تاثیرتنظیم کننده‌های رشد (سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید) بر عملکرد و اجزای عملکرد ماریتیغال(*Silybum marianum* L.) تحت تنش گرمایی

مریم موسوی عوری[۱]، سدابه جهانبخش گده کهریز[۱*]، محمد مدرسی[۲]، قاسم پرمون[۱]، علی عبادی[۱] و محمدامین کهنمو[۲]

[۱] **ایران، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه زراعت و اصلاح نباتات**

[۲] **ایران، بوشهر، دانشگاه خلیج فارس، گروه زراعت و اصلاح نباتات**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱

چکیده

کاربرد مواد تنظیم کننده گیاهی یکی راهکارهای جهت حفظ عملکرد و افزایش ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی تحت شرایط تنش می‌باشد. از اینرو این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید بر خصوصیات کمی گیاه دارویی ماریتیغال تحت شرایط تنش گرمای بود. این مطالعه به‌صورت کرت خورده شده فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تنش گرما (شاهد (تاریخ کشت مطلوب)، تنش گرما (تاریخ کشت دیرهنگام)) و فاکتورهای فرعی شامل هورمون سالیسلیک اسید در ۵ سطح (صفر، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و جاسمونیک اسید در سه سطح (صفر، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) بود. صفات مورد بررسی نیز شامل: ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، قطر گل، تعداد دانه در گل، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه، بازده عصاره تام، عملکرد روغن و عمکلرد عصاره بود. نتایج نشان داد که اثر تنش گرما بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش گرما در هورمون سالیسلیک اسید و اثر متقابل تنش گرما در هورمون جاسمونیک اسید و همچنین اثرات متقابل سه‌گانه برای صفات تعداد دانه در گل، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد و عملکرد روغن دانه و بازده عصاره تام معنی‌دار بود. تنش موجب کاهش عملکرد دانه (۹۰٪)، تعداد دانه (۸۶٪)، عملکرد روغن(۹۱٪) و عملکرد عصاره (۹۰٪) شد ولی وزن هزاردانه، درصد و بازده تام تغییر معنی-داری در این شرایط نداشتند. کاربرد سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید موجب کاهش تأثیرات منفی تنش شده، به طوری که غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسلیک و ۱ میلی‌گرم بر لیتر جاسمونیک موجب افزایش ۲۰ درصدی عملکرد در شرایط بدون تنش نسبت به شاهد و کاهش ۸۶ درصد در شرایط تنش گرما شد. به‌طوری‌که بالاترین تاثیرات محلول پاشی تنظیم کننده‌های رشد از غلظت‌های ۱۲/۵ تا ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسلیک اسید و مصرف ۱ میلی‌گرم جاسمونیک اسید به دست آمد که این دو هورمون توانستند بهبود خصوصیات کمی و کیفی ماریتیغال تحت شرایط تنش گرما را به همراه داشته باشند.

واژه های کلیدی: اسید سالیسلیک، جاسمونیک اسید، عملکرد دانه، ، تنش گرما، درصد روغن.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۳۵۴۴۲۱۳ ، پست الکترونیکی: jahanbakhsh@uma.ac.ir

مقدمه

استفاده از منابع گیاهان دارویی بومی یکی از راه‌های تأمین نیازهای اولیه دارویی است (۱۲). ماریتیغال یا خار مریم با نام علمی (*Silybum marianum* L.) ازجمله گیاهان دارویی بومی مناطق مدیترانه‌ای بوده (۱۵) که کاربرد وسیعی در درمان بیماری‌های کبدی، ناخوشی‌های الکلی و هپاتیت داشته و مواد مؤثره آن دارای خاصیت بازدارندگی علیه چربی خون، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی می‌باشد (۵). مواد مؤثره گیاه ماریتیغال از نوع فلاونولیگنان‌ها بوده که از نظر شیمیایی متعلق به فنل-هاست. مهم‌ترین فلاونوئیدهای موجود در دانه این گیاه

عبارت‌اند از سیلیبین، سیلی کریستین و سیلی دیانین که مجموعه آن‌ها تحت عنوان ترکیبات سیلی‌مارین شناخته می‌شوند و موجب افزایش اهمیت این گیاه شده است (۹).

