D.M. El-Hariri, S.S. Mervat, and H.M.S. El-Bassiouny. 2012. Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid in two linseed varieties grown under newly reclaimed sandy soil. *J. Appl. Sci Res.* 7: 3503-3514.
- Bayat, H., M. Alirezaie, and H. Neamati. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. *J. Stress Physiol. Biochem.* 8: 258-267.
- Delavari, P.M., A. Baghizadeh, S.H. Enteshari, K.H.M. Kalantari, A. Yazdanpanah, et al. 2010. The Effects of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristic of *Ocimum basilicum* under salinity stress. *Australian J. Basic Appl. Sci.* 4: 4832-4845.
- Gupta, S., V.P. Agarwal, and N.K. Gupta. 2012. Efficacy of putrescine and benzyladenine on photosynthesis and productivity in relation to drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiol. Molecular Bio. Plants.* 18(4): 331-336.
- Har, M., J. Furukawa, A. Sato, T. Mizoguchi, and K. Miura. 2012. Abiotic stress and role of salicylic acid in plants: Abiotic Stress Responses in Plants, In: Parvaiza A, Prasad MNV (Eds) New York, NY: Springer, 235-251.
- Hossein, A.F., A.V. Sayed, D. Jahanfar, H.S. Amir, and A.K. Mohammad. 2009. Medicinal and aromatic plants Farming under drought conditions. *J. Hort. Forest.* 1(6): 086-092.
- Hussain, S., M. Ali, M. Ahmad, and H.M. Kadambot. 2011. Polyamines: Natural and engineered abiotic and biotic stress tolerance in plants. *Biotechnol. Advan.* 29: 300-311.
- Kalyanasundaram, N.K., S. Sriram, B.R. Patel, D.H. Patel, K.C. Dalal, and R. Gupta. 1984. Psyllium: a monopoly of Gujarat. *Indian J. Hort.* 28: 35-37.
- Kamiab, F., A.R. Talaie, M. Khezri, and A. Javanshah. 2013. Exogenous application of free polyamines enhance salt tolerance of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. *Plant Growth Regul.* 72: 257-268.
- Kaur-Sawhney, R., A.F. Tiburcio, and A.W. Galston. 2003. Polyamines in plants: An overview. *J. Cell Molecular Biol.* 2: 1-12.
- Khalil, S.E., N.G. Abd El- Aziz, and B.H. Abou-Leila. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. *J. American Sci.* 6(12): 33-44.
- Lambers, H., F.S. Chapin, and T.L. Pons. 2008. *Plant physiological ecology*, Springer, New York.
- Li, Z., Y. Peng, and X. Ma. 2013. Different response on drought tolerance and post-drought recovery between the small-leafed and the large-leafed white clover (*Trifolium repens* L.) associated with antioxidative enzyme protection and lignin metabolism. *Acta Physiol. Planta.* 35: 213-222.
- Liu, J.H., H. Kitashiba, J. Wang, Y. Ban, and T. Moriguchi. 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. *Plant Biotechnol.* 24: 117-126.
- Loka, D.A., D.M. Oosterhuis, and C. Pilon. 2015. Endogenous Levels of Polyamines under Water Deficit Stress during Cotton's Reproductive Development. *American J. Plant Sci.* 6: 344-354.
- Mustafavi, S.H., F. Shekari, Y. Nasiri, and H. Hatami-Maleki, 2015. Nutritional and Biochemical Response of Water-stressed Valerian Plants to Foliar Application of Spermidine. *Biol. Forum—An Int. J.* 7(1): 1811-1815.
- Nowruzi Givi, M., B. Esmailpour, and M. Mohabedini 2015. Effect of seed pre-treatment on germination and seedling growth indices of tomato. *J. Seed Res.* 5(3): 16-27.
- Parvin, S., O.R. Lee, G. Sathiyaraj, A. Khorolragchaa, Y.J. Kim, and D.C. Yang. 2014. Spermidine alleviates the growth of saline-stressed ginseng seedlings through antioxidative defense system. *Elsevier B.V.* 537(1): 70-80.
- Patel, B.S., J.C. Patel, and S.G. Sadaria, 1996. Response of blond psyllium (*Plantago ovate* L.) to irrigation and phosphorus. *Indian J. Agron.* 41: 311-314.
- Pessarkli, M. 1999. *Hand book of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker Inc, 697 p.
- Pirasteh-Anosheh, H., Y. Emam, M. Ashraf, and M.R. Foolad, 2012. Exogenous application of salicylic acid and chlormequatchloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. *Adv. Study Biol.* 11: 501-520.
- Rahimi, A., M.R. Jahansoz, S. Madah Hoseini, A.R. Sajjadinia, H.R. Roosta, and E. Fateh, 2011. Water use and water-use efficiency of isabgol (*Plantago ovata*) and French psyllium (*Plantago psyllium*) in different irrigation regimes. *Australian J. Crop Sci.* 5: 71-77.

