



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴

صفحه‌های ۸۴۰-۸۲۷

# اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب‌وهوایی کرمان

نجمه جامی\*<sup>۱</sup>، سید محسن موسوی نیک<sup>۲</sup> و مهدی نقی‌زاده<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران  
 ۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران  
 ۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۱۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱۰

### چکیده

به منظور بررسی تأثیرات تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و مقدار اسانس گیاه دارویی سیاهدانه، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام گرفت. فاکتور اول خشکی (d) شامل شاهد (۹۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و فاکتور دیگر چهار غلظت اسید سالیسیلیک (s) شامل صفر میکرومولار (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرومولار بود. تفاوت معناداری در صفات تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد اسانس و دانه با اعمال تنش خشکی و اسید سالیسیلیک وجود داشت، به طوری که محلول پاشی با ۱۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۷۹/۰۵ درصدی عملکرد دانه شد. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش خشکی نیز بر درصد اسانس، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول معنادار بود. اثر متقابل سطح دوم تنش خشکی و غلظت ۱۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۱۵۰ درصدی مقدار اسانس شد. از این رو، برای دستیابی به حداکثر عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در فولیکول و درصد اسانس در تنش خشکی می‌توان از غلظت متوسط اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) با آبیاری متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) در سیاهدانه استفاده کرد که در مناطق خشک از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه است.

**کلیدواژه‌ها:** تنظیم‌کننده‌های رشد، درصد اسانس، کمبود آب، گیاهان دارویی، محلول پاشی.

## ۱. مقدمه

سیاهدانه، ماده‌ای به نام نیژلون<sup>۲</sup> استخراج می‌شود که می‌تواند اثر قاعده‌آور، کرم‌کش، مسهل و افزایش‌دهنده ترشحات شیر داشته باشد. دانه‌های سیاهدانه حاوی ۳۰ تا ۴۰ درصد روغن ثابت، ساپونینی<sup>۳</sup> به نام ملانتین<sup>۴</sup> و حدود ۱/۴ درصد اسانس وجود دارد که دارای نیژلون است [۳].

اسید سالیسیلیک ماده‌ای است که از دیرباز برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان استفاده می‌شود و به‌عنوان نوعی هورمون گیاهی بالقوه به‌دلیل نقش‌های تنظیمی متفاوتی که در متابولیسم گیاه دارد، شناخته شده است. وجود اسید سالیسیلیک در بسیاری از گیاهان گزارش شده است و بیشترین مقدار آن در زمان حمله پاتوژن‌های ایجادکننده نکروز و تولید دما در گیاهان بود [۲۴]. ساختار آن شامل ترکیب فنولی با حلقه آروماتیک و یک گروه هیدروکسیل است. در حالت معمولی، به‌صورت پودر کریستالی با نقطه ذوب ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی‌گراد و اسیدیته ۲/۴ است [۲۵].

تأثیر اسید سالیسیلیک در جوانه‌زنی سریع‌تر دانه‌ها، افزایش عملکرد میوه و گلدهی در گیاهان واضح است [۲۱]. کاربرد اسید سالیسیلیک در مقادیر زیاد سبب آسیب‌دیدگی گیاه و در مقادیر کم موجب افزایش قدرت ساخت مواد آنتی‌اکسیدانی و افزایش قدرت سیستم ایمنی گیاه سیاهدانه در برابر رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش خشکی و در نتیجه، افزایش عملکرد می‌شود [۱۵]. کاربرد اسید سالیسیلیک بعد از پرولین موجب بهبود صفاتی از قبیل طول برگ، عرض برگ، علوفه‌تر، علوفه خشک، ارتفاع، قطر ساقه، تعداد برگ، کلروفیل، وزن تر و خشک ریشه در گیاه سورگوم شد، اما هورمون‌ها در افزایش بیش از حد شدت تنش خشکی، قادر به کاستن تأثیرات تنش به

رویکرد به توسعه تولید و کشت و کار گیاهان دارویی در چند سال اخیر به علت شناخت مردم از عوارض داروهای شیمیایی رو به افزایش است. درک پاسخ گیاهان دارویی به تنش‌های محیطی، به‌منظور تولید و اصلاح ارقام متحمل به تنش کاملاً ضروری است. در واقع تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، کاهش سطح برگ، ریزش گل و میوه موجب کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود [۱۴]. کاهش سطح برگ، ریشه‌های عمیق و نسبت زیاد ریشه به ساقه به‌عنوان اجتناب از خشکی در بسیاری از گونه‌ها محسوب می‌شود [۱۹]. عملکرد دانه سیاهدانه در تیمار آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در مقایسه با ۵۰ میلی‌متر، کاهش یافت که علت آن را کاهش اجزای عملکرد در اثر تنش خشکی بیان کردند [۵]. رطوبت مناسب سبب افزایش ارتفاع بوته و شاخ و برگ بیشتر و در نتیجه تعداد کپسول بیشتر در بوته سیاهدانه شد که به افزایش عملکرد دانه می‌انجامد [۱۸].

سیاهدانه<sup>۱</sup> نوعی گیاه دارویی دولپه، یکساله از تیره آلاله، علفی، گل‌دار و بومی منطقه جنوب غرب آسیاست. گسترش این گیاه در نواحی مختلف شمال آفریقا، جنوب اروپا و مناطق مدیترانه‌ای تا هندوستان و جنوب شرق آسیا و استرالیا است. در ایران در برخی مناطق به‌صورت خودرو می‌روید و در شهرهای اراک و اصفهان به فراوانی کشت می‌شود [۱۳، ۱۸]. این گیاه تا حدی به تنش خشکی مقاوم است و از دانه‌های آن به‌عنوان ادویه استفاده می‌شود [۵]. سیاهدانه به‌دلیل داشتن ماده‌ای موسوم به تیموکینون دارای تأثیرات ضدتشنجی است و در دانه‌های آن اثر ضدتوموری و ضدباکتریایی مشاهده شده است. از اسانس گیاه

2 . Nigellon

3 . Saponin

4 . Melantin

1 . *Nigella sativa* L.

اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی کرمان

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت خرد شده بر پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام گرفت. شهر کرمان بین ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا قرار گرفته است. آب و هوای کرمان براساس فرمول آمبرژه گرم و خشک است. بیشینه دمای هوا در هنگام کاشت (اردیبهشت ۱۳۹۳) ۳۲/۴ و کمینه دما ۷/۲ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین رطوبت نسبی ۶/۳ درصد و مقدار بارندگی در فروردین ۴۴/۵ و در اردیبهشت ۰/۲ میلی‌متر بوده است. خاک مزرعه دارای بافت لومی شنی، اسیدیته ۶/۸۱ و هدایت الکتریکی ۱/۸۹ میلی-زیمنس بر متر است (جدول ۱).

نحو کارآمد نبودند [۸]. در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های اسید سالیسیلیک (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میکرومولار) بر برخی واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه شنبلیله تحت تنش شوری مشخص شد که کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میکرومولار در شرایط تنش شوری توانست با افزایش فعالیت آن‌تی‌اکسیدان‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاه شنبلیله، به کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به گیاهان شاهد منجر شود [۱].

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف (برحسب میکرومولار) بر عملکرد، اجزای عملکرد و مقدار اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه در شهر کرمان بود.

جدول ۱. اسیدیته و هدایت الکتریکی (برحسب میلی‌زیمنس بر متر) و عناصر موجود در خاک مزرعه (برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم خاک نمونه برداری شده (از عمق ۳۰ سانتی‌متری قبل از کاشت) براساس آزمون خاک

اسیدیته	فسفر	گوگرد	تیتانیوم	کروم	مس	سرب	روی	لیتیوم	ازت
۶/۸۱	۱۲۰	۵۰	۵۲۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹۰۰۰	۹۰
هدایت الکتریکی	سیلیسیم	آلومینیوم	باریوم	کلسیم	آهن	پتاسیم	منیزیوم	منگنز	سدیم
۱/۸۹	۵۵۷۹۰	۱۲۴۵۰	۵۰	۱۰۲۷۰	۴۵۴۰	۲۲۱۰	۲۳۲۰	۸۰	۲۴۰۰

و مقاومت الکتریکی برای هر کرت انجام گرفت [۱۰]. همچنین ارتفاع آب آبیاری با تقسیم حجم آب آبیاری وارد شده به هر کرت بر مساحت آن کرت با ساخت سرریز اندازه‌گیری شد و در کرت‌های ۹۰ درصد ظرفیت زراعی از هر تکرار با اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی دو سر سیم

عامل اصلی شامل سه سطح خشکی، شاهد (۹۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه)، تنش متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) [۱۸] بود که توسط بلوک‌های گچی و رسم منحنی‌های کالیبراسیون و اندازه‌گیری مقدار رطوبت وزنی

روز یکبار آبیاری انجام گرفت که در حدود ۱۵ تا ۲۰ روز به طول انجامید. وجین علف‌های هرز در شش مرحله صورت گرفت. این علف‌های هرز شامل خارشتر، تاج‌خروس وحشی، قیاق، خرفه، پیچک صحرایی و سلمه‌تره بود. همچنین واکاری بذوری که سبز نشده بودند و تنک بوته‌های سیاهدانه برای رسیدن به تراکم مورد نظر در تاریخ ۹۳/۳/۲۸ انجام گرفت.

برای تهیه بلوک‌های گچی از قطعاتی به طول ۱ متر سیم، توری‌های فلزی بسیار ظریف، قوطی‌های پلاستیکی استوانه‌ای و گچ استفاده می‌شود، بدین صورت که توری‌های فلزی به ابعاد ۱ در ۱ سانتی‌متر در آورده شده و با استفاده از دستگاه هویه به انتهای هر رشته سیم به صورت موازی و رودررو، هر یک از قطعات چسبانده می‌شوند. سپس با احتیاط سیم‌ها درون قوطی‌های پلاستیکی قرار داده شده و اطراف آنها با گچ دندانپزشکی که حالت خود را در خاک حفظ کند، کاملاً پوشانده می‌شوند و بعد از این که سیم درون قوطی کاملاً محکم شد با احتیاط از درون قوطی جدا شده و بدین شکل بلوک‌ها ساخته می‌شوند [۱۰].

در تاریخ ۹۳/۳/۳۱ کود اوره به زمین داده شد و آبیاری غرقابی نیز صورت گرفت. در طول رشد هیچ آفتی مشاهده نشد. در مرحله چهار تا شش‌برگی در هنگام غروب خورشید در تاریخ‌های ۹۳/۳/۲۲، ۹۳/۳/۲۴ و ۹۳/۳/۲۶ در سه مرحله (به صورت یک روز در میان) محلول‌پاشی با غلظت‌های صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرومولار اسید سالیسیلیک صورت گرفت، تا حدی که قطره‌های محلول از دو طرف برگ بوته‌های سیاهدانه چکه کردند و کاملاً اشباع شدند.

در حین عملیات زراعی در مزرعه، کالیبراسیون بلوک‌های گچی نیز صورت گرفت. بلوک‌های گچی به مزرعه منتقل شدند و در عمق توسعه ریشه که در گیاه سیاهدانه ۳۰ سانتی‌متر بود، قرار گرفتند و دو سر سیم

بلوک‌های گچی کاشته‌شده در هر کرت در قبل و بعد از آبیاری و با استفاده از منحنی‌های کالیبراسیون تا جایی که  $fc = 21$  (که  $fc$  خاک‌های لومی-شنی است) برسد، آبیاری انجام گرفت. برای کرت‌های ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری به ترتیب تا جایی صورت گرفت تا به  $fc = 17$  و  $fc = 15$  برسد و این اعمال تنش تا ۱/۵ ماه به طول انجامید [۱۰]. عامل فرعی شامل محلول‌پاشی در تاریخ‌های ۹۳/۳/۲۲، ۹۳/۳/۲۴ و ۹۳/۳/۲۶ با چهار غلظت متفاوت اسید سالیسیلیک صفر (به عنوان شاهد و به صورت محلول‌پاشی با آب مقطر)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرومولار اسید سالیسیلیک بود.

