نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۴۳۷-۴۲۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 3, Fall. 2014, p. 427-437

اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط تنش کم آبی

اسماعیل رضائی چیانه[1*] - علیرضا پیرزاد[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۱۰

چکیده

از آنجایی که تولید گیاهان دارویی می‌تواند تحت تاثیر عوامل محیطی مانند محدودیت آب قرار گیرد، لذا تیمار با سالیسیلیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده رشد، قادر است مقاومت به خشکی را در گیاهان افزایش دهد. در این راستا، به منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر اجزای عملکرد، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی سیاهدانه در شرایط تنش کم آبی، آزمایشی در مزرعه ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده، در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. فواصل آبیاری (شش روز (شاهد)، ۱۲ روز (تنش متوسط)، ۱۸ روز (تنش شدید)) در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در سه سطح (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس دانه سیاهدانه معنی‌دار و بر وزن هزار دانه غیرمعنی‌دار بود. با افزایش فواصل آبیاری از شش روز به ۱۸ روز ارتفاع بوته، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس دانه به ترتیب ۴۹، ۵۲، ۴۰، ۳۵، ۴۳، ۲۰ و ۵۵ درصد کاهش یافت. در مقابل، تیمار ۰/۵ میلی‌مولارسالیسیلیک اسید توانست عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه را بهبود ببخشد. عملکرد دانه و عملکرد اسانس با کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به ترتیب ۱۳ و ۱۱ درصد نسبت به تیمار صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید افزایش پیدا کرد. از نتایج این آزمایش چنین استنباط می‌شود که محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و تیمار دور آبیاری پس از ۱۲روز برای مناطقی از کشور که محدودیت آبی دارند، قابل توجیه است.

واژه‌های کلیدی: آنتی اکسیدان، عملکرد دانه، عوامل تعدیل کننده تنش، فواصل آبیاری، گیاه دارویی

مقدمه

سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یک ساله متعلق به تیره آلاله[3]، به ارتفاع ۶۰ تا ۷۰ سانتی‌متر، برگ‌ها به رنگ سبز خاکستری دارای بریدگی‌های نخی، گل‌ها به رنگ سفید تا آبی و میوه به صورت کپسول (فولیکول) می‌باشد که درون آن تعداد زیادی دانه سیاه و معطر قرار دارد. در دانه‌های سیاهدانه ۴۰ درصد روغن ثابت و حدود ۱/۴ درصد اسانس وجود دارد (۲۴). دانه‌های این گیاه از لحاظ دارویی به عنوان بادشکن، قاعده آور، مسهل، شیرافزا، ضد یبوست و تقویت کننده نیروی جنسی در مردان کاربرد دارد (۱۱). این گیاه علاوه بر خودرو بودن در مناطق مختلف اروپا، غرب آسیا و ایران (اصفهان و اراک) به صورت زراعی نیز کشت می‌شود (۸) که در این بین عوامل محدودکننده محیطی می‌توانند موجب کاهش رشد و عملکرد را به دنبال داشته باشد.

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سراسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است که تقریبا ۲۵ درصد از تولید محصولات زراعی در جهان را محدود ساخته است (۹). با توجه به اینکه خشکی از ویژگی‌های بارز جغرافیای کشور ما است و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و از طرفی مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی به طور روز افزونی در جامعه افزایش می‌یابد. لذا اتخاذ روش‌هایی چون بهره برداری صحیح از آب موجود به همراه استفاده از شیوه‌های صحیح زراعی شامل کشت گیاهان مقاوم، شناخت ارتباط کمبود آب خاک و رشد گیاهان در هر مرحله، بررسی

۱- استادیار گروه گیاهان دارویی مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه و مدرس دانشگاه پیام نور مرکز نقده
(*- نویسنده مسئول: Email: Ismaeil.rezaei@gmail.com)
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

3 - Ranunculaceae

واکنش‌های مورفولوژیکی، زراعی، فیزیولوژیکی و متابولیکی و روابط مفید داخلی گیاهان در مقابله با تنش مثمرثمر و مفید واقع خواهد شد (۱۹).

نوروزپور و رضوانی مقدم (۲۹) طی تحقیقی در گیاه سیاهدانه گزارش کردند که با افزایش فواصل آبیاری به طور معنی‌داری از ارتفاع بوته، تعداد دانه در فولیکول، تعداد فولیکول در بوته، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه کاسته شد. در یک بررسی دیگر ارتفاع بوته، تعداد دانه در فولیکول، تعداد فولیکول در بوته، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس سیاهدانه تحت تنش خشکی کاهش یافت. اما خشکی بر وزن هزار دانه تاثیر معنی‌داری نداشت (۱۳). در تحقیقی دیگر در گیاه همیشه بهار مشخص شد که در شرایط تنش خشکی، ارتفاع گیاه، تعداد گل و عملکرد دانه این گیاه به شدت کاهش یافت (۲۶).

تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی از طریق اختلال در واکنش‌های متابولیسمی و تولید گونه‌های اکسیژن فعال باعث تخریب پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، آسیب رساندن به DNA، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و به دنبال آن سبب کاهش نفوذ پذیری انتخابی غشاء سلولی و در نهایت مرگ سلولی می‌شوند (۱۸ و ۴۴). گیاهان برای مقابله با چنین شرایطی سطح سوبستراهای آنزیم‌های آنتی اکسیدان و مواد آنتی‌کسیدان درون سلولی خود را جهت حذف انواع اکسیژن فعال افزایش می‌دهند (۷) که این مکانیسم به حفظ، ادامه رشد و بقاء گیاه تحت شرایط تنش کمک می‌کند.

سالیسلیک اسید[1] یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید[2] به ترکیبات فنولی تعلق دارد که ترکیبات این گروه می‌توانند به عنوان تنظیم کننده‌ی رشد گیاهی عمل کنند (۴۴). این ماده در گیاهان در مقادیر کم وجود دارد و به طور ذاتی در گیاهان نقش آنتی اکسیدان‌ها را عمل کرده و باعث حذف رادیکال‌های آزاد شده در گیاهان می‌شود (۴۶). سالیسلیک اسید در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی از قبیل تنش خشکی قرار دارند، می‌تواند نقش حفاظتی و دفاعی داشته و مقاومت گیاه را در برابر آنها افزایش دهد (۳۹). مرادی مرجانه و گلدانی (۲۶) با ارزیابی سطوح مختلف سالیسلیک اسید در گیاه همیشه بهار[3] تحت شرایط آبیاری محدود دریافتند که سالیسلیک اسید اثر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی و زراعی این گیاه داشته و توانسته اثرات مخرب تنش خشکی را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. در تحقیقی دیگر در گیاه سیر[4] مشخص شد که تحت تنش خشکی غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد سیر گردید (۳۴). گزارشهای دیگری نیز از نقش سالیسیلیک اسید بر افزایش عملکرد ریحان[5] و مرزنجوش[6] (۴۳) و عملکرد دانه زیره سبز[7] ارائه شده است (۲).

تحقیقات نشان داده که بسته به غلظت به کار رفته، نوع گونه گیاهی، دوره‌ی رشدی و شرایط محیطی، سالیسیلیک اسید اثرات متفاوتی روی فرآیندهای رشدی گیاهان دارد (۴۱). به هر حال، گزارشات حاکی از آن است که مصرف خارجی سالیسلیک اسید سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی و کاهش اثر مضر تنش‌های اکسیداتیو در مراحل مختلف رشد گیاه می‌شود (۲۲، ۲۴ و ۴۰).

