دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و یکم، ۱۳۹۹

تأثیر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک و اسپرمین 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 غلامعلی‌پور علمداری، عبداللطیف قلی‌زاده

دریافت: ۹۷/۵/٦ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲٤

چکیده

این مطالعه به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۹٦-۱۳۹۵ 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 برگی اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/٤ و ۰/۸ میلی‌مولار) و اسپرمین (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 ۰/٤ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و عملکرد زیستی (۲٤۷۲/۳۷ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری نرمال و محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار و اسپرمین با غلظت ۰/۰۲ میلی‌مولار به‌دست آمد. به‌علاوه بیشترین میزان فاکتور تورم بذر (۱۲/٤۲ میلی‌لیتر) و درصد موسیلاژ دانه (۲۱/۳۳ درصد) به‌ترتیب تحت شرایط تنش متوسط و تنش شدید مشاهده شد. بالاترین میزان عملکرد دانه (٥٤۷/۰٥ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد موسیلاژ دانه (۱۰۲/۱۲ کیلوگرم در هکتار) و درصد پوسته بذر (۷۲ درصد) نیز به تیمار تلفیقی محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار و اسپرمین با غلظت ۰/۰۲ میلی‌مولار تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه اختصاص داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده محلول‌پاشی برگی اسپرمین 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 اسپرمین 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 برگی

رومانی، ا.، ع. بیابانی، ع. راحمی کاریزکی، ا. غلامعلی پور علمداری و ع. قلی زاده. ۱۳۹۹. تأثیر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) تحت شرایط قطع آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۱: ٥۳-٦۷.

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

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 بیماری-ها 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 گالاکتوز، گلوکز، گزیلوز، آرابینوز و رامینوز می‌باشند. موسیلاژ دانه اسفرزه (در مقایسه با سایرین) که حداقل ۱۵ درصد برآورد شده است، دارای قدرت سوسپانسیونی و امولسیونی بهتری در مقایسه با تراگاکانت و متیل سلولز است (امیدبیگی، ۱۳۸٤؛ 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 تنش-های محیطی شناخته شده است (سناراتنا و همکاران، ۲۰۰۲).

پلی‌آمین‌ها شامل اسپرمیدین (تری‌آمین) اسپرمین (تترا آمین) و پیش‌ساز آنها پوترسین (دی‌آمین) ترکیباتی طبیعی با وزن مولکولی کم می‌باشند 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-ساونی و همکاران، ۲۰۰۳). نقش تنظیم‌کنندگی پلی‌آمین‌ها در ارتباط با واکنش در برابر تنش‌ها و پیری را می‌توان به‌دلیل 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 به‌میزان ٤۳ درصد گردید. به‌علاوه 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 (۹/۸٤ کیلوگرم در هکتار) در فاصله آبیاری ۷ روز به‌دست آمد که با افزایش فواصل آبیاری این میزان ۲٤ 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 به‌علت مسدود شدن آوندهای چوبی و آبکش باشد که به‌دنبال 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 دی‌آلدهید و دیگر دی‌آلدهیدها 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 (۳۱/٤۳ گرم) را تولید کند. بررسی اثرات محلول‌پاشی برگی اسپرمیدین بر روی گیاه دارویی

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، ۲۰۱٤). نتایج آزمایش موسوی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که کاربرد خارجی اسپرمیدین در گیاه دارویی سنبل‌الطیب میزان تجمع پتاسیم (کاهش آسیب غشاء 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 به‌دنبال 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، به‌نظر می‌رسد استفاده از ترکیباتی که بتوانند به‌طور مؤثر تحمل به تنش‌ها را افزایش دهند؛ مثمر ثمر خواهد بود. لذا در این راستا پژوهشی به‌منظور 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

آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت 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 ۲٦ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ٤۵ متر و متوسط بارندگی ده ساله ٤۵۰ 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) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه سطح محلول-پاشی اسید سالیسیلیک (SA_{0mM}= عدم مصرف (اسپری آب)، $SA_{0.4mM}$= غلظت ۰/٤ 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) به‌عنوان 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 کرت-های 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 به‌منظور تأمین نیتروژن و فسفر موردنیاز به‌ترتیب 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.