بررسی تأثیر تنش‌های زیست محیطی غیر زنده ازجمله گرما به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم کاهنده کمیت تولید گیاهان دارویی و نقش هورمون‌های تعدیل کننده آثار منفی تنش‌ها و ارتقای کیفیت محصول تولیدی می‌تواند گام مؤثری در جهت بهبود و توسعه گیاهان دارویی ازجمله ماریتیغال محسوب شود (۸). تنش‌های محیطی ازجمله تنش گرما، خشکی و شوری سبب تغییر در مواد مؤثره گیاهان دارویی شده و در نتیجه ممکن است خاصیت دارویی این گیاهان نیز تحت این شرایط تغییر یابد (۱). وقوع گرما، موجب تولید بعضی از انواع اکسیژن‌های فعال مثل سوپراکسید، پروکسید هیدروژن و هیدروکسیل رادیکال شده که این‌ها می‌توانند اثرات مخرب و صدمات سلولی همچون پروکسیداسیون لیپیدها، جهش در سطح مولکول DNA و غیرطبیعی نمودن پروتئین در سلول را باعث شوند (۲۴ و ۳۵). تنش حرارتی هموستازی سلول‌ها را مختل می‌کند و می‌تواند باعث عقب ماندگی رشد و توسعه گیاه و همچنین می‌تواند باعث مرگ گیاه شود. تنش دمای بالا باعث تولید سریع و تجمع گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر می‌شود. این تجمع بالا از اکسیژن فعال یک سیگنال جهت شروع عمل سبب تحریک پاسخ حفاظتی می‌شود، با این حال آن‌ها نیز به‌طور بالقوه به تمام ترکیبات سلولی مضر هستند و تأثیر منفی روی فرآیندهای متابولیکی سلول‌ها دارند (۲۸). به طورکلی بررسی منابع نشان می‌دهد که تاخیر در کاشت و قع تنش گرما در مراحل آخر رشد و نمـو یعنـی گلدهی و دوره پر شدن دانه گستردهترین نوع تنش گرمایی در جهان است و در نتیجه عملکرد کمی و کیفی گیاه را کاهش می‌دهد (۷ و ۹).

تأثیر منفی تنش‌های محیطی بر تولیدات کشاورزی را عموماً می‌توان از طریق تغییرات ژنتیکی و مدیریت زراعی کاهش داد (۳۴). گیاهانی که به این منظور اصلاح شده باشند و همچنین گیاهان وحشی که نسبت به گرما مقاومند، می‌تواند در مقابل تنش گرما و تولید انواع اکسیژن‌های فعال، از طریق فعال شدن سیستم حفاظتی اقدام به تولید آنتی‌اکسیدانت هایی نماید که اکسیژن‌های فعال را پاک نموده و آن‌ها را سم‌زدایی نماید. علاوه بر این، گیاهان ساختارهای مولکولی کوچکی ازجمله اسکوربات و فنولیک‌ها (با نقش تمیزکنندگی) نیز برای حفاظت بافت‌ها در برابر تولید زیاد از حد اکسیژن‌های فعال مخرب تولید می‌کنند. ترکیبات دیگری نظیر سالیسیلیک اسید نیز به‌عنوان یک مولکول مهم انتقال پیام در گیاه، می‌توانند علائم تنش‌های زیست محیطی را کاهش و یا تعدیل نمایند (۲۴). یکی راهکارهای دیگر به منظور حفظ عملکرد دانه یا حتی افزایش ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی تحت شرایط تنش را می‌توان به کاربرد مواد تنظیم کننده گیاهی نام برد. مواد تنظیم کننده رشد گیاهی می‌توانند اثر عمیقی روی واکنش-های گیاه نسبت به تنش‌های محیطی دارند (۱). از مهم‌ترین تنظیم کننده‌های رشد گیاهی که نقش مهمی در افزایش ترکیبات ثانویه گیاهان دارویی دارد می‌توان به جاسمونیک اسید و اسید سالیسیلیک اشاره نمود (۳).

سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک شبه هورمون فنولیک بوده که تنظیمات درونی گیاه را انجام می‌دهد، همچنین به‌عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی است که نقش مهمی در تنظیم تعدادی از فرآیندهای فیزیولوژیک شامل فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل، سنتز پروتئین، ممانعت از بیوسنتز اتیلن، جذب و انتقال عناصر ایفا می‌کند (۲۳). جاسمونات‌ها نیز با دخالت در بیان ژن‌های مختلف، گیاهان را در مقابل تنش‌های محیطی محافظت نموده و نیز می‌تواند عمر انبارداری میوه‌ها و سبزی‌ها را افزایش دهند. متیل جاسمونات یک ترکیب معطر فرار است و به‌عنوان یک پیام رسان، در پاسخ‌های سلولی گیاه ایفای نقش می-کند. جاسمونات‌ها از تنظیم کننده‌های سلولی هستند که در دوره‌های مختلف رشد از قبیل نمو دانه، رشد ریشه،

باروری، رسیدگی میوه، پیری گیاه نقش دارند (۱۱). نقش جاسمونات در پاسخ به تنش گرمایی به‌صورت فعال شدن ژن مقاومت به آسیب‌های ناشی از اشعه ماوراء بنفش می‌باشد (۳۱).