از آنجا تاکنون گزارشی از اثر سالیسلیک اسید بر گیاه دارویی سیاهدانه تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه منتشر نشده است و اکثر پژوهش‌ها مربوط به تاثیر آن در شرایط آزمایشگاهی و تأثیر پرایمینگ بذر بوده است (۶ و ۱۰). بنابراین، در بررسی حاضر سعی گردید اثر محلول‌پاشی سالیسلیک اسید بر اجزای عملکرد و عملکرد بوته‌های سیاهدانه بررسی شود، و مشخص شود که آیا این اسید در رفع آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی در گیاه سیاهدانه نقش دارد و قادر است به طور موثری باعث افزایش عملکرد این گیاه گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی سیاهدانه در شرایط تنش کم آبی در مزرعه ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با ۴۵° و ۲۵′ طول جغرافیایی و ۳۶° و ۵۷′ و عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۲۷ متر از سطح آبهای آزاد در سال زراعی ۱۳۹۱- ۱۳۹۰ اجرا شد. میانگین‌های متوسط دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر ۱۲/۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر گزارش شده است. بافت خاک مزرعه از نوع رس سیلتی است. آزمایش‌ها به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بطوریکه فواصل آبیاری (شش روز (شاهد)، ۱۲ روز (تنش متوسط)، ۱۸ روز (تنش شدید)) در کرت‌های اصلی و محلول پاشی سالیسلیک اسید در سه سطح (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمارهای سالیسلیک اسید به صورت محلول پاشی یک هفته قبل از اعمال شروع تیمارهای تنش (پس از استقرار کامل بوته‌ها) و سه هفته بعد از اعمال تیمارهای تنش در مزرعه به صورت متوالی سه مرتبه با فاصله زمانی یک روز در میان برای اطمینان از اثر بخشی آن صورت گرفت. تمامی گیاهان به صورتی که تمام سطوح فوقانی و زیرین اندامهای هوایی کاملا خیس شوند محلول پاشی شدند. گیاهان شاهد با استفاده از آب مقطر محلول‌پاشی شدند. برای بهتر چسبیدن و

1 - Salicylic acid
2 - Ortho-hydroxy benzoic acid
3- *Calendula officinalis* L.
4- *Allium sativum* L.
5- *Ocimum basilicum* L.
6- *Origanum majorana* L.
7- *Cuminum cyminum* L.

اطمینان از نفوذ محلول سالیسلیک اسید بـه بـرگ‌هـای سـیاهدانه از محلول توویـن[1] ۲۰ درصد استفاده گردید.

کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره به صورت سرک (در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ساقه رفتن)، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل به همـراه ۲۵۰ کیلـوگرم کـود گوگرد در هکتار (تماماً قبل از کاشت) به خاک اضافه و توسط رتیواتور با خاک مخلوط گردید. وجین علف‌های هرز به صورت دستی در طول اجرای آزمایش به طور مرتب انجام پذیرفت.

هر واحد آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت به طول چهار متر و با فاصله‌ی بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و روی ردیف هفت سانتی‌متـر در نظر گرفته شد. همچنین در یک بلوک فاصله کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک سه متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور روی هم اثری نداشته باشند. در پایان فصل رشد، هنگامی کـه رنگ بوته ها متمایل به زرد شده ولی هنوز فولیکـول‌هـا شـکاف بـر نداشته بودند، ابتدا از هر کرت به طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته انتخاب و صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته)، اجزای عملکرد (تعداد فولیکـول در بوته، تعداد دانه در فولیکول و وزن هزارد دانـه) انـدازه گیـری شـدند. برای تعیین عملکرد نهایی، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه حذف و مابقی بوته‌ها برداشت و عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه تعیین شد. سپس بوته‌هـا در آون ۷۰ درجـه سانتیگراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتنـد و سـپس توزین شدند. بدین ترتیب عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح برای هـر واحد آزمایشی تعیین گردید.

استخراج اسانس به روش تقطیر بـا آب و بـا اسـتفاده از دسـتگاه کلونجر انجام گرفت. برای این منظور ۳۰ گرم از بذرهای خرد شده بـا ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۱:۱۰) درون بالن مخصوص دستگاه ریخته و اسانس‌گیری با دمای جوش آب، به مدت ۳ ساعت انجام گردید (۳۶). عملکرد اسانس در واحد سطح بر اساس عملکرد دانه × درصد اسـانس محاسبه گردید. برای تجزیه آماری از نرم افزار SPSS 16 استفاده شد. جهت مقایسهٔ میانگین‌هـا از آزمـون چنـد دامنـه‌ای دانکـن در سـطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فواصـل آبیـاری بـر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، اما اثرمتقابل فواصـل آبیـاری و سالیسـیلیک اسید بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع بوتـه (۴۹ سانتی‌متر) از تیمار شش روز و کمترین آن (۲۵/۸۸ سانتی‌متر) از تیمار ۱۸ روز به دست آمد (جدول ۲). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که ارتفاع بوته صفتی است که بیش از هر عامل دیگری تحت تـأثیر ویژگی‌های ژنتیکی قرار می‌گیرد (۴۹). با این حال شرایط محیطـی از جمله تنش خشکی، به میزان زیادی ارتفاع بوته را تحـت تـاثیر قـرار می‌دهد. طی بروز تـنش خشـکی، کـاهش پتانسـیل آب بافـت‌هـای مریستمی در طول روز موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتـر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌هـا مـی‌گـردد (۳). از آنجـا کـه اندام‌های هوایی حساسیت بیشتری به تنش کم آبی دارند و محدودیت نموی گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت‌های هـوایی زودتـر اتفاق می‌افتد. هر گونه کمبود آب موجب تقلیل بیشتر آمـاس سـلولی، کاهش تقسیم و توسعه سلولی به خصوص در ساقه و برگ‌ها می‌شود. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم آبی روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا اندازه کوچک تر برگ‌ها تشـخیص داد (۳۵). رضـائی چیانه (۱۴) در تحقیق خود گزارش کرد که با افزایش سـطوح آبیـاری گیاه مواد فتوسنتزی بیشتری را به ریشه اختصاص می‌دهد. در نتیجـه سهم مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی از جمله ساقه کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش ارتفاع بوته رازیانه[2] شد. نوروزپور و رضوانی رضوانی مقدم (۳۰) در آزمایش اثر دورهای مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد در سیاهدانه دریافتند که رقابت بیش از حـد بین بوته‌ها برای بدست آوردن آب در تیمارهای تنش خشـکی سـبب کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه را به دنبال داشته که این امر کوتاه قدی گیاه را سبب شد. لاربی و همکاران (۴۷) در زیـره سـیاه[3]، رضاپور و همکاران (۱۳) در سیاهدانه، موسوی نیک (۲۸) در اسفرزه[4] و و اکرینا و همکاران (۳۸) در ریحان نیز اثر معنی‌دار تنش خشکی را بر ارتفاع بوته گزارش نموده اند.