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

pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	درصد			میزان (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		درصد عناصر بافتی		
		مواد خنثی شونده	کربن آلی	نیتروژن کل	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	سیلت	رس	ماسه
۷/۷	۱/۳٤	۸	۱/۰۵	۰/۱۱	٤۸۷	۲۰/٦	۵۵	۳۲	۱۳

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

۱٦/۸ الی ۲۱/٦ درصد) نگه داشته شد. برای این منظور هر ٤ الی ٥ 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) ٤/۷ 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.

رابطه (۱)
$$dw = \frac{(\theta m1 - \theta m2)}{100} \times \rho b \times ds$$

در این رابطه؛ dw: عمق آب آبیاری (cm)، θm_1: رطوبت وزنی اولیه (درصد)، θm_2: رطوبت وزنی ثانویه (درصد)، ρb: 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 (۱۹۸٤) اندازه‌گیری شد. درصد پوسته نیز با روش تانکی و تاتلی (۱۹۸۳) برآورد گردید. فاکتور تورم بذر نیز با استفاده از روش شرما و کائول (۱۹۸٦) اندازه‌گیری شد. محاسبات و تجزیه‌های آماری مربوطه با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9.1) و نرم‌افزار SPSS (نسخه 22.0) و مقایسه میانگین با آزمون LSD و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار 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 به‌جز 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 ۰/٤ 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 ۰/٤ 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، ۱۳۹٦). 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.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری × اسید سالیسیلیک، آبیاری × اسپرمین و اسید سالیسیلیک × اسپرمین بر ارتفاع بوته گیاه دارویی اسفرزه (*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.

Ir_1: شاهد (عدم تنش)، Ir_2: قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی، Ir_3: قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، SA: اسید سالیسیلیک و Spm: اسپرمین.

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 اسپرمین در سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نگردید (جدول ٤). در شرایط تنش شدید اسپری برگی اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر صفت تعداد سنبله بارور در اسفرزه 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 ٤). 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 مطالعه‌ای تنش خشکی در مرحله گل‌دهی موجب کاهش تعداد سنبله در بوته اسفرزه گردید (رمرودی و همکاران، ۲۰۱۱).

طول سنبله: براساس مقایسه میانگین‌ها، اعمال تنش خشکی موجب کاهش طول سنبله نسبت به شاهد شد، به‌طوری‌که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک و اسپرمین 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 × اسپرمین در جدول ۳؛ سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در عدم مصرف اسپرمین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، در حالی‌که در سطح ۰/۰۲ میلی‌مولار اسپرمین، 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 اسپرمین 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.

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

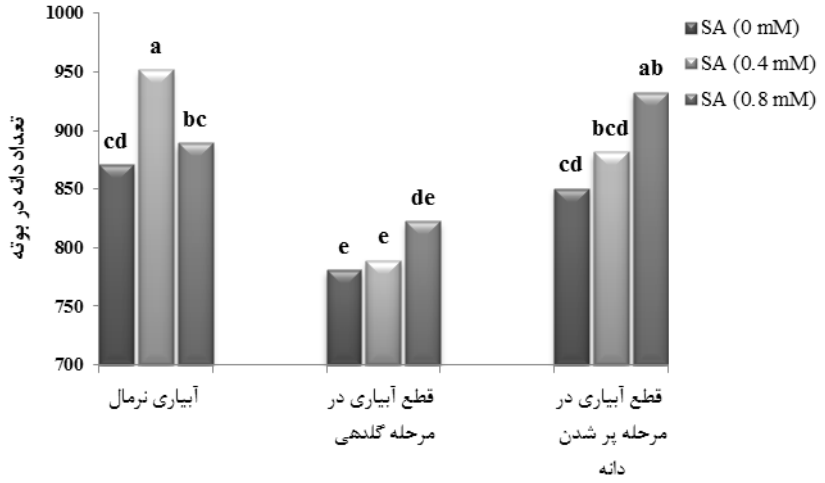
$Spm_{0.02mM}$	Spm_{0mM}		$Spm_{0.02mM}$	Spm_{0mM}		$SA_{0.8mM}$	$SA_{0.4mM}$	SA_{0mM}	
۳/۱٤bc	۳/۱۲c	SA_{0mM}	۳/٤۳b	۳/۵۳a	Ir_1	۳/٤۰b	۳/٦۲a	۳/٤۳b	Ir_1
۳/۲۳a	۳/۱۰c	$SA_{0.4mM}$	۲/۹۰e	۲/۸۰f	Ir_2	۲/۹۰e	۲/۷٤f	۲/۹۲e	Ir_2
۳/۲۰ab	۳/۱۲c	$SA_{0.8mM}$	۳/۲٤c	۳/۰۰d	Ir_3	۳/۲۰c	۳/۱۲d	۳/۰۵d	Ir_3