ابتدا در بهمن ۱۳۹۲ شخمی زده شد و در اسفند ماه همین سال کود دامی پوسیده (گاو) با درصد ازت زیاد به زمین مورد نظر داده شد و بعد از بارندگی‌های بهاره، دیسکی به عمق ۲۵ سانتی‌متر زده شد [۷]. نقشه زمین براساس طرح کرت خردشده بر پایه بلوک کامل تصادفی، پیاده شد. پس از آن در تاریخ ۹۳/۲/۱۰، کاشت بذور سیاهدانه (که به مدت دو هفته قبل از کاشت از توده‌های محلی استان کرمان تکثیر و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان تهیه شد و تا زمان کاشت در جای خشک و خنک نگهداری شد)، در عمق ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متری خاک به فاصله ۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف با تراکم بوته ۱۰۰ تا ۱۵۰ بوته در هکتار صورت گرفت [۷].

مقدار بذور مصرفی حدود ۱/۵ گرم بر متر مربع بود. عرض هر تکرار ۳ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ و فاصله بین کرت‌های فرعی حدود ۴۰ سانتی‌متر به صورت یک پشته نکاشت در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین هر تکرار ۲ متر برای حرکت آب آبیاری و پیاده‌روی در نظر گرفته شد. بلافاصله پس از کشت، آبیاری فارو (شیاری) صورت گرفت و تا زمان جوانه‌زنی و رویش بذور هر سه

اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب‌وهوایی کرمان

کاملاً پودر شده بودند، همراه با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون بالن ۱۰۰۰ سی‌سی قرار داده شده و سه ساعت در شرایط یکسانی حرارت داده شدند. در اثر حرارت و فشار بخار آب وارد مبرد شد. در مبرد عمل میعان صورت می‌گیرد و قطره‌های اسانس درون آب به‌صورت دو فاز مشخص به طرف لولهٔ مدرج حرکت می‌کند که به‌دلیل سبک‌تر بودن اسانس نسبت به آب، اسانس زرد رنگ روی آب جمع می‌شود و آب اضافی از طریق لولهٔ رابط به بالن باز می‌شود. سپس وزن اسانس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شد. پس از محاسبهٔ درصد وزنی اسانس در دانه‌ها، عملکرد آن در واحد سطح (برحسب گرم بر متر مربع) تعیین شد [۹، ۵]. در نهایت تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد اسانس اندازه‌گیری و داده‌های مربوطه ثبت شد. اطلاعات به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۹) تجزیه و تحلیل آماری شد و میانگین‌ها با استفاده از LSD در سطح ۵ درصد با هم مقایسه شدند.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. تعداد دانه در فولیکول

اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفت تعداد دانه در هر فولیکول در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار عملکرد از اثر متقابل سطح اول تنش خشکی و سطح سوم اسید سالیسیلیک و به میزان ۶۶/۳۳ و کمترین آن از اثر متقابل سطح سوم تنش و سطح چهارم اسید سالیسیلیک و به میزان ۳۰/۶۶ حاصل شد. اثر متقابل اسید سالیسیلیک در سطح سوم و تنش خشکی در سطح اول این صفت را ۵۷/۹۲ درصد افزایش، و اثر متقابل سطوح دوم و چهارم اسید سالیسیلیک و سطح اول تنش، تعداد دانه در فولیکول را ۴/۷۶ و ۸/۷۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داد.

بلوک گچی برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی از خاک بیرون قرار گرفت. تنش با اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی دو سر سیم بلوک‌های گچی که در کرت‌های نه‌گانه کار گذاشته شده بودند، قبل و بعد از آبیاری اعمال شد و درصد رطوبت وزنی با استفاده از منحنی کالیبراسیون محاسبه شد. برداشت در تاریخ ۹۳/۰۵/۲۸ قبل از باز شدن کپسول‌ها و ریزش بذور انجام گرفت. هنگام برداشت در هر کرت پشته‌های اول و آخر و از دو پشتهٔ وسطی ۰/۵ متر از ابتدا و انتها حذف شد و از مساحت باقی‌مانده که ۲ متر مربع بود، برداشت صورت گرفت. زمان برداشت هنگامی در نظر گرفته شد که بوته‌ها شروع به زرد شدن کرده و دست‌کم ۸۰ درصد کپسول‌ها رسیده بودند. برای برداشت محصول بوته‌های هر کرت از سطح زمین با دست کف‌بر شده و بعد از سه روز کپسول‌ها از بوته‌ها جدا شدند.

برای محاسبهٔ عملکرد دانه، ابتدا ردیف‌های کناری هر کرت فرعی و ۱ متر از دو طرف ردیف‌های میانی (تأثیرات حاشیه‌ای) حذف شد و از مساحت باقی‌مانده که به‌طور تقریبی ۲ متر مربع بود، عملکرد دانه برحسب گرم بر متر مربع محاسبه شد [۵]. عملکرد بیولوژیک نیز از مجموع وزن دانه و کاه و کلش برحسب گرم به‌دست آمد. شاخص برداشت (برحسب درصد) نیز از نسبت وزن دانه بر مجموع وزن کاه و کلش و دانه محاسبه شد. وزن هزاردانه (با اندازه‌گیری وزن صددانه توسط ترازوی دیجیتال مدل LIBROR با دقت ۰/۰۰۰۰۱ و تناسب بستن وزن هزاردانه حاصل شد)، تعداد دانه در هر فولیکول و تعداد دانه در بوته نیز بعد از حذف اثر حاشیه‌ای به‌طور تصادفی در ۱۰ بوته از هر کرت اندازه‌گیری شد [۹، ۵].

برای اندازه‌گیری درصد اسانس از روش تقطیر آب و با استفاده از دستگاه کلونجر Scientific Thermo مدل Electro CAT.NO.EM2000/CE thermal انجام گرفت. بدین‌منظور از هر کرت یک نمونهٔ ۵۰ گرمی از دانه‌ها که

نجمه جامی و همکاران

جدول ۲. تجزیه واریانس تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد اسانس، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه در سیاهانه