تیمار سالیسلیک اسید بـر ارتفـاع بوتـه تـاثیر معنـی‌داری داشـت ($p\leq$۰/۰۱). بالاترین ارتفاع بوته در تیمار ۰/۵ میلی‌مـولار سالیسـلیک اسید حاصل شد و در این تیمار ارتفاع بوته به طور میانگین ۱۷ درصـد نسبت به تیمار شاهد (بدون سالیسلیک اسید) افزایش نشـان داد. بـین تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسلیک اسید با تیمارهـای صـفر و ۰/۵ میلـی-مولار سالیسلیک اسید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جـدول ۳). از آنجا که محلول‌پاشی با غلظت‌های کم سالیسلیک اسید باعث افزایش تقسیم و تمایز سلول‌ها و افزایش تعداد روزنه‌ها مـی‌گـردد و از طرفـی سبب افزایش بافتهای استحکامی و جلوگیری از تخریب دیـواره‌هـای سلولی می‌شود (۲۵). بنـابراین بـه نظـر مـی‌رسـد محلـول‌پاشـی بـا غلظت‌های کم سالیسلیک اسـید مـی‌توانـد بـا جلـوگیری از کـاهش تقسیمات سلولی و کاهش اندازه سلولی اثرات مضر تنش خشکی را بر میزان رشد گیاه تخفیف دهد.

1 - Tween 20٪

2- *Foeniculum vulgare* L.
3- *Carum carvi* L.
4- *Plantago ovata* L.(

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی سیاهدانه تحت تاثیر فواصل آبیاری و اسید سالیسیلیک

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد فولیکول در بوته	تعداد دانه در فولیکول	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۱/۰۰ ns	۱۰/۴۸ ns	۲۰/۷۰ ns	۰/۰۱۰ ns	۱۳۸۹۲۰/۷ ns	۸۹۰۶/۳ ns	۰/۰۸۹ ns	۷/۶۹ ns
فواصل آبیاری	۲	۱۳۰۹/۷۸ **	۴۰۰ **	۱۲۳۴/۲۵ **	۰/۰۲۵ ns	۸۹۵۹۹۱/۴ **	۲۵۱۷۳۹/۴ **	۰/۳۱۹ **	۹۰/۹۱ **
خطای اصلی	۴	۴۲/۷۷	۱۰/۰۳	۱۱/۱۴	۰/۰۴۰	۲۳۲۴۷/۷	۸۳۱۶/۸	۰/۰۲۶	۲/۸۳
سالیسلیک اسید	۲	۹۷/۰۰ **	۷۸/۰۰ **	۱۷۳/۰۳ **	۰/۰۱۶ ns	۹۷۱۱۶/۴ **	۲۷۱۶۷/۶ **	۰/۰۱۲ ns	۶/۴۱ **
فواصل آبیاری× سالیسیلیک اسید	۴	۴۵/۲۷ ns	۸/۵۹ ns	۴۲/۶۴ ns	۰/۰۲ ns	۲۶۰۷۴/۹ ns	۷۲۵۵/۳ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۸۹ ns
خطای فرعی	۱۲	۲۱/۵۷	۸/۷۹	۲۶/۳۸	۰/۰۳۴	۱۷۰۹۶/۸	۳۲۴۲/۱	۰/۰۱۱	۰/۷۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۷۷	۱۵/۸۲	۱۱/۹۴	۸	۸/۹۰	۹/۲۷	۷/۸۲	۱۰

** و ns- بترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه تحت تاثیر فواصل آبیاری

فواصل آبیاری (day)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد فولیکول در بوته	تعداد دانه در فولیکول	عملکرد بیولوژیکی (kg ha^{-1})	عملکرد دانه (kg ha^{-1})
۶	۴۹ a	۲۵/۴۴ a	۴۹/۵۶ a	۱۷۶۶/۷۸ a	۷۴۹/۱۱ a
۱۲	۴۳/۴۴ b	۱۸/۶۷ b	۵۰/۱۱ a	۱۵۰۱ b	۶۶۵/۳۳ b
۱۸	۲۵/۸۸ c	۱۲/۱۱ c	۲۹/۵۶ b	۱۱۳۸/۲۲ c	۴۲۶/۷۸ c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند

جدول۳ - مقایسه میانگین اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه

سالیسلیک اسید (mM)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد فولیکول در بوته	تعداد دانه در فولیکول	عملکرد بیولوژیکی (kg ha^{-1})	عملکرد دانه (kg ha^{-1})
صفر	۳۶/۷۸ b	۱۵/۷۸ b	۴۱ b	۱۴۴۴/۶۷ b	۵۸۷/۴۴ b
۰/۵	۴۳/۱۱ a	۲۱/۶۷ a	۴۸/۱۱ a	۱۵۸۲/۴۴ a	۶۷۶/۸۹ a
۱	۳۸/۴۴ ab	۱۸/۷۸ ab	۴۰/۱۱ b	۱۳۷۸/۸۹ b	۵۷۶/۸۹ b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند

احتمال داده می‌شود سالیسیلیک اسید بتواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی به خصوص در شرایط تنش شود که این خود می‌تواند افزایش رشد را به همراه داشته باشد (۳۹ و ۴۱)، که افزایش ارتفاع گیاهچه یکی از این موارد می‌باشد. از طرفی به نظر می‌رسد سالیسلیک اسید با افزایش میزان کلروفیل در برگ‌هایی که در آغاز فرایند پیری هستند، می‌تواند سبب افزایش مجدد فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد گردد (۲۶). در یک بررسی سالیسلیک اسید از طریق افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی رشد و ارتفاع گیاهان ریحان و مرزنجوش را افزایش داد (۴۳). در یک تحقیقی دیگر، کاربرد سالیسلیک اسید در شرایط تنش خشکی سبب افزایش ارتفاع گیاه کدو تخم کاغذی[1] گردید (۵۱). باکری و همکاران (۳۲) بیان کردند که سالیسیلیک اسید با افزایش تقسیم و طویل شدن سلولی، افزایش فعالیت‌های آنزیمی و تولیدات فتوسنتزی توانست رشد گیاه کتان[2] را بهبود و منجر به افزایش ارتفاع گیاه گردد.

1- *Cucurbita pepo* L.
2- *Linum usitatissimum* L.

تعداد فولیکول در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر فواصل آبیاری بر تعداد فولیکول در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). بیشترین و کمترین تعداد فولیکول در بوته به ترتیب از تیمارهای شش روز و ۱۸ روز به دست آمدند. به طوری که با افزایش دور آبیاری از شش روز به ۱۸ روز به طور میانگین ۵۲ درصد از تعداد فولیکول در بوته کاسته شد (جدول۲). زهتاب سلماسی و همکاران (۱۲) اظهار داشتند که باید از کمبود آب به ویژه در مرحله رشد طولی ساقه اجتناب گردد. چرا که ظرفیت تولید اندام‌های زایشی آنیسون [1] به شدت تحت تاثیر ذخایر مرحله رشد طولی ساقه قرار می‌گیرد و اجزای مهم عملکرد از جمله تعداد چتر در گیاه کاهش می‌یابد. رضائی چیانه و همکاران (۱۵) گزارش کردند که تأثیر تنش خشکی بر هر یک از اجزای تشکیل دهنده عملکرد در مراحل مختلف رشد گیاه می‌تواند منجر به تغییر در عملکرد تولیدی در گیاهان از جمله رازیانه شود. نوروزپور و رضوانی مقدم (۲۹) در تحقیق خود دریافتند که در شرایط تنش خشکی، تعداد فولیکول در سیاهدانه به دلیل کاهش تعداد شاخه-های گل دهنده به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. احمدیان و همکاران (۱) در زیره سبز، لاریبی و همکاران (۴۷) در زیره سیاه، کوچکی و همکاران (۲۲) در اسفرزه، ربیی و همکاران (۵۰) در زیره سبز و نیز موسوی نیک (۲۸) در اسفرزه به نتایج مشابهی دست یافتند.