- Ramroudi, M., M. Galavi, B.A. Siahshar, and M. Allahdo. 2011. Effect of micronutrient and irrigation deficit on yield and yield components of isabgol (*Plantago ovata* Forsk) using multivariate analysis. *J. Food Agric. Environ.* 9 (1): 247-251.
- Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn, and K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regular*, 30: 157-161.
- Shabanzadeh, S.H., M. Ramroudi, and M. Galavi. 2012. Influence of Micronutrients Foliar Application on Seed Yield and Quality Traits of Black Cumin in Different Irrigation Regimes. *J. Crop Pro. Proc.* 1(2): 79-89.
- Shaoyun, L., W. Su, H. Li, and H. Guo. 2009. Abscisic acid improves drought tolerance of triploid bermudagrass and involves H₂O₂- and NO-induced antioxidant enzyme activities. *Plant Physiol. Biochem.* 47: 132-138.
- Sharma, P.K. and A.K. Koul. 1986. Mucilage in seeds of *plantago ovata* and its wild allies. *J. Ethnopharmacol.* 17: 289-295.
- Shekofteh, H., H. Shahrokhi, and E., Solimani. 2015. Effect of drought stress and salicylic acid on yield and mucilage content of the medicinal herb *Plantago ovata* Forssk. *Desert* 20(2): 245-252.
- Shi, J., X.Z. Fu, T. Peng, X.S. Huang, Q.J. Fan, and J.H. Liu. 2013. Spermine pretreatment confers dehydration tolerance of citrus in vitro plants via modulation of antioxidative capacity and stomatal response. *Tree Physiol.* 30: 914-922.
- Shokouhfar, A, and S. Abofatilehnezhad, 2013. Effect of drought stress on some physiological traits and biological yield of different cultivars of mung (*Vigna radiate* (L.)) in Dezful. *Quarterly J. Plant Growth Physiol. Islamic Azad University, Ahvaz Branch*, 5 (17): 49-59.
- Thakur, A., S.D. Upadhyaya, A. Upadhyay, and S.N. Preeti 2012. Responses of moisture stress on growth, yield and quality of isabgol (*Plantago ovata* Forsk). *J. Agric. Technol.* 8(2): 563-570.
- Thanki, R.J, and J.G. Talati. 1983. Review of work done on quality evaluation of isabgol seed. Anand Presented at V Indian Workshop on Medicinal and aromatic Plants, held at Solaan H.P.
- Yazdanpanah, S., A. Baghizadeh, and F. Abbassi. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *African J. Agric. Res.* 6: 798-807.

Effects of salicylic acid and spermine exogenous application on functional and physiological characteristics of isabgol (*Plantago ovata* Forssk.) under cutoff irrigation

A. Roumani¹, A. Biabani², A. Rahemi Karizaki³, E. Gholamalipour Alamdari³, A. Gholizadeh³

Received: 2018-7-28 Accepted: 2019-1-14

Abstract

This study was conducted as split plot factorial experiment was done based on a randomized complete block design with 18 treatments and three replications, on research field of the Gonbad Kavous University, Golestan, Iran in winter 2017. In this experiment the treatments of irrigation included; control (non-stress), irrigation cutoff at flowering stage and irrigation cutoff at seed filling stage) was the main-plot and factorial of salicylic acid (SA) (0, 0.4 and 0.8 mM), spermine (Spm) spraying (0 and 0.02 mM) was as a sub-plot. According to the results of the experiment, the highest 1000-grain weight (2.00 g) was obtained in irrigation cutoff at seed filling with 0.4 mM salicylic acid spraying and biological yield (2472.37 kg/ha) was observed under normal irrigation conditions and SA0.8mM+Spm0.02mM spraying. In addition, the most of Seed swelling factor (12.42 ml) and seed mucilage percentage (21.33%) were obtained in under moderate and severe stress conditions, respectively. Also, the highest grain yield (574.05 kg ha⁻¹), seed mucilage yield (102.12 kg ha⁻¹) and seed husk percentage (72%) were observed to foliar spraying 0.8 mM salicylic acid and 0.02 mM spermine in irrigation cutoff at seed filling. According to the results, the spraying of salicylic acid and spermine in irrigated conditions at flowering and seed filling stages prevented significant traits from being studied and the highest grain yield, biological yield, harvest index, seed husk percent, seed mucilage percentage, seed mucilage yield were caused. It is concluded that the effective role of salicylic acid and spermine in osmotic regulation, membrane stability and elimination of active cell radicals could increase the tolerance of isabgol herb in water stress conditions.

Keywords: Isabgol, drought stress, osmotic regulation, seed yield, foliar application

1- PhD. Student Crop Physiology, Department of Crop Production, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Golestan, Iran

2- Associated Professor, Department of Crop Production, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Golestan, Iran

3- Assistant Professor, Department of Crop Production, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Golestan, Iran