میانگین مربعات									
وزن هزاردانه (gr)	عملکرد بیولوژیک (gr/m <sup>2</sup> )	عملکرد اسانس (gr/m <sup>2</sup> )	درصد اسانس (%)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (gr/m <sup>2</sup> )	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در فولیکول	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱/۵۲	۲۹۹۲/۱۱	۹۱/۹۷	۰/۰۰۰۰۱	۶۴/۴۴	۱۷۳۹/۳۳	۱۲۴۶۸/۱۱	۲۹۱۰/۸۶	۲	تکرار
۲/۴۶**	۴۳۵۶۱/۱۹**	۸۵۲۸۲۰/۰۰۶*	۰/۰۰۰۲۸*	۶۵۷/۱۵**	۹۴۸۸/۵۸**	۲۲۲۶۱/۸۶**	۵۷۴/۵۲**	۲	تنش خشکی (D)
۰/۴۷۹۶	۴۴۴۲/۰۲	۴/۹۳	۰/۰۰۰۰۱	۴۸/۲۳	۲۸۵/۶۶	۱۰۰۳/۵۲	۶۹/۹۴	۴	خطای a
۵/۳۹**	۲۵۴۱۲/۱۰**	۳۵۱۹۳۷/۱۵۹*	۰/۰۰۱۵۷**	۲۰۱/۵۷**	۸۶۴۳/۵۸**	۳۷۷۱۴/۲۵**	۲۵۶/۵۱*	۳	معلول پاشی (S)
۰/۶۷۶۵**	۶۲۹۳/۶۰**	۲۰۴۶۱۶/۵۵**	۰/۰۰۰۲۲۳**	۴/۵۲**	۱۳۶۱/۹۱**	۴۰۹۹/۶۳**	۲۳۳/۲۶**	۶	تنش خشکی × معلول - پاشی (D × S)
۰/۹۶۸۷	۲۱۱۰/۸۵	۱۰/۳۷۸	۰/۰۰۰۰۱۴	۱۳/۵۰	۹۴۴	۲۱۴۰/۵۵	۱۸۱/۱۵	۱۸	خطای b
۱۴/۶۷	۱۴/۳۵	۴۷/۰۶۳	۵/۸۵	۱۲/۳۸	۲۸/۹۰	۲۷/۶۵	۲۱/۹		CV

\* و \*\*: بهترین معیار در سطح ۱ و ۵ درصد.

NS: غیر معنادار

اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی کرمان

اثر متقابل سطح دوم تنش و سطوح اول، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک، این صفت را به ترتیب ۱۹/۸۵، ۲/۳۸ و ۱۳/۵ درصد کاهش، و اثر متقابل سطح دوم اسید سالیسیلیک و سطح دوم تنش خشکی این صفت را ۳۹/۶۶ درصد افزایش داد. سطح سوم تنش و سطوح اول، دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۲۳/۸۰، ۱۹/۰۴، ۲۷ و ۱۹/۸۵ درصد این صفت را کاهش داد. بیشترین تعداد دانه در بوته از سطح اول تنش خشکی و سطح سوم سالیسیلیک و به مقدار ۶۶/۳۳ و کمترین آن از اثر متقابل اسید سالیسیلیک در سطح چهارم و سطح سوم تنش و به مقدار ۳۰/۶۶ به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های عوامل اصلی و تأثیرات متقابل در صفات تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد اسانس، عملکرد اسانس، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه در سیاهدانه

تیمارها	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (gr/m <sup>2</sup> )	شاخص برداشت (%)	عملکرد اسانس (gr/m <sup>2</sup> )	وزن هزار دانه (gr)
تنش خشکی D					
d1 = ٪۹۰ ظرفیت زراعی مزرعه	۱۶۵/۵۸ <sup>a</sup>	۱۱۳/۱۶ <sup>b</sup>	۳۰/۱۹ <sup>b</sup>	۴/۵۰ <sup>ab</sup>	۲/۵۵ <sup>a</sup>
d2 = ٪۷۰ ظرفیت زراعی مزرعه	۱۸۵/۳۳ <sup>a</sup>	۱۲۰/۸۳ <sup>a</sup>	۳۶/۸۵ <sup>a</sup>	۸/۱۵ <sup>a</sup>	۲/۲۵ <sup>ab</sup>
d3 = ٪۵۰ ظرفیت زراعی مزرعه	۱۰۲/۵۰ <sup>b</sup>	۶۸/۷۵ <sup>b</sup>	۲۲/۰۷ <sup>c</sup>	۶/۳۰ <sup>ab</sup>	۱/۹۱ <sup>b</sup>
محلول پاشی با اسید سالیسیلیک S					
s1 = ۰ میکرومولار	۹۱/۵۶ <sup>c</sup>	۸۲/۲۲ <sup>b</sup>	۲۸/۵۸ <sup>b</sup>	۳/۸۲ <sup>b</sup>	۱/۶۶ <sup>c</sup>
s2 = ۵ میکرومولار	۱۷۵/۱۱ <sup>b</sup>	۸۵/۳۳ <sup>b</sup>	۲۶/۶۵ <sup>b</sup>	۶/۷۶ <sup>ab</sup>	۲/۲۷ <sup>b</sup>
s3 = ۱۰ میکرومولار	۲۳۱/۴۴ <sup>a</sup>	۱۴۷/۲۲ <sup>a</sup>	۳۶/۶۹ <sup>a</sup>	۸/۷ <sup>a</sup>	۲/۷۵ <sup>a</sup>
s4 = ۱۵ میکرومولار	۱۰۶/۴۴ <sup>c</sup>	۸۸/۸۹ <sup>b</sup>	۲۶/۹۰ <sup>b</sup>	۵/۹ <sup>ab</sup>	۲/۲۶ <sup>b</sup>
تأثیرات متقابل (D × S)	تعداد دانه در فولیکول	درصد اسانس (%)	عملکرد بیولوژیک (gr/m <sup>2</sup> )		
D1S1	۴۲ <sup>b</sup>	۰/۰۳۶ <sup>e</sup>	۱۹۶/۶ <sup>de</sup>		
D1S2	۴۰ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۲۵۴ <sup>bc</sup>		
D1S3	۶۶/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۰۵۶ <sup>c</sup>	۲۶۵ <sup>b</sup>		
D1S4	۳۸/۳۳ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۲۲۵ <sup>bcd</sup>		
D2S1	۳۳/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۰۴ <sup>e</sup>	۲۰۰ <sup>cd</sup>		
D2S2	۵۸/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۲۶۱/۶۶ <sup>b</sup>		
D2S3	۴۱ <sup>b</sup>	۰/۰۹ <sup>a</sup>	۴۲۰ <sup>a</sup>		
D2S4	۳۶/۳۳ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۲۰۰ <sup>cd</sup>		
D3S1	۳۲ <sup>b</sup>	۰/۰۴۰ <sup>e</sup>	۱۳۱/۶۶ <sup>f</sup>		
D3S2	۳۴ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۱۴۲ <sup>ef</sup>		
D3S3	۳۳/۶۶ <sup>ab</sup>	۰/۰۶۳ <sup>b</sup>	۱۹۸/۳۳ <sup>cd</sup>		
D3S4	۳۰/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۰۴۶ <sup>a</sup>	۱۴۰ <sup>f</sup>		

میانگین‌های دارای حروف مشابه مربوط به هر تیمار در هر ستون، در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری ندارند.