تعداد فولیکول در بوته تحت تاثیر سالیسلیک اسید ($p\leq$۰/۰۱) قرار گرفت (جدول۱). بالاترین تعداد فولیکول (۲۱/۶۷ عدد) در بوته از تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید حاصل شد و نسبت به تیمار صفر میلی‌مولار ۲۷ درصد فولیکول بیشتری در بوته تولید کرد. هر چند که تعداد فولیکول در بوته در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید با تیمار ۱ میلی‌مولار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۳). از آنجا که طی تنش خشکی محتوای آب برگ کاهش یافته و سلول‌ها چروکیده و دیواره سلولی پایداری خود را از دست می‌دهند، در نتیجه فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد (۳). کاهش فراهم شدن نهاده‌های فتوسنتزی باعث کاهش در اجزای عملکر دانه می‌شود. بنابراین هر گونه تنش کم آبی در طی مراحل رشد و نمو می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تاثیر منفی بگذارد و سبب افت معنی‌دار عملکرد دانه شود (۴۹). به نظر می‌رسد که تنش آب سبب سقط جنین در بعضی از فولیکول‌های سیاهدانه شده که در نتیجه باعث ریزش آنها شده است. اما کاربرد خارجی سالیسلیک اسید می‌تواند از طریق افزایش پایداری غشاء، هدایت روزنه‌ای، باز نگه داشتن روزنه‌ها از تجمع یون‌های سمی جلوگیری نماید (۳۹ و ۴۴) و در نهایت با افزایش در سرعت فتوسنتز و مواد فتوسنتزی از کاهش تعداد فولیکول در بوته بکاهد. تعداد فولیکول در بوته یکی از اجزای اصلی و تعیین کننده عملکرد نهایی سیاهدانه است که تعیین کننده پتانسیل عملکرد می‌باشد (۲۹)، زیرا با تشدید کمبود آب در تحقیق حاضر شیب کاهش فولیکول در بوته شدیدتر از تعداد دانه در فولیکول بود.

تعداد دانه در فولیکول

تاثیر تیمارهای فواصل آبیاری بر تعداد دانه در فولیکول معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه تحت تاثیر کم آبیاری کاهش یافت. به طوری که تیمارهای آبیاری در شش روز و ۱۸ روز به ترتیب بیشترین (۴۹/۵۶ دانه در فولیکول) و کمترین (۲۹/۵۹ دانه در فولیکول) تعداد دانه در فولیکول را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). افزایش تعداد دانه در تنش‌های کمتر خشکی احتمالا به تعداد فولیکول بیشتر، بزرگتر و رشد بهتر بوته‌ها مربوط می‌باشد. با توجه به این مطلب که تعداد دانه در فولیکول در حقیقت ظرفیت مخزن را تعیین می‌کند، لذا هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتر و بیشتری برای دریافت مواد فتوسنتزی تولید شده است و افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد خواهد شد. در بسیاری از گیاهان زراعی، وقوع تنش آبی به ویژه در زمان گلدهی موجب کاهش تعداد گل‌های بارور، سقط جنین و بدنبال آن کاهش تعداد دانه و در نتیجه سبب کاهش عملکرد به میزان زیادی می‌گردد (۱۴). کوچکی و همکاران (۲۱) گزارش کردند که تنش کم آبی از طریق نقصان در فراهم شدن نهاده‌های فتوسنتزی باعث کاهش اجزای عملکرد گیاه رازیانه شد. به نظر می‌رسد که این عوامل نیز در کاهش برخی از اجزای عملکرد سیاهدانه بی‌تاثیر نبوده است. زهتاب سلماسی (۱۶) در آنیسون، رضاپور و همکاران (۱۳) در سیاهدانه، موسوی نیک (۲۸) در اسفرزه و رضائی چیانه و همکاران (۱۴) در رازیانه نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

تاثیر سالیسلیک اسید بر تعداد دانه در فولیکول معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در فولیکول (۴۸/۱۱ تعداد دانه در فولیکول) از تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید و کمترین تعداد دانه در فولیکول (۴۰/۱۱ تعداد دانه در فولیکول) از تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسلیک اسید حاصل شد. تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسلیک اسید با تیمار صفر میلی مولار سالیسلیک اسید تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید مناسب بوده و بیشتر از این مقدار تاثیر معنی‌داری بر بهبود تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه نداشته است. کاربرد خارجی سالیسلیک اسید از طریق افزایش فتوسنتز در برگ‌ها و در نتیجه ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه، از کاهش تعداد و وزن بذرها جلوگیری می‌کند (۴۱). احتمالا در این آزمایش نیز تیمار ۰/۵ میلی‌مولار

1- *Pimpinella anisum* L.

سالیسلیک اسید توانسته با افزایش میزان فتوسنتز باعث افزایش تعداد دانه در فولیکول نست به تیمار صفر و یک میلی مولار شود. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش اسفینی فراهانی و همکاران (۲)، کاربرد ۰/۷ میلی‌مولار سالیسلیک اسید توانسته است از طریق تنظیم فرآیند گلدهی، تعداد دانه در چتر زیره سبز را به طور میانگین ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر اثرات ساده فواصل آبیاری، سالیسلیک اسید و اثر فواصل آبیاری × سالیسیلیک اسید بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول ۱). وزن هزار دانه نشان دهنده وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه است و از آنجا که با آغاز گلدهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقادیری از مواد فتوسنتزی می‌نمایند، می‌بایستی بین وزن هزار دانه هنگامی که گیاه در حال تنش رطوبتی قرار می گیرد، با حالت‌های نرمال تفاوت وجود داشته باشد. اما وزن هزار دانه از جمله فاکتورهایی است که بیشتر تحت تاثیر کنترل ژنتیکی است و از توارث پذیری بالایی برخوردار است و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. چنین به نظر می‌رسد که بروز تنش خشکی در گیاه سیاهدانه نتوانسته وزن دانه را از حد مشخصی کمتر کند، زیرا گیاه از طریق کاهش تعداد دانه، حداقل مواد مورد نیاز برای دانه‌های تکامل یافته را تأمین کرده است. از طرفی به دلیل پائین بودن ذاتی وزن هزار دانه سیاهدانه، شاید اثرات تنش خشکی نتوانسته است نمایان شود. نتایج حاصل با تحقیقات انجام یافته توسط نوروزپور و رضوانی مقدم (۲۹) در سیاهدانه، رحیمی و همکاران (۱۲) در گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) مطابقت دارد.