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

Ir_1: شاهد (عدم تنش)، Ir_2: قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی، Ir_3: قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، SA: اسید سالیسیلیک و Spm: اسپرمین.

تعداد دانه در بوته: نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/٤ میلی‌مولار موجب افزایش تعداد دانه در 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

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



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 میلی-مولار 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 محلول-پاشی در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نشد (جدول ٤). در مطالعه‌ای موسوی‌نیک (۲۰۱۲) اظهار داشت که تحت شرایط تنش کم‌آبی به‌دلیل 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 ۱/٤۷ 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 ٤- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری × سطوح مختلف اسید سالیسیلیک × اسپرمین بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk)

رژیم‌های آبیاری	اسید سالیسیلیک	اسپرمین	تعداد سنبله در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
آبیاری نرمال	عدم محلول‌پاشی	عدم محلول‌پاشی	۲۹/۹٤c-g	۱/۸۷d-g	۲۲۱۲/۳٦c	٤٤۱/۷۳efg	۱۹/۹۷f-i
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۲۷/۰۰gh	۱/۸۰h	۲٤۳۷/۵۷ab	٤۷۳/۷٦de	۱۹/٤۸g-j
	۰/٤ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۳۰/۳۳c-g	۱/۸۵e-h	۲۲۹۰/۸۸bc	٤۹۰/۸۹cd	۲۱/٦٦d-g
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۲۷/۵۰fg	۱/۸۱gh	۲۲۹۳/۵۳bc	٤۵۲/۰۱ef	۱۹/۷۱g-j
	۰/۸ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۲۳/۲۲i	۱/۹۹a	۲۲۷۰/۲۱bc	۳۹۵/۷۱i	۱۷/٤۳j
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۲۷/۱۷g	۱/۸۳fgh	۲٤۷۲/۳۷a	٤٤۱/۳۳efg	۱۷/۸۵ij
قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی (تنش شدید)	عدم محلول‌پاشی	عدم محلول‌پاشی	۲۳/٦۷hi	۱/۸۸d-g	۲۰۱٦/۷۸de	٤۰۹/۹۸ghi	۲۰/۳۵fgh
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۳۰/۸۳b-f	۱/۹۰b-f	۱۷۰۵/۱۳h	٤۳۸/۷۹fg	۲۵/۷۳ab
	۰/٤ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۲۹/۰۰d-g	۱/۷۹h	۱۷۳٦/۲۸gh	٤٦۲/۱۵def	۲٦/٦٤a
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۳۰/۱۷c-g	۱/۸۵e-h	۱۹۲۱/٦۹ef	٤۰۱/۸۵hi	۲۰/۹۲efg
	۰/۸ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۲۸/۱۷efg	۱/۸۹c-f	۱۸۸۷/۱٤efg	۳٤۱/۲۱i	۱۸/۱۵hij
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۲۸/٦۷d-g	۱/۹٦ab	۱۷۹٤/۳۹fgh	٤۳٤/۹٤fgh	۲٤/۲۸abc
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (تنش متوسط)	عدم محلول‌پاشی	عدم محلول‌پاشی	۳۱/۰۰b-e	۱/۹٤a-d	۲۱۵۷/۵٦cd	٤۳٤/۹۵fgh	۲۰/۲۲g-i
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۳٤/۸۳a	۱/۹۵abc	۲۲٤۲/۳۷c	٤۸۹/۷٦cd	۲۱/۸۷c-g
	۰/٤ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۳۲/۵۰abc	۱/۹٦ab	۱۹۸۹/۲۷de	٤٤۵/۱٤ef	۲۲/٤۰c-f
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۳۲/۰۰a-d	۱/۹۱b-e	۲۰۰٤/۸۲de	۵۱۰/۱٦bc	۲۵/۵٤ab
	۰/۸ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۳۱/٦۷a-d	۲/۰۰a	۲۳۰۳/۷۹abc	۵۲۷/۱۰ab	۲۲/۹۰cde
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۳٤/۰۰ab	۱/۹۹a	۲۳۱٦/۵۸abc	۵٤۷/۰۵a	۲۳/٦۳bcd