از سطح اول اسید سالیسیلیک به مقدار ۸۲/۲۲ گرم بر مترمربع واحد به دست آمد (جدول ۳). در تحقیق حاضر، تنش خشکی شدید ۳۹/۲۴ درصد عملکرد دانه را کاهش داد. محلول پاشی با سطح سوم اسید سالیسیلیک ۷۹/۰۵ درصد عملکرد دانه را افزایش داد.

تنش خشکی شدید در کشت گیاه بادرنجبویه<sup>۱</sup> موجب کاهش سه مگاپاسکالی پتانسیل آب گیاه، کاهش ۳۴ درصدی محتوای نسبی آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه، کاهش جذب دی‌اکسید کربن و کاهش عملکرد شد [۲۲]. به طور کلی، تنش خشکی شدید سبب کوچک شدن اندازه برگ و کاهش تعداد آن، کاهش تولیدات فتوسنتزی و تجمع ماده خشک، کاهش تعداد گل، کم شدن ابعاد و تعداد دانه و در نتیجه کاهش وزن هزاردانه، و در نهایت کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در اکثر گیاهان از جمله گیاهان دارویی می‌شود. تنش خشکی، در گیاه بابونه، کاهش عملکرد و اجزای عملکرد را در پی دارد [۱۷]. تنش خشکی شدید سبب کاهش تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه و شاخص برداشت شد [۱۶].

در اسفرزه، با افزایش دفعات آبیاری تا پنج نوبت، عملکرد کاه و کلش؛ و تا چهار نوبت، عملکرد بذر افزایش یافت [۲۰]. عملکرد دانه سیاهدانه در تیمار آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر در مقایسه با تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک ۲۲/۸ درصد کاهش یافت، به طوری که تنش خشکی تأثیر معناداری بر همه اجزای عملکرد دانه شامل بیوماس، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول داشت و سبب کاهش آنها شد [۵]. رطوبت مناسب سبب افزایش ارتفاع بوته و شاخ و برگ بیشتر و در نتیجه تعداد کپسول بیشتر در بوته سیاهدانه شد که به افزایش عملکرد دانه منجر می‌شود [۱۵]. اثر اسید سالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش

در این صفت، کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی در سطوح دوم و سوم تنش نتوانست اثر کم‌آبی بر دانه‌بندی را تعدیل کند. در سطح اول (بدون تنش) و اسید سالیسیلیک در سطح سوم توانست تعداد دانه در فولیکول را افزایش دهد که نشانه اثر مهم رطوبت خاک در مرحله دانه‌بندی در گیاه داروی سیاهدانه است، اما در سطوح دوم و چهارم این صفت را کاهش داد که نشان از اهمیت اسید سالیسیلیک در سطح سوم (متوسط) در افزایش این صفت دارد. رطوبت کافی سبب افزایش ارتفاع بوته، شاخ و برگ بیشتر و در نتیجه تعداد کپسول در بوته سیاهدانه شد که به افزایش عملکرد دانه منجر می‌شود [۱۸].

تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مطالعه شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹]. عملکرد دانه سیاهدانه در تیمار آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر در مقایسه با تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک ۲۲/۸ درصد کاهش یافت، به طوری که تنش خشکی تأثیر معناداری بر همه اجزای عملکرد دانه شامل بیوماس، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول داشت و سبب کاهش آنها شد [۵].

### ۲.۳. عملکرد دانه

تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه از آبیاری با تنش متوسط به مقدار ۱۲۰/۸۳ و کمترین آن از آبیاری با اعمال تنش شدید به مقدار ۶۸/۷۵ گرم بر متر مربع حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه از سطح سوم اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) با میانگین ۱۴۷/۲۲ گرم بر متر مربع واحد حاصل شد. کمترین عملکرد دانه نیز

1. *Melissa officinalis* L.



اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی کرمان

یافت [۱۸، ۶]. اثر اسید سالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش محسوس بود و به طور معناداری سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت شد [۱۲].

### ۴.۳. عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل این دو بر عملکرد بیولوژیک گیاه سیاهدانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک از اثر متقابل سطح اول تنش خشکی و سطح سوم اسید سالیسیلیک ۲۶۵ گرم بر متر مربع و کمترین آن از اثر متقابل سطح سوم تنش خشکی و سطح چهارم اسید سالیسیلیک ۱۴۰ به دست آمد (جدول ۳). اثر متقابل سطح اول تنش خشکی و سطوح اول، دوم، سوم و چهارم سالیسیلیک توانست به ترتیب ۲۹/۱۹، ۳۴/۷۹ و ۱۴/۴۵ درصد عملکرد بیولوژیک را نسبت به شاهد افزایش دهد (جدول ۳). برهمکنش سطح دوم تنش خشکی با سطوح اول، دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب موجب افزایش ۱/۷۲، ۱۱۳/۶۳، ۳۳/۰۹، ۱/۷۲ درصدی این صفت در گیاه سیاهدانه در این آزمایش شد. همچنین اثر متقابل سطح سوم تنش و سطوح اول، دوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۲۷/۷۲، ۳۳/۰۳ و ۲۸/۷۸ درصد عملکرد بیولوژیک را نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک از اثر متقابل سطح دوم تنش و سطح سوم سالیسیلیک ۴۲۰ و کمترین آن از اثر متقابل سطح سوم تنش و سطح اول اسید سالیسیلیک ۱۳۱/۶۶ بود.