عملکرد بیولوژیکی

تاثیر فواصل آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) حاکی از آن بود که با افزایش فواصل آبیاری عملکرد بیولوژیکی به طور معنی-داری کاهش یافت. بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۱۷۶۶/۷۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شش روز و کمترین مقدار آن (۱۱۳۸/۲۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری ۱۸ روز به دست آمد و سبب کاهش ۳۵ درصدی عملکرد بیولوژیکی گردید. رشد گیاه تحت تأثیر مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از قبیل فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی است که در افزایش وزن خشک گیاه نیز نقش دارند (۱۸). این فرایندها رابطه مستقیم با میزان آب قابل دسترس و تداوم آن دارند. با افزایش فواصل آبیاری، این فرآیندها مختل می‌شوند و گیاه نمی‌تواند حداکثر پتانسیل ماده خشک خود را تولید کند (۳). از طرف دیگر، تنش خشکی میزان جذب آب و عناصر غذایی، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد گیاه، سطح فتوسنتزی گیاه، ارتفاع گیاه، رشد و سرعت توسعه ریشه را کاهش می‌دهد و همه این عوامل در نهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (۴۹). طبق گزارش احمدیان و همکاران (۱)، افزایش شدت کم آبی منجر به کاهش زیست توده گیاه دارویی بابونه[1] گردید، به طوری که در تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین و در تیمار ۵۰ درصد زراعی کمترین زیست توده گیاهی تولید شد. رضاپور و همکاران (۱۳) در سیاهدانه گزارش کردند که کاهش میزان عملکرد تولیدی در طی افزایش خشکی مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه است. نتایج مطالعات لاربی و همکاران (۴۷) در زیره سیاه، کوچکی و همکاران (۲۲) در اسفرزه، موسوی نیک (۲۸) در اسفرزه و رضائی چیانه و همکاران (۱۴) در رازیانه مشابه نتایج حاصل از این آزمایش بوده و مؤید این است که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بیولوژیکی گیاهان دارویی فوق می‌شود.

عملکرد بیولوژیکی تحت تاثیر سالیسلیک اسید معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۱). در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید بیشترین عملکرد بیولوژیکی حاصل شد که به ترتیب ۸/۷ و ۱۲/۸۶ درصد نسبت به تیمارهای صفر و یک میلی‌مولار سالیسلیک اسید افزایش نشان داد (جدول۳). احتمالا استفاده از سالیسیلیک اسید باعث گسترش سیستم ریشه‌ای، حفظ سلامت آنها، جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده و از طریق افزایش فتوسنتز در برگ‌ها (۴۴)، در افزایش عملکرد بیولوژیکی سیاهدانه نقش مثبتی ایفا کرده است. از طرفی به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد بیولوژیکی در اثر استفاده از سالیسلیک اسید به خاطر فعالیت آنتی اکسیدانی این ماده در غشا سلولی باشد که باعث افزایش مقادیر لیگنین در ساختار دیواره سلولی می‌شود که این خود می‌تواند عاملی در افزایش وزن بیوماس گیاهان به خصوص در شرایط تنش خشکی باشد (۲۵). مرادی مرجانه و گلدانی (۲۶) گزارش کردند که سالیسلیک اسید با افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ باعث افزایش وزن خشک بوته‌های گیاه همیشه بهار تحت شرایط آبیاری محدود گردید. شیرزاد و همکاران (۵۱) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید از طریق تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی در شرایط تنش خشکی سبب افزایش زیست توده کدو تخم کاغذی شد. باکری و همکاران (۳۲) در آزمایش خود دریافتند که سالیسیلیک اسید با بهبود روابط منبع و مخزن و فعالیت‌های فتوسنتزی، خصوصیات مورفولوژیکی گیاه کتان را بهبود و زیست توده آن را افزایش داد. در تحقیقی دیگر، نتایج حاصل از آزمایش اثر سالیسیلیک اسید و تنش خشکی در گیاه سیر نشان داد که کاربرد خارجی ۰/۵ میلی‌مولار

1- *Matricaria chamomilla* L.

سالیسلیک اسید با افزایش میزان کلروفیل و تجمع ماده خشک باعث زیست توده این گیاه نسبت به تیمار شاهد شد (۳۴).

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۱) داده‌ها نشان داد که عملکرد دانه تحت تاثیر فواصل آبیاری معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود. بیشترین میزان عملکرد دانه (۷۴۹/۱۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شش روز و کمترین آن (۴۲۶/۷۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۸ روز به دست آمد. با افزایش دور آبیاری از شش روز به ۱۲ و ۱۸ روز به ترتیب میزان عملکرد دانه ۱۱ و ۴۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲). افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات، یا افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی و در نهایت رشد و عملکرد نهایی گیاه را کاهش می‌دهد (۳، ۱۸ و ۳۳). گلدانی و رضوانی مقدم (۲۳) معتقدند که فراهمی رطوبت قابل دسترس، سبب افزایش توسعه کانوپی گیاه شده، در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه می‌شود که منجر به افزایش اجزای عملکرد و عملکرد در گیاه می‌گردد. از طرف دیگر کاهش سطح فتوسنتز کننده برگ‌ها و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه و رسیدگی زودتر تیمارهای تحت تنش خشکی، می‌تواند در کاهش عملکرد دانه نیز موثر باشد. آقایی و احسان زاده (۴) در آزمایش خود دریافتند که تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ، میزان کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و در نهایت کاهش میزان فتوسنتز باعث کاهش عملکرد کدوی تخم کاغذی گردید. رضائی چیانه و همکاران (۱۴) در تحقیق خود گزارش کردند که عملکرد دانه در گیاه رازیانه در مجموع حاصل برهم کنشی اجزایی هستند که هر یک از آنها در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی شکل می‌گیرند. تنش خشکی با تاثیر بر هر یک اجزای عملکرد دانه در نهایت سبب کاهش عملکرد نهایی دانه می‌شود. بنابراین، اثرات منفی کاهش میزان آب آبیاری بر روی اجزای تشکیل دهنده عملکرد دانه در تحقیق حاضر می‌تواند به دلیل کاهش رشد رویشی کمتر و به تبع آن، سطح فتوسنتز کننده محدودتر و تولید ماده خشک کمتر باشد که در شرایط خشکی باعث کاهش عملکرد نهایی دانه شد. نتایج مطالعات زهتاب سلماسی (۱۶) در آنیسون، احمدیان و همکاران (۱) در زیره سبز، لاربی و همکاران (۴۷) در زیره سیاه، کوچکی و ثابت تیموری (۲۰) در زوفا[1]، رضاپور و همکاران (۱۳) در سیاهدانه، ربیی و همکاران (۵۰) در زیره سبز و موسوی نیک (۲۸) در اسفرزه و نیز مؤید این است که با افزایش فاصله آبیاری از عملکرد دانه کاسته می‌شود که با نتیجه این آزمایش مطابقت دارند.