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

عملکرد زیستی: با توجه به نتایج مقایسه میانگین جدول ٤؛ تیمارهای $SA_{0mM}+Spm_{0.02mM}$ و $SA_{0.8mM}+Spm_{0.02mM}$ به‌ترتیب با ۲٤۳۸ و ۲٤۷۲ کیلوگرم در هکتار شد، در حالی‌که 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 به‌دست آمد. در صفت عملکرد زیستی گیاه اسفرزه تحت شرایط تنش متوسط نیز با محلول‌پاشی این ترکیبات نسبت به شاهد اختلافی مشاهده نشد (جدول ٤). شکوه‌فر 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 روزنه‌ای برای جلوگیری از عدم هدر روی آب و در نتیجه جذب کمتر دی‌اکسیدکربن و نیز اثر تنش بر میزان کلروفیل، موجب کاهش فتوسنتز می‌شود. در نتیجه عملکرد زیستی که به‌عنوان مخزن تعیین‌کننده میزان عملکرد دانه است تحت تأثیر قرار می‌گیرد. پاتل و همکاران (۱۹۹٦) در مطالعه‌ای بر روی گیاه اسفرزه چنین اظهار داشتند که کاهش عملکرد زیستی تحت شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند به اختصاص شیره پرورده به مکانیزم‌های دفاعی گیاه اسفرزه در برابر کم‌آبی مربوط باشد. در پژوهشی مشاهده گردید که قطع آبیاری در زمان گل‌دهی اسفرزه، زیست توده آن را به‌میزان ٤۳ درصد کاهش داد، کاهش در میزان وزن تر و خشک گیاهان تحت شرایط تنش نشان می‌دهد که آب نقش مهمی را در تحریک و تنظیم آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز دارد؛ که در صورت نبود آب کافی، کاهش وزن تر و خشک گیاهان را به‌دنبال خواهد داشت (رحیمی و همکاران، ۲۰۱۱). رمرودی و همکاران (۲۰۱۱). عملکرد زیستی اسفرزه تحت شرایط آبیاری بدون تنش را ۱۸۱۳/٦۱ کیلوگرم در هکتار ذکر کردند که اعمال تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی موجب کاهش عملکرد به‌میزان ۲۰ درصد شد. به‌نظر می‌رسد در پژوهش حاضر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک توانست عملکرد زیستی اسفرزه را با افزایش تحمل به خشکی و به‌واسطه افزایش شاخص سطح برگ، افزایش سرعت رشد محصول و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی، افزایش دهد.

عملکرد دانه: مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که به‌جز تیمارهای تلفیقی کاربرد برگی ۰/٤ و ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بدون مصرف اسپرمین، سایر تیمارها در شرایط آبیاری نرمال نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند، به‌طوری‌که این تیمارهابه‌ترتیب 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 ٤). محلول‌پاشی 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 میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۰/۰۲ میلی‌مولار اسپرمین با ٥٤۷/۰٥ کیلوگرم در هکتار اختصاص یافت (جدول ٤). با توجه به این‌که در این پژوهش، گیاهان رشد یافته تحت شرایط تنش کم‌آبی، دارای سنبله کوتاه‌تر و تعداد دانه کمتری در سنبله بودند، عملکرد دانه کاهش نشان داد. لذا علی‌رغم تأثیر منفی تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد اسفرزه؛ محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین در غلظت‌های مختلف توانستند بخشی از اثرات منفی تنش خشکی را بر عملکرد و اجزای عملکرد جبران کنند. امام و نیک‌نژاد (۱۳۹۰) کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش را به کاهش اجزای عملکرد به‌خصوص تعداد دانه در سنبله مربوط دانستند. افشارمنش و همکاران (۱۳۸۷) اظهار داشتند که عملکرد دانه اسفرزه تحت شرایط تنش شدید (آبیاری پس از ۲٥ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به تنش ملایم (آبیاری پس از ۷٥ درصد ظرفیت زراعی) کاهش ٤۳ درصدی داشت. رضائی‌چیانه و پیرزاد (۱۳۹۳) افزایش ۱۳ درصدی عملکرد دانه گیاه دارویی سیاهدانه را تحت شرایط تنش خشکی با کاربرد ۰/٥ میلی‌مولار 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 فرآورده‌های فتوسنتزی از منبع به مخزن و در نتیجه بهبود رشد رویشی گیاه می‌شود، نسبت دادند. نتایج این پژوهش با نتایج رمرودی و همکاران (۲۰۱۱) در اسفرزه مطابقت داشت.