اثر متقابل سطح سوم تنش با سطح سوم اسید سالیسیلیک توانست ۰/۸۷ درصد عملکرد بیولوژیک را افزایش دهد. تنش خشکی شدید که بسیار کمتر از نیاز آبی گیاه است، عملکرد بیولوژیک را کاهش داد و خسارت ناشی از کم آبی تا حدی بود که محلول پاشی با اسید

محسوس بود و به طور معناداری سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت شد [۱۲]. تنش خشکی (به جز درصد اسانس) صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه، زیست توده، تعداد چتر در دانه، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و شاخص برداشت در گیاه انیسون را کاهش داد، اما درصد اسانس افزایش داشت [۵].

### ۳.۳. تعداد دانه در بوته

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفت تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در بوته در سطح دوم تنش خشکی (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) با ۱۸۵/۳۳ دانه؛ و کمترین تعداد دانه در بوته در سطح سوم تنش خشکی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) با ۱۰۲/۵۰ دانه بود (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در سطح سوم اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) با ۲۳۱/۴۴ دانه، و کمترین تعداد آن در سطح چهارم اسید سالیسیلیک (۱۵ میکرومولار) با ۱۰۶/۴۴ دانه بود (جدول ۳).

در پژوهش حاضر، تنش خشکی متوسط ۱۱/۹۲ درصد صفت تعداد دانه در بوته را افزایش و سطح سوم تنش خشکی ۳۸/۳۹ درصد تعداد دانه در بوته را کاهش داد. سطوح دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۹۱/۲۵، ۱۵۱/۶۸ و ۱۶/۲۵ درصد این صفت را افزایش دادند. سطح سوم اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد دانه در بوته داشت. تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مطالعه شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹]. عملکرد دانه، وزن هزاردانه، تعداد دانه در هر فولیکول، تعداد دانه در بوته و تعداد فولیکول سیاهدانه، تحت تأثیر کمی آبیاری کاهش

از این ماده با خشتی کردن ترکیبات اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی از گیاه محافظت می‌کند [۱۵].

### ۵.۳. وزن هزاردانه

تنش خشکی و محلول‌پاشی با غلظت‌های متفاوت اسید سالیسیلیک بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین وزن هزاردانه از سطح اول تنش ۲/۵۵ و کمترین آن از سطح سوم تنش ۱/۹ گرم حاصل شد (جدول ۳). در تحقیق حاضر، تنش خشکی شدید ۹۲/۵۴ درصد وزن هزاردانه را کاهش داد که با نتایج دیگر تحقیقات نیز تطابق دارد. تنش خشکی شدید سبب کاهش تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه و شاخص برداشت می‌شود [۱۶].

بیشترین وزن هزاردانه از محلول‌پاشی با سطح سوم اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) به مقدار ۲/۷۵ گرم و کمترین آن در سطح اول اسید سالیسیلیک با ۱/۶۶ گرم به دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی با سطح سوم اسید سالیسیلیک ۶۵/۶۶ درصد وزن هزاردانه را افزایش داد. کاربرد سطوح دوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش ۳۶/۷۴ و ۳۶/۱۴ درصدی وزن هزاردانه شد که نتیجه تأثیر اسید سالیسیلیک بر افزایش وزن هزاردانه در سیاهدانه به ویژه در سطح سوم اسید سالیسیلیک، بود (جدول ۳). تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در گیاه سیاهدانه معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مطالعه‌شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹].

سالیسیلیک در سطوح دوم و سوم نیز نتوانست خسارت تنش خشکی را جبران کند، اما مقدار متوسط اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) به میزان ۰/۸۷ درصد توانست این صفت را نسبت به شاهد افزایش دهد و تا حدی خسارت را جبران کند. از آنجا که اسید سالیسیلیک از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است، در غلظت‌های زیاد و کم، به طور معمول تأثیر مناسبی بر افزایش عملکرد در بسیاری از صفات ندارد و تنها حد متوسطی از این ماده می‌تواند با تقویت سیستم ایمنی تأثیرات مطلوبی بر افزایش عملکرد در بسیاری از صفات در گیاه دارویی سیاهدانه داشته باشد [۱۵].

بیشترین عملکرد بیولوژیک از اثر متقابل سطح دوم تنش و سطح سوم اسید سالیسیلیک با افزایش ۱۱۳/۶۳ درصد حاصل شد که گویای مناسب بودن آبیاری متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی با سطح متوسطی از (۱۰ میکرومولار) اسید سالیسیلیک برای افزایش این صفت در سیاهدانه بود (جدول ۳). تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مطالعه‌شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹]. سطح دوم آبیاری در سطح ۷۰ درصد ظرفیت زراعی با فراهم کردن نیازهای آبی گیاه سیاهدانه با توجه به مقاومت نسبی این گیاه به خشکی، سبب افزایش این صفت در سیاهدانه شد. در واقع فراهم کردن نیاز آبی گیاه بیشتر از این مقدار را می‌توان هدرروی آب تلقی کرد. به نظر می‌رسد سطح متوسطی از اسید سالیسیلیک نیز تا حدی تأثیرات ناشی از تنش خشکی را تعدیل می‌کند و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود سبب افزایش سیستم ایمنی گیاه می‌شود. در واقع مقدار متوسطی

اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی کرمان

### ۶.۳. شاخص برداشت

اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین برداشت در سطح دوم تنش خشکی (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) ۳۶/۸۵ و کمترین مقدار شاخص برداشت در سطح سوم تنش خشکی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) ۲۲/۰۷ درصد بود (جدول ۳).

بیشترین شاخص برداشت در سطح سوم اسید سالیسیلیک با ۳۶/۶۹ و کمترین آن، در سطح دوم اسید سالیسیلیک با ۲۶/۶۵ درصد بود (جدول ۳). سطح سوم تنش خشکی ۲۴/۸۰ درصد شاخص برداشت را کاهش داد. آبیاری متوسط در سطح دوم تنش شاخص برداشت را ۲۲/۰۶ درصد افزایش داد. سطح سوم اسید سالیسیلیک ۲۸/۳۷ درصد شاخص برداشت را افزایش داد، در حالی که سطح دوم و چهارم اسید سالیسیلیک شاخص برداشت را ۶/۷۵ و ۵/۸۷ درصد کاهش داد. اسید سالیسیلیک چون از تنظیم کننده های رشد است در غلظت های زیاد و کم تأثیر معکوس بر برخی از خصوصیات عملکردی در گیاهان مختلف می گذارد. در تحقیقی اثر اسید سالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش محسوس بود و به طور معناداری سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت شد [۱۲]. تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی های مطالعه شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹].