تاثیر سالیسلیک اسید بر عملکرد دانه معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین (جدول ۳) حاکی از اختلاف معنی‌دار عملکرد دانه بین سطوح مختلف سالیسلیک اسید بود، به طوری‌که میزان عملکرد دانه در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید به ترتیب ۱۳ و ۱۵ درصد بالاتر از تیمار صفر و ۱ میلی‌مولار به دست آمد. هر چند که میزان عملکرد دانه بین تیمارهای صفر و ۱ میلی‌مولار سالیسلیک اسید از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۳). سالیسلیک اسید از تغییرات زیادی در مقدار تولید در گیاهانی که تحت تنش خشکی بوجود می‌آید و نتیجه آن افت عملکرد نهایی گیاه است تا حدودی جلوگیری می‌کند. اما آنچه که نتیجه تحقیقات مختلف نشان داده است جنبه‌های متابولیک گیاهانی که با سالیسلیک اسید یا مشتقات آن تیمار شده‌اند، تغییراتی را با درجات مختلف نشان می‌دهند که بستگی به نوع گیاه و روش اعمال سالیسلیک اسید دارد (۴۵). باکری و همکاران (۳۲) بیان کردند که غلظت ۷۵ میلی گرم در لیتر سالیسیلیک اسید به طور موثری گیاه کتان را در شرایط تنش خشکی محافظت کرد، که نهایتاً باعث بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه این گیاه گردید. اسفینی فراهانی و همکاران (۲) اظهار کردند که غلظت ۰/۷ میلی مولار سالیسیلیک اسید عملکرد دانه زیره سبز را به میزان ۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. بالجانی و شکاری (۵) در گیاه گلرنگ[2] دریافتند که در شرایط تنش خشکی، سالیسیلیک اسید با افزایش تراکم کلروفیل در واحد سطح برگ، حفظ منبع فتوسنتز کننده در طول دوره رشدی، دریافت انرژی تابشی خورشید و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مقصد (دانه) توانست عملکرد دانه و روغن گلرنگ را افزایش دهد. فاتیما و غریب (۴۳) در ریحان و مرزنجوش نشان دادند که کاربرد سالیسلیک اسید، رشد و عملکرد این گیاهان را افزایش داد. نتیجه فعالیت پژوهشی بیدعشقی و آروین (۳۴) نشان داد که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید در شرایط تنش خشکی با حذف رادیکال‌های آزاد شده در گیاه سیر عملکرد را به میزان ۴۹ درصد و در شرایط عدم تنش با بهبود فتوسنتز عملکرد را ۲۴ درصد افزایش داد.

درصد اسانس

تاثیر فواصل آبیاری بر درصد اسانس معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۱). با افزایش فواصل آبیاری درصد اسانس به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری که با افزایش دور آبیاری از شش روز (۱/۴۲ درصد) به ۱۸ روز (۱/۱۳ درصد) از میزان اسانس به طور میانگین ۲۰/۴۲ درصد کاسته شد (شکل۱). از نظر آماری بین تیمار شش روز (۱/۴۲ درصد) و ۱۲روز (۱/۴۷ درصد) از نظر درصد اسانس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نکته‌ای که باید مورد اشاره قرار گیرد این است که همیشه همراه با بالا رفتن میزان تنش، درصد اسانس

1- *Hyssopus officinalis* L.

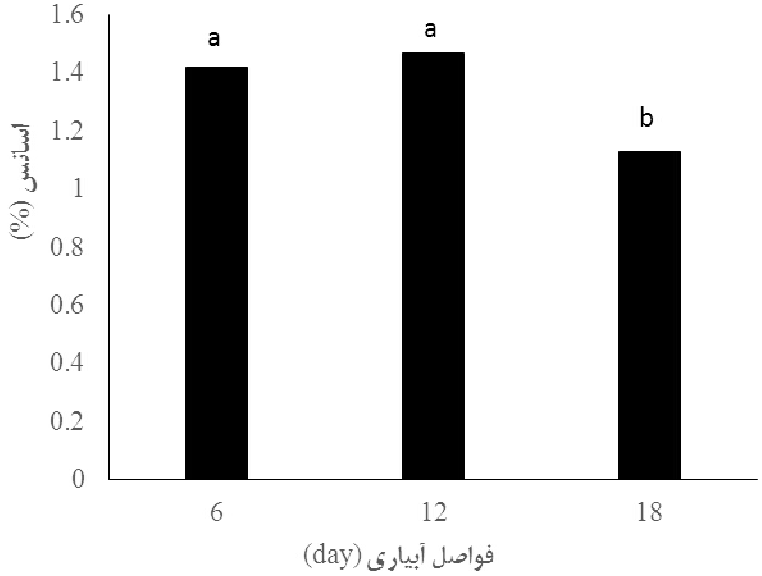
2- *Carthamus tinctorius* L.

نمی‌تواند افزایش یابد. چرا که در تنش‌های بالا گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم کننده‌های اسمزی از جمله پرولین، گلیسین- بتائین و ترکیبات قندی همانند ساکاروز، فروکتوز و فروکتان می‌کند که بتواند پتانسیل آب سلولی را کاهش دهد (۱۴).

گیاهان بسته به گونه گیاهی و ژنوتیپ به تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند. بنابراین تنظیم و مدیریت آب در گیاهان دارویی و معطر از نظر تولید اسانس حائز اهمیت زیادی است. ربیی و همکاران (۵۰) در مطالعه اثر تنش خشکی (بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) روی زیره سبز نشان دادند که گیاهان تحت تنش متوسط نسبت به دو تیمار بدون تنش (شاهد) و تنش شدید از اسانس بالاتری برخوردار بودند. رضائی چیانه (۱۴) در بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تجمع اسانس، ترکیبات آن و برخی صفات اکوفیزیولوژیکی در رازیانه دریافت که تنش خشکی سبب افزایش درصد اسانس رازیانه می‌گردد، اما عملکرد اسانس آن را کاهش می‌دهد. که علت افزایش درصد اسانس رازیانه بر اثر تنش کمبود آب را به دلیل بیشتر بودن تراکم غده‌های اسانس در اثر کاهش سطح برگ ناشی از تنش و تجمع بیشتر اسانس گزارش کرده است. در تحقیقی دیگر، آبیاری بهینه در طول توسعه گیاهچه و رشد طولی ساقه و محدودیت دسترسی به آب در مراحل پس از شروع گلدهی درصد اسانس مرزنجوش و کیفیت آن را بهبود می‌بخشد (۳۱). در بررسی نوروزپور و رضوانی مقدم (۳۰) و رضاپور و همکاران (۱۳) در سیاهدانه با افزایش تنش کم آبی درصد اسانس به طور معنی‌دار کاهش یافت که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