کاربرد تنظیم‌کننده‌ها و بازدارنده‌های رشد در گیاهان دارویی علاوه بر رشد، ممکن است باعث تحریک تولید متابولیت-های ثانویه نیز شود (۱). مطالعه‌ی Sanchez-Sampedro و همکاران (۲۰۰۵) (۳۰) روی ماریتیغال نشان داد، متیل جاسمونات موجب تحریک تولید سیلی مارین شد. در بررسی دیگر جاسمونیک توانست ماده مؤثره گیاه جینگ سینگ (Saponins Tri pterpenoid) را افزایش دهد (۳۶). در بررسی دیگر مشاهده شد که غلظت‌های مختلف اسید جاسمونیک بر میزان ترکیبات اصلی آویشن دنایی اثرات معنی‌داری داشت؛ به‌طوری که غلظت‌های مختلف به کار رفته سبب کاهش یا افزایش تعدادی از ترکیبات ثانویه شدند (۱). Pastirova و همکاران (۲۰۰۴) (۲۶) گزارش کردند که تغییرات کومارین براثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر روی سیستم ریشه‌ای بابونه افزایش میزان کومارین را نشان داد. Kovacik و همکاران (۲۰۰۹) (۲۴) بیان شده که سالیسیلیک اسید در شرایط بدون تنش نیز بر جنبه فیزیولوژیک و متابولیسم فنول‌ها، در گیاه بابونه اثرات مطلوبی داشته است. با توجه به مطالب بیان شده هدف از این مطالعه بررسی تاثیر کاربرد همزمان سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید بر تخفیف تأثیر تنش گرما بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مهم مورفولوژیک ماریتیغال بود.

مواد و روشها

این پژوهش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس واقع در فاصله ۱۲ کیلومتری جنوب شرقی شهر برازجان و ۷۰ کیلومتری شرق بندر بوشهر در مختصات جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۲ دقیقه و ۲۱ ثانیه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۵ دقیقه و ۲۲ ثانیه طول شرقی با ارتفاع ۱۱۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت خورده شده فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ترکیبی از پنج سطح سالیسیلیک اسید (SA) (صفر ، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و سه سطح جاسمونیک اسید (JA) (صفر ، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) که از متیل جاسمونات استفاده شده بود. این پژوهش در دو شرایط محیطی طبیعی و تحت تنش گرما اجرا گردید.

به منظور اعمال تنش گرمای انتهای فصل، عملیات کاشت بذور ماریتیغال در شرایط طبیعی یا شاهد در ۲۲ آبان ماه صورت گرفته و مرحله پرشدن دانه و رسیدگی دانه‌ها معمولا در اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد صورت می-گیرد ولی به‌منظور ایجاد تنش گرما در انتهای فصل و در زمان پر شدن و رسیدگی دانه‌ها تاریخ کشت به ۲۲ بهمن به تعویق انداخته شد تا مرحله پر شدن و رسیدگی دانه‌ها در نیمه دوم تیر ماه صورت پذیرد.

قبل از کشت، نمونه‌برداری خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتر انجام و به‌منظور بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک محل آزمایش، مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج آزمایش خاک در جدول شماره دو ارائه شده است. بذور گیاه ماریتیغال از بانک بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه خلیج فارس که توده بوشهر می‌باشد تهیه شد. ابعاد کرت‌ها یک مترمربع، فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. در هر کرت سه خط کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر که هر خط شامل سه بوته و جمعاً ۹ بوته با فاصله مساوی (۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر) کشت شد. عملیات کوددهی پس از کرت‌بندی انجام و ۴ نوع کود شامل ۱۰۰کیلوگرم کود اوره، ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفات، ۱۰ کیلوگرم کود کم مصرف و ۱۰ تن کود دامی پوسیده گاوی در هر هکتار داده شد (۶). عملیات آبیاری به روش قطره-ای با استفاده از نوار تیپ و با توجه به شرایط، هفته‌ای دو

تا سه نوبت به‌نحوی‌که هیچ تنش خشکی اعمال نگردد انجام شد. علف‌هرز عمده این مزرعه پنیرک و شابیزک بود که مبارزه دستی در مرحله مناسب ابتدای سبز شدن علف-هرز به صورت چندین دفعه صورت گرفت تا زمین عاری از علف‌هرز باشد.