### ۷.۳. درصد اسانس

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیلیک، بر صفت درصد اسانس در

سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین درصد اسانس از اثر متقابل سطح دوم تنش خشکی و سطح سوم اسید سالیسیلیک با ۰/۰۹ و کمترین آن از اثر متقابل سطح اول تنش خشکی و سطح اول اسید سالیسیلیک با ۰/۰۳۶ درصد حاصل شد (جدول ۳). اثر متقابل سطح اول تنش با سطوح دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۳۸/۸۸، ۵۵/۵۵ و ۳۸/۸۸ درصد مقدار اسانس را افزایش داد. همچنین اثر متقابل سطح دوم تنش با سطوح اول، دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۱۱/۱۱، ۳۸/۸۸، ۱۵۰ و ۳۸/۸۸ درصد مقدار اسانس را افزایش داد. برهمکنش سطح سوم تنش با سطوح اول، دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۱۱/۱۱، ۳۸/۸۸، ۹۲/۵ و ۲۷/۷۷ درصد بر مقدار اسانس این گیاه افزود (جدول ۳). در این آزمایش، اسید سالیسیلیک توانست تأثیرات ناشی از تنش خشکی، حتی تنش شدید خشکی را تعدیل کند، به طوری که اثر متقابل سطح سوم تنش و مقدار متوسط اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) سبب افزایش ۹۲/۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد که این مقدار بعد از مقدار اسانس حاصل از اثر متقابل سطح دوم تنش و سطح سوم اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار یعنی ۰/۰۶۳ بود که حاکی از تأثیر مهم اسید سالیسیلیک در افزایش صفات کیفی از جمله مقدار اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه است که با نتایج دیگر تحقیقات تطابق دارد [۱۱]. کاهش رطوبت خاک، عملکرد اسانس (به علت کاهش مقدار عملکرد دانه) را در گیاه ریحان کاهش داد، اما درصد اسانس آن را افزایش داد [۲]. آبیاری در حد متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)، در اغلب موارد سبب افزایش مواد مؤثره گیاهی از جمله اسانس کامازولن در برخی ارقام گیاه بابونه شد [۱۱]. به نظر می رسد که خشکی متوسط موجب افزایش متابولیت های ثانویه (اسانس) که تأثیر حفاظتی نسبت به تنش ها از جمله تنش خشکی در گیاه دارند،

در این تحقیق ۱۰ میکرومولار است)، سبب افزایش اغلب صفات از جمله عملکرد اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه شد که با نتایج تحقیقات دیگر نیز تطابق دارد [۱۵]. تنش خشکی سبب کاهش بیوماس گیاه جعفری شد، اما کیفیت و عملکرد اسانس این گیاه را افزایش داد [۲۳]. عملکرد اسانس ارقام 'پرسو' و 'بودگلد' و توده محلی بابونه شیراز تحت تنش خشکی متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) در مقایسه با شاهد نه تنها کاهش نیافت، بلکه درصد ماده مؤثره کامازولن نیز افزایش یافت [۱۱].

تنش خشکی شدید به علت کاهش تجمع ماده خشک، تعداد دانه در بوته و فولیکول، اندازه دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در اغلب گیاهان دارویی از جمله سیاهدانه شد، اما تنش خشکی متوسط با آبیاری در حد ۷۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، وزن هزاردانه، عملکرد اسانس و عملکرد بیولوژیک درصد و عملکرد اسانس را افزایش داد. این امر به علت سازگاری و مقاومت نسبی این گیاه به شرایط خشکی متوسط است. این نتیجه حاکی از آن است که آبیاری بسیار در برخی موارد، تأثیر معکوس بر صفات عملکردی گیاهان به ویژه گیاهان دارویی که با مناطق خشک و نیمه خشک سازگاری یافته اند، دارد. اسید سالیسیلیک نیز در غلظت متوسط عملکرد را افزایش می دهد، این ماده از تنظیم کننده های رشد است؛ از این رو در غلظت های زیاد و کم ممکن است عملکرد را کاهش دهد. در این تحقیق، اثر متقابل تنش خشکی متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) سبب افزایش درصد اسانس، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول شد. افزایش درصد اسانس در شرایط تنش خشکی ممکن است

می شود و مقدار مناسب اسید سالیسیلیک نیز با خنثی کردن رادیکال های آزاد و فرم های فعال اکسیژن تولید شده در اثر تنش خشکی در گیاهان، سبب افزایش مقدار اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه می شود [۱۵]. صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه، زیست توده، تعداد چتر در دانه، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و شاخص برداشت (به جز درصد اسانس) در گیاه انیسون، تحت تأثیر تنش خشکی شدید کاهش یافتند، اما درصد اسانس افزایش یافت [۴].

### ۸.۳. عملکرد اسانس

اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک هر کدام به تنهایی بر عملکرد اسانس در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بود (جدول ۲). داده های جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که بیشترین عملکرد اسانس از سطح دوم تنش و با مقدار ۸/۱۵ گرم بر متر مربع بود و کمترین آن از سطح اول تنش با مقدار ۴/۵ گرم بر متر مربع حاصل شد که علت، تأثیر معنادار تنش خشکی متوسط بر افزایش عملکرد دانه و درصد اسانس در گیاه سیاهدانه بود، به طوری که تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب سبب افزایش ۸۱/۱۱ و ۴۰ درصدی عملکرد اسانس شد (جدول ۳).

بیشترین عملکرد اسانس در سطح سوم اسید سالیسیلیک به مقدار ۸/۷ گرم بر مترمربع و کمترین آن در سطح اول اسید سالیسیلیک به مقدار ۳/۸ حاصل شد. محلول پاشی در سطوح دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب ۷۶/۹۶، ۱۲۷/۷۴ و ۵۴/۴۵ درصد افزایش نسبت به شاهد در این صفت شد.