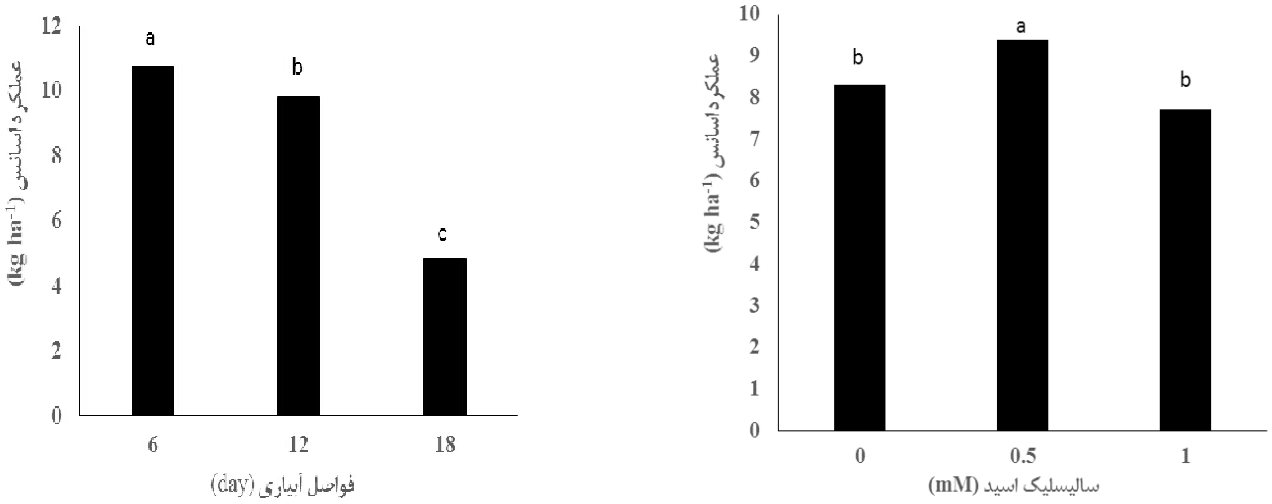
عملکرد اسانس

تیمارهای فواصل آبیاری از نظر عملکرد اسانس اختلاف معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) را نشان دادند (جدول ۱). به طوری که با افزایش دور آبیاری از شش روز به ۱۸ روز ۵۴/۶۳ درصد عملکرد اسانس کاهش یافت (شکل۲). تاثیر تیمارهای سالیسیلیک اسید بر عملکرد اسانس نیز معنی‌دار بود. (جدول ۱). تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسلیک اسید بیشترین عملکرد اسانس در واحد سطح را تولید کرد و نسبت به تیمارهای صفر و ۱ میلی‌مولار سالیسلیک اسید به ترتیب ۱۷/۶۹ و ۱۱/۳۰ درصد افزایش نشان داد (شکل ۲). اختلاف عملکرد اسانس بین تیمارهای صفر و ۱ میلی‌مولار سالیسلیک اسید معنی‌دار نبود (جدول ۳). فاتیما و غریب (۴۳) در تحقیق خود در ریحان و مرزنجوش گزارش کردند که سالیسیلیک اسید با افزایش عملکرد پیکر رویشی و درصد اسانس ریحان و مرزنجوش منجر به افزایش عملکرد اسانس دو گونه گردید. نتیجه آزمایشات قبلی انجام گرفته روی گیاهان دارویی حاکی از آن است که کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زیانبار تنش آبی بر رشد، پیکر رویشی و عملکرد گیاه باشد. چون عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد گیاه می‌باشد. در یک تحقیق مشخص شد که با افزایش فواصل آبیاری، درصد اسانس و عملکرد دانه سیاهدانه کاهش یافت که این امر منجر به کاهش عملکرد اسانس شد (۳۰).



شکل ۱- اثر فواصل آبیاری بر درصد اسانس سیاهدانه

میانگین‌های دارای حروف مشترک در شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل۲- اثر فواصل آبیاری و سالیسلیک اسید بر عملکرد اسانس سیاهدانه

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

گزارش شده، تنش کم آبی عملکرد اسانس را در گیاهان سیاهدانه (۱۳)، شوید[1] (۱۷)، شمعدانی عطری[2] (۳۷ و ۴۸)، مریم گلی[3] (۳۳)، ریحان (۳۸) و رازیانه (۱۵) کاهش داده است که نتیجه به دست آمده از این تحقیق را تأیید می‌کنند. در تحقیق حاضر، به دلیل کاهش محسوس عملکرد گیاه و میزان اسانس در شرایط تنش خشکی، در کل عملکرد اسانس نیز کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

به طور کلی از نتایج این آزمایش چنین استنباط می‌شود، که دور آبیاری پس از شش روز نسبت به تیمار آبیاری پس از ۱۲ روز از نظر تولید دانه سیاهدانه چندان اختلاف معنی‌داری نداشت. از طرفی هر چند اثر متقابل فواصل آبیاری و سالیسلیک اسید بر اجزای عملکرد دانه معنی‌دار نبود، اما مشخص گردید که استفاده از غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تأثیر مثبتی بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه دارا بود و توانست با بهبود رشد گیاه عملکرد دانه و عملکرد اسانس را افزایش دهد. از این رو می‌توان، محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و تیمار دور آبیاری پس از ۱۲روز برای مناطقی از کشور که محدودیت آبی دارند، توصیه نمود.

قدردانی

از ریاست محترم دانشگاه پیام نور نقده، جناب آقای دکتر خلیل فائزی و دانشجویان گروه مهندسی کشاورزی آقایان آرش ستاری، مهدی موسوی، اصغر غفوری، محمد نوری و یاسر یعقوبی و سایر همکاران محترم آن دانشگاه که در این تحقیق ما را یاری کردند کمال تشکر را داریم.

منابع

۱- احمدیان، ا.، ا. قنبری، و م. گلوی .۱۳۸۸. اثر متقابل تنش خشکی و کود دامی بر اجزاء عملکرد، میزان اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در زیره سبز. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۰: ۱۸۰-۱۷۳.

۲- اسفینی فراهانی، م.، ف. پاک نژاد، م. بختیاری مقدم، ص. علوی، و ع. ر. حسیبی. ۱۳۹۱. مجله زارعت و اصلاح نباتات. اثر مقادیر و روشهای مختلف کاربرد اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزاء عملکرد زیره سبز. مجله زارعت و اصلاح نباتات، ۸: ۷۷-۶۹.

۳- امام، ی. و م. زاوره. ۱۳۸۴. تحمل خشکی در گیاهان عالی. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۱۸۶ صفحه.

۴- آقایی ا. ح. و پ. احسانزاده. ۱۳۹۰. اثر رژیم آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه دارویی کدو تخم کاغذی. مجله علوم باغبانی، ۴۲ (۳) ۲۹۹-۲۹۱.

1- *Anethum graveolens* L.
2- *Salvia officinalis* L.
3- *Pelargonium roseum* L.