شاخص برداشت: مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که در صفت شاخص برداشت بین تیمارهای محلول‌پاشی، تحت آبیاری نرمال تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی، اسپری برگی $SA_{0.4mM}+Spm_{0mM}$ بیشترین درصد شاخص برداشت معادل

٢٦/٦٤ 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 ٤). 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 به‌دنبال 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.

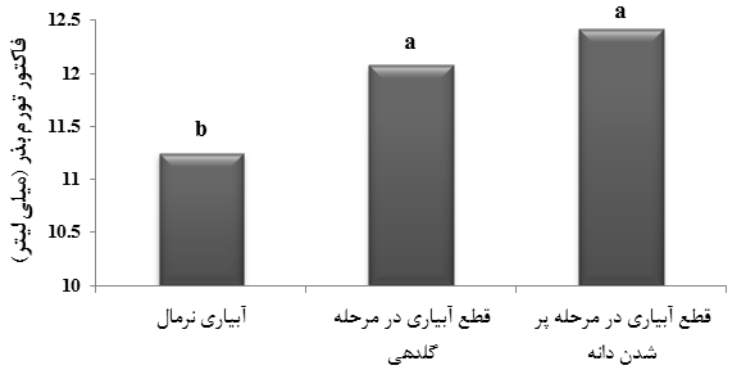
درصد موسیلاژ دانه: مقایسه میانگین بین تیمارهای آزمایشی افزایش معنی‌داری در درصد موسیلاژ دانه تحت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین در شرایط آبیاری نرمال نسبت به شاهد را نشان نداد (جدول ٤). تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه در شرایط عدم مصرف اسید سالیسیلیک و اسپرمین به‌ترتیب بیشترین میزان درصد موسیلاژ با ٢١/٣٣ و ٢٠/٣٣ درصد را موجب شدند (جدول ٥). در پژوهش تبریزی و همکاران (١٣٨٣) و افشارمنش و همکاران (١٣٨٧) اثر فواصل آبیاری بر میزان موسیلاژ دانه اسفرزه غیرمعنی‌دار بود، با این‌حال آنها بالاترین درصد موسیلاژ را در فواصل آبیاری ٣٠ روز و آبیاری پس از ٧٥ و ٥٠ درصد ظرفیت زراعی گزارش کردند.