برخی از گیاهان دارویی از جمله سیاهدانه که تا اندازه ای مقاوم به خشکی اند، با مناطق نیمه خشک و آبیاری متوسط سازگاری یافته اند. تنش خشکی متوسط، سبب افزایش عملکرد و برخی از اجزای عملکرد در این گیاه شد. همچنین اسید سالیسیلیک در غلظت های متوسط (که

1 . Purso

2 . Bood gold

اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی کرمان

عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تنظیم کننده های اسمزی در گیاه دارویی سیاهدانه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۳): ۳۹۶-۳۸۴.

۶. رضوانی دخت ش، دشتیان آ، زنجانی س و انوردخت س (۱۳۹۰) تأثیرات کمی آبیاری و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در شرایط دامغان. اولین کنفرانس بین المللی تنش های محیطی و علوم زراعی: ۲۹-۲۸.

۷. رضوانی مقدم پ و احمدزاده مطلق م (۱۳۸۶) بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه در شرایط شهرستان قائنات. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۶: ۶۸-۶۳.

۸. ریاحی ن، فرح بخش ح و پسندی پور م (۱۳۹۰) اثر استعمال خارجی پرولین، گلاسیسین بتائین، اسید سالیسیلیک و آسکوربیک اسید بر کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه سورگوم. مجموعه مقالات یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر: ۳۵-۳۲.

۹. شعبانزاده ش و گلوی م (۱۳۹۰) تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی و دور آبیاری بر ویژگی های زراعی و عملکرد سیاهدانه. تنش های محیطی در علوم زراعی. ۴(۱): ۹-۱.

۱۰. غضنفری م (۱۳۹۲) بررسی اثرات تنش خشکی و شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام مختلف جو. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید باهنر کرمان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت.

۱۱. فرهودی ر و مکی زاده تفتی م (۱۳۹۱) ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر رشد و نمو، عملکرد، میزان اسانس و درصد کامازولن گیاه دارویی سه رقم بابونه (*Matrica*)

به علت افزایش تجمع متابولیت های ثانویه برای محافظت از گیاه در شرایط تنش باشد. با توجه به شرایط آب و هوایی خشک در کشور و کمبود بارش با آبیاری متوسط، می توان به عملکرد بهتری از این گیاه دارویی دست یافت و از هدررفت آب نیز جلوگیری کرد. همچنین براساس نتایج تحقیق حاضر، محلول پاشی با غلظت ۱۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک (که ماده ای ارزان با دسترسی آسان است) در مناطق خشک و نیمه خشک برای افزایش عملکرد به کشاورزان توصیه می شود.

## منابع

۱. پسندی پور ا، فرح بخش ح، صفاری م و کرامت ب (۱۳۹۲) اثر اسید سالیسیلیک بر برخی واکنش های فیزیولوژیک گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum graecum L.*) تحت تنش شوری. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۲۶): ۲۲۸-۲۱۵.
۲. حسنی ع و امیدبگی ر (۱۳۸۱) اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. دانش کشاورزی. ۱۲(۳): ۵۹-۴۷.
۳. حیدری م و جهان تیغی ح (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، درصد اسانس و میزان تیموکینون گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa L.*). تنش های محیطی در علوم زراعی. ۵: ۴۰-۳۳.
۴. حیدری ن، پوریوسف م، توکلی ا و صباح (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد دانه و تولید اسانس انیسون (*Pimpinella anisum L.*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۱): ۱۳۰-۱۲۱.
۵. رضاپور ع، حیدری م، گلوی م و رمودی م (۱۳۹۰) تأثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر

## به زراعی کشاورزی

- Influence of irrigation regime on yield and agronomic traits of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Medical Aromatic Plants*. 21: 65-73.
19. Batlang U (2006) Studies with triazoles to alleviate drought stress in green house grown maize (*Zea mays* L.) seedlings. Department of crop and environmental Sciences. Blacksburg Virginia. M.Sc. thesis.
20. Ganpat S, Ishwar S and Bahati DS (1992) Response of blond Psyllium (*Plantago ovate* L.) to irrigation and split application of nitrogen. *Indian Journal of Agronomy*. 37: 880-881.
21. Klessing DF and Malamy J (1994) Salicylic acid signal in plants. *Plant Biology*. 26: 1439-1498.
22. Munne S and Alegre L (2000) Significance of beta carotene, alpha, tocopherol and the xanthophyll cycle and drought stress in (*Melissa officinalis* L.) plant. *Plant Physiology*. 27(2): 139-146.
23. Petropoulos SA, Dimitra D, Polissiou MG and Passam HC (2008) The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oil of parsley. *Scientia Horticulture*. 115: 393-397.
24. Popova L, Panchera T and Uzonova A (1997) Salicylic acid Properties biosynthesis and physiological role. *Plant Physiology*. 23: 85-93.
25. Raskin I (1992) Role of salicylic acid in plants. *Annual Review. Plant Physiology*. 43: 439-463.
- riarecutita* L. در شرایط خوزستان. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۴): ۷۴۱-۷۳۵.
۱۲. مهربان مقدم ن، آروین مج، خواجه‌ی نژاد غ و مقصودی ک (۱۳۹۰) اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. به‌زراعی نهال و بذر. ۲۷(۱): ۴۵-۵۵.
۱۳. نوروزپور ق و رضوانی مقدم و (۱۳۸۴) اثر دوره‌های مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). پژوهش‌های زراعی ایران. ۳(۲): ۳۱۵-۳۰۶.
۱۴. نوری آزاد ح و حاجی باقری م ر (۱۳۷۸) بررسی تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد ارقام جو. پژوهش‌های علوم گیاهی. ۱(۱۲): ۲۷-۱۹.
۱۵. کبیری ر (۱۳۹۰) بررسی اثر پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک بر کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی در کشت هیدروپونیک گیاه سیاهدانه. کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۱۶. تاتاری م (۱۳۸۴) اثرات سطوح مختلف شوری و دفعات آبیاری بر رشد و عملکرد سیاهدانه در شرایط آب و هوایی مشهد. کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
17. Ahmadian A, Ghanbari A, Siah SAR BA, Heydari M, Ramroodi M and MousaviNik M (2011) Study of chamomiles yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers usages and thirresidue. *Microbiology and Antimicrobials*. 3(2): 23-28.
18. Akbarinia A, Khosravifard M, Sharifi Ashoorabadi E and Babakhanloo P (2005)