۵- بالجانی، ر. و ف. شکاری. ۱۳۹۱. تاثیر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط شاخص های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار،۲۲: ۱۰۳-۸۷.
۶- پاکمهر، آ.، م. راستگو، ف. شکاری، ج. صبا، و ا. زنگانی.۱۳۹۰. تأثیر پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر برخی از ویژگیهای مورفوفیزیولوژیک و عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی. نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۹: ۶۱۴-۶۰۶.
۷- جباری، ف. ع.، ع. احمدی، ک. پوستینی، و ه. علیزاده. ۱۳۸۵. بررسی ارتباط فعالیت برخی آنزیم های آنتی اکسیدانت با پایداری غشای سلولی و کلروفیل ارقام گندم نان مقاوم و حساس به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی، ۱ (۴): ۳۱۶-۳۰۷.
۸- جعفرنیا، س.، س. خسروشاهی، و قاسمی، م. ۱۳۹۰. راهنمای جامع و مصور خواص و کاربرد گیاهان دارویی، انتشارات سخن گستر. ۱۷۹ صفحه.
۹- حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه، خشکی و خشکسالی. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۲۰۰ صفحه.
۱۰-خرم دل، س.، پ. رضوانی مقدم، ا. امین غفوری، و ج. شباهنگ. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر پرایمینگ با و سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر خصوصیات جوانه زنی سیاهدانه نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۱۱: ۸۷-۷۳.
۱۱-خوش بین، س. ۱۳۸۸. یکصد گیاه معجزه گر. انتشارات نشر دنیای نو، جلد اول، ۴۲۴ صفحه.
۱۲-رحیمی ع.، ک. مشایخی، خ. همتی، و ا. دردی پور. ۱۳۸۸. اثر عناصر غذایی واسید سالیسیلیک بر عملکرد بذر و اجزای عملکرد گشنیز. مجله پژوهشهای تولید گیاهی، ۱۶(۴): ۱۵۶-۱۴۹.
۱۳-رضاپور، ع.، م. حیدری، م. گلوی، و م. رمرودی. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تنظیم کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی سیاه دانه. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۷ (۳): ۳۹۶-۳۸۴.
۱۴-رضائی چیانه، ا. ۱۳۹۱. اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تجمع اسانس، ترکیبات آن و برخی صفات اکوفیزیولوژیکی در رازیانه. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
۱۵-رضائی چیانه، ا.، س. زهتاب سلماسی، ک. قاسمی گلعذانی، و ع. دل‌آذر. ۱۳۹۱. اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده بومی رازیانه. مجله دانش کشاورزی پایدار، ۲۲(۴):۷۰-۵۵.
۱۶-زهتاب سلماسی، س.، ع. جوانشیر، ر. امیدبیگی، ه. آلیاری، و ک. قاسمی گلعذانی. ۱۳۸۲. اثرات اکو فیزیولوژیک آبیاری و تاریخ کاشت بر روی رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی آنیسون. مجله دانش کشاورزی، ۴: ۴۹-۳۷.
۱۷-عندلیبی، ب. ۱۳۸۸. تغییرات میزان و ترکیب اسانس شوید ایران (*Anethum graveolens* L.) در طول رشد و نمو تحت شرایط آبیاری محدود. رساله دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
۱۸-کافی، م.، م. برزوئی، م. صالحی، ع. کمندی، ع. معصومی، و ج. نباتی. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۰۲ صفحه.
۱۹-کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۳. اکولوژی گیاهان زراعی. چاپ دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۹۱ صفحه.
۲۰-کوچکی، ع. و م. ثابت تیموری. ۱۳۹۰. تأثیر فواصل آبیاری و نوع کود بر عملکرد کمی سه گیاه دارویی: اسطوخودوس، زوفا و رزماری در شرایط مشهد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۹ (۱): ۸۶-۷۸.
۲۱-کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی، و ک. عزیزی. ۱۳۸۵. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو توده بومی رازیانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۱: ۱۴۰- ۱۳۱.
۲۲-کوچکی، ع.، و. مختاری، ش. ب. طاهرآبادی، و س. کلانتری. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد ویژگی‌های کیفی اسفرزه و پسیلیوم در شرایط تنش رطوبتی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۳): ۶۶۴- ۶۵۶.
۲۳-گلدانی، م. و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۴. اثر سطوح خشکی و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام دیم و آبی نخود در مشهد. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۲(۲) ۱۲-۱.
۲۴-مجنون حسینی، ن. و س. داوزده امامی. ۱۳۸۶. زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۰ صفحه.
۲۵-مداح، س. م.، ف. ا. فلاحیان، س. ح. صباغ پور، و ف. چلبیان. ۱۳۸۵. اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد، اجزاء عملکرد و ساختار تشریحی گیاه نخود. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۲: ۶۱-۷۰.
۲۶-مرادی مرجانه، ا. و م. گلدانی. ۱۳۹۱. ارزیابی سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر تعدادی شاخص‌های رشد گیاه همیشه بهار تحت شرایط کم آبیاری. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۴ (۱): ۳۳-۴۵.
۲۷-مردانی، ح.، ح. بیات، و م. عزیزی. ۱۳۹۰. تاثیر محلول پاش یسالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانهال های خیار

(*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) تحت شرایط تنش خشکی، نشریه علوم باغبانی، ۲۵(۳): ۳۲۶-۳۲۰.

۲۸-موسوی نیک، م. ۱۳۹۱. بررسی اثر سطوح مختلف کود گوگرد بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه در شرایط تنش خشکی در منطقه بلوچستان. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۲: ۱۸۲-۱۷۰.

۲۹-نوروزپور، ق. و پ. رضوانی‌مقدم. ۱۳۸۴. اثر دورهای مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). مجله پژوهشهای زراعی ایران، ۲۳: ۳۱۴-۳۰۵.

۳۰-نوروزپور، ق. و پ. رضوانی‌مقدم. ۱۳۸۵. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد روغن و اسانس دانه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۳: ۱۳۸-۱۳۳.

31-Azizi, A., F. Yan, and A. Honermeier. 2009. Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. Industrial Crops and Products, 29: 554–561.

32-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 aoil. Journal of applied sciences research, 7: 3503-3514.

33-Bettaieb, I., N. Zakhama, N. Aidi-Wannes, M. E. Kchouk, and B. Marzouk. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae, 120: 271-275.

34-Bideshki, A., and M. J. Arvin. 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. Plant Ecophysiology, 2: 73-79

35-Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. Australian Journal of Agricultural Research, 56: 1159–1168.

36-Clevenger, J. F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. Journal of the American Pharmacists Association, 17: 346–349.

37-Eiasu, B. K., J. M, Steyn, and P. Soundy. 2012. Physiomorphological response of rose-scented geranium (*Pelargonium* spp.) to irrigation frequency. South African Journal of Botany, 78: 96–103.

38-Ekrena, S., C. Sonmez, E. Ozcakal, Y. S. K. Kurttas, E. Bayram, and H. Gurgulu. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural Water Management, 109: 155– 161.

39-Elizabeth Abreu, M., and S. Munné-Bosch. 2008. Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plants. Environmental and Experimental Botany, 64:105–112.

40-El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225.

41-Eraslan, F., A. Inal, A. Gunes, and M. Alpaslan. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae, 113: 120–128.

42-Fariduddin, Q., S. Hayat, and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica, 41: 281-284.

43-Fatma, A. E., and L. Gharib. 2007. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activites and oil content of basil and majoram. International Journal of Agriculture and Biology, 4: 485-492.

44-Hayata, Q., Sh. Hayata, M. Irfan, and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany, 68: 14–25.

45-Igbal, M., M. Aasraf, A. Jamil, and U. R. M. Shafiq. 2006. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plant under salt stress?. Journal of Integrative Plant Biology, 48(2): 181-189.

46-Khaled, T., Q. A. Feras, Gh. Mohammad, M. Mohammad, and Tamam, El-E. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. Food Chemistry, 104:1372–1378.

47-Laribi, B., I. Bettaieb, K. Kouki, A. Sahli, A. Mougou, and M. Brahim. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oils and fatty acids composition. Industrial Crops and Proudcts, 30: 372-379.

48-Motsa, N. M., P. Soundy, J. M. Steyn, R. A. Learmonth, N. Mojela, and C. Teubes. 2006. Plant shoot age and temperature effects on essential oil yield and oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) grown in South Africa. Journal of Essential Oil Research, 18: 106–110.

49-Pessarkli, M. 1999. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker. New York Inc. pp. 697.

50-Rebey, B. I., I. Jabri-Karoui, I. Hamrouni-Sellami, S. Bourgou, F. Limam, and B. Marzouk. 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products, 36: 238–245.

51-Shirzad, S., A. Hosein, and R. Daliri Moghadam. 2011. Influence of drought stress and interaction with salicylic acid on medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seedling growth. Botany Research Journal, 4: 35-40.