عملکرد موسیلاژ دانه: مطابق جدول ٤؛ مقایسه میانگین بین تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بین تیمارهای تلفیقی آبیاری و محلول‌پاشی تفاوت چشم‌گیری با تیمار شاهد تحت شرایط آبیاری نرمال (به‌جزء $SA_{0mM}+Spm_{0.02mM}$) و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (به‌جزء $SA_{0.8mM}+Spm_{0mM}$) نبود. در شرایط تنش شدید، روند کاهشی یا عدم اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد مشاهده شد. تیمار تلفیقی ٠/٨ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ٠/٠٢ میلی‌مولار اسپرمین تحت شرایط تنش متوسط دارای بیشترین عملکرد موسیلاژ دانه (١٠٢/١٢ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ٥). استنباط می‌شود که اعمال تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه و به‌دنبال آن القای تنش خشکی موجب افزایش تولید ماده مؤثره (موسیلاژ) در دانه اسفرزه گردیده است. به‌طوری‌که درصد و عملکرد موسیلاژ به‌عنوان 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 به‌دست آمد (رمرودی و همکاران، ٢٠١١). رمرودی و خمر (١٣٩٢) 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 ٦٠ درصد ظرفیت زراعی اختصاص داشت، همچنین محلول‌پاشی یک میلی‌مولار 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 ٤). تحت شرایط تنش متوسط؛ کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک با غلظت ٠/٨ میلی‌مولار و اسپرمین با غلظت ٠/٠٢ میلی‌مولار بیشترین درصد پوسته بذر با ٧٢ درصد را نسبت به شاهد به خود اختصاص دادند (جدول ٥). 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 برگی اسید سالیسیلیک و اسپرمین تحت شرایط تنش کم‌آبی افزایش هم‌زمان میزان این دو صفت مهم در گیاه دارویی اسفرزه را به‌دنبال داشت. تاکور و همکاران (٢٠١٢) در آزمایشی که به‌منظور پاسخ خصوصیات کمی و کیفی اسفرزه به تنش خشکی انجام دادند، بالاترین درصد پوسته بذر را در اعمال تنش خشکی قبل از گل‌دهی (٥٥/٩٧ درصد) گزارش کردند.

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

شدید به‌ترتیب با ۱۲/۴۲ و ۱۲/۰۸ میلی‌لیتر مشاهده گردید. همچنین کمترین میزان فاکتور تورم بذر به تیمار عدم تنش (آبیاری نرمال) با ۱۱/۲۵ میلی‌لیتر اختصاص داشت (شکل ۲).



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

افزایش میزان فاکتور تورم بذر تحت تیمارهای تلفیقی قطع آبیاری در زمان گل‌دهی و پر شدن دانه احتمالا به‌دلیل افزایش میزان اسمولیت‌های سازشی نظیر قندهای محلول، پرولین، گلایسین و غیره بوده است. همچنین با توجه به این‌که میزان تورم دانه بیش‌تر، به‌دلیل خاصیت تورمی بالای موسیلاژ دانه می‌باشد. لذا انتظار می‌رود در بذرهایی که از درصد موسیلاژ بالاتری برخوردارند، از شاخص تورم دانه بالاتری نیز برخوردار باشند، بالا بودن شاخص تورم دانه تحت رژیم کم‌آبیاری و تیمارهای محلول‌پاشی ممکن است به‌همین علت نیز باشد. هر چقدر بذور از درصد موسیلاژ و شاخص تورم بیش‌تری برخوردار باشند، کیفیت آن‌ها هم بالاتر خواهد بود. براساس نتایج تحقیق پوریوسف (۱۳۹۳) کاهش تعداد و میزان آبیاری؛ درصد موسیلاژ و فاکتور تورم بذر اسفرزه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در مطالعه‌ای پیرجلیلی و امیدی (۱۳۹۶) بالاترین فاکتور تورم بذر در گیاه دارویی بالنگو را تحت شرایط تنش متوسط (۶/۵- اتمسفر) گزارش نمودند.

میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ: براساس نتایج جدول ٤؛ محلول‌پاشی برگی برخی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک تحت شرایط آبیاری نرمال موجب افزایش میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ نسبت به تیمار شاهد شد. اسپری برگی تیمار $SA_{0mM}+Spm_{0.02mM}$ تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی (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 محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). با توجه به این‌که میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ تناسبی از فاکتور تورم بذر و درصد موسیلاژ می‌باشد، بنابراین افزایش در میزان این صفت می‌تواند؛ به‌دلیل افزایش نسبی میزان فاکتور تورم و از طرفی کاهش درصد موسیلاژ باشد. همچنین با توجه به این‌که در شرایط تنش خشکی سهم بیش‌تری از فرآورده‌های فتوسنتزی به تولید ترکیبات اولیه‌ای نظیر پلی‌ساکاریدها اختصاص می‌یابد و نظر به ماهیت پلی‌ساکاریدی موسیلاژ و خاصیت هیدروفیلی آن، بنابراین میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ افزایش نشان می‌دهد. 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 گل‌دهی به‌دست آمد (وثوقی، ۱۳۹۵).

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 (میلی‌لیتر)
آبیاری نرمال	عدم محلول‌پاشی	عدم محلول‌پاشی	۱۷ef	۷۵/۱۰fgh	٦٥/٦٧ef	٦٢/٧٥fg
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۱۷/٦٧de	۸۳/۷۱de	٦٦/٦٧c-f	٦٤/١٦d-g
	۰/٤ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۱٦fg	۷۸/۳۲efg	٦٧c-f	۷۱/۰۱abc
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۱٥g	٦٧/٧٦h	٦٦def	۷٥/۹۳a
	۰/۸ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۱٥/٦٧g	٦٨/۷٥h	٦٧c-f	۷۳/٤۰ab
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۱۷/٦٧de	۷۸/۱٦efg	٦٥/۳۳f	٦٤/۳٤c-g
قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی (تنش شدید)	عدم محلول‌پاشی	عدم محلول‌پاشی	۲۱/۳۳a	۸۷/٤۸cd	٦٧c-f	٥٤/٧٦h
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۱۸de	۷۱/۱٦gh	٦٥/٦٧ef	۷۰/٦۲a-d
	۰/٤ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۱۸de	۸۳/۱۹def	٦٤/٦۷f	٦٦/٦۰c-g
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۱۹/۳۳bc	۷۷/۷۲efg	٦٦/٦٧c-f	٦۱/۳۲fgh
	۰/۸ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۲۰b	٦۸/۱۷h	٦٦def	٦۰/۱۰gh
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۲۰b	۸۷/۰۹cd	٦٥/۳۳f	٦۱/۷۷fg
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (تنش متوسط)	عدم محلول‌پاشی	عدم محلول‌پاشی	۲۰/۳۳ab	۸۸/٤۷bcd	٦۸b-e	٥۹/۹۲gh
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۱۸/٦۷cd	۹۱/۳٦bcd	٦۸/۳۳bcd	٦٤/۳۳c-g
	۰/٤ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۱۸/٦۷cd	۸۳/۱٦def	٦۹bc	٦۷/٤۲b-f
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۱۸/۳۳cd	۹۳/٦۰bc	٦۹/٦۷ab	٦۷/۳٥b-f
	۰/۸ میلی‌مولار	عدم محلول‌پاشی	۱۸/۳۳cd	۹٦/٦٤ab	٦۸/٦۷bc	٦۹/۲۰a-e
		۰/۰۲ میلی‌مولار	۱۸/٦۷cd	۱۰۲/۱۲a	۷۲a	٦۸/۸۱b-e

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

نتیجه گیری

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 اسپرمین 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) 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 میلی مولار اسپرمین 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 اسپرمین در زمان و با غلظت‌های مناسب می‌تواند گامی مؤثر در جهت کاهش اثرات سوء ناشی از تنش کم‌آبی در طی فصل رشد محسوب گردد.

منابع

افشارمنش، ب.، غ.ر. افشارمنش و م.ع. وکیلی 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(٤): ۳۲۷-۳۳۷.

امام، ی و و. نیک‌نژاد. ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ٥٩٤ صفحه.

امیدبیگی، ر. ۱۳۸٤. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی. ٤۳۸ صفحه.

پازکی، ع.ر. ۱۳۹٦. 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): ۷۱-۹٤.

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): ۹۱-۸۲

پیرجلیلی، ف. و ح. امیدی. ۱۳۹٦. 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. ٤۷(٤): 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. ۱(۱): ۱۹-۳۲.

رضائی‌چیانه، 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): ٤۲۷-٤۳۷.

فرجام، س.، ا. رخزادی.، ه. محمدی و س. قلعه‌شاخانی. 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. ٦(۲۳): ۹۹-۱۱۲.

قربانی قوژدی، ح. ۱۳۹۳. مقدمه‌ای بر مبانی گیاهان دارویی، ادویه‌ای و معطر. انتشارات شاهرود. ٥۰٤ 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. ٤(۲): ۱۷۰-۱۸۲.

وثوقی، ف. ۱۳۹۵. بررسی ویژگی‌های فنولوژیک و عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی فسفره در واکنش به کم‌آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، 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 basilicucm* 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. Esmailipour, 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. Siahsar, 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, SH., 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 H_2O_2- 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. Roumani[1], A. Biabani[2], A. Rahemi Karizaki[3], E. Gholamalipour Alamdari [3], A. Gholizadeh[3]

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