جهت تهیه محلول مربوط به سطوح اسید سالیسلیک (۲-هیدروکسی بنزوییک اسید، شرکت Merck، آلمان)، ابتدا یک گرم از این هورمون را وزن کرده و آنرا در ۲۰-۱۰ سی‌سی حلال مناسب (الکل اتانول ۹۶ درصد) حل نموده و با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. به ترتیب ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سی‌سی از محلول یک لیتری را برداشته و هرکدام به حجم ۱۰ لیتر رسانده شد تا سطوح ۲ تا ۵ اسید سالیسلیک بدست آید، سپس محلول‌های آماده شده هر سطح روی گیاهان کرت‌های مربوطه اسپری شد. این محلول باید تمام سطح برگ را بپوشاند بدین منظور برای هر کرت یک لیتر محلول سالیسلیک اسید اعمال شد. جهت ساخت محلول هورمون جاسمونات (متیل استر Oxo-2-(2-pentenyl) cyclopentaneacetic acid, methyl) ester, Methyl 3-oxo-2-(2- entenyl) cyclopentaneacetate)، شرکت SIGMA) ابتدا ۲۰۰ میکرو لیتر از مایع هورمون مورد نظر را برداشته، آنرا در ۱۰ سی‌سی الکل حل نموده و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد. جهت ساخت سطوح مختلف جاسمونات به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۵۰ سی‌سی از محلول ۵۰ سی‌سی برداشته و به حجم ۱۰ لیتر رسید. محلول‌پاشی برای هر دو هورمون در سه نوبت به فاصله ۱۰ روز یک بار انجام گرفت. اولین دور محلول‌پاشی اسید سالیسلیک در انتهای رشد رویشی گیاه قبل از شروع گلدهی بود و به فاصله چهار روز بعد، محلول‌پاشی هورمون جاسمونات انجام شد. مرحله دوم محلول پاشی ۱۰ درصد گلدهی و مرحله سوم محلول پاشی نیز با پایان گلدهی همراه بود.

صفات ارتفاع گیاه، قطر گل و تعداد شاخه جانبی در زمان گلدهی بوته‌ها اندازه‌گیری شد. بعد از رسیدن دانه‌ها و برداشت، گل‌آذین‌ها را خشک، و عملکرد دانه کاپیتول‌های رسیده اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاه در مرحله گلدهی کامل از میانگین ارتفاع سه بوته مستقر در قطر کرت اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری تعداد شاخه جانبی نیز قبل از برداشت گل‌ها از میانگین تعداد شاخه سه بوته استفاده گردید. برای محاسبه قطر گل‌آذین اصلی نیز قبل از برداشت گل‌ها از مزرعه زمانی که گل‌ها کاملاً باز شدند توسط کولیس دیجیتال قطر گل‌های اصلی اندازه گرفته شد. تعداد دانه در گل نیز توسط دستگاه بذر شمارش شد. عملکرد دانه نیز از برداشت سه بوته‌های موجود در خط کشت وسط (با در نظر گرفتن اثر حاشیه) محاسبه و بر اساس هکتار اعلام شد.

جدول ۱- خصوصیات اقلیمی ایستگاه هواشناسی برازجان.

ماه	میانگین کمترین درجه حرارت			میانگین بیشترین درجه حرارت		
	۹۳	۹۴	۹۵	۹۳	۹۴	۹۵
آبان	۱۴/۴	۱۴/۵	۱۵/۵	۲۶/۸	۲۴/۴	۲۶/۷
آذر	۱۳/۳	۱۴/۲	۱۴/۳	۲۴/۷	۲۱/۸	۲۱/۰
دی	۱۲/۳	۱۲/۵	۱۰/۹	۲۰/۱	۲۰/۳	۱۹/۶
بهمن	۱۲/۴	۱۰/۸	–	۲۴/۵	۲۲/۹	–
اسفند	۱۴/۶	۱۴/۹	–	۲۸/۴	۲۸/۵	–
فروردین	۱۸/۱	۱۸/۹	۱۸/۵	۳۱/۸	۳۳/۸	۳۳/۱
اردیبهشت	۲۵/۷	۲۳/۳	۲۴	۴۰/۶	۳۵/۶	۳۹/۳
خرداد	۲۸/۲	۲۵/۹	۲۷/۶	۴۴/۱	۴۲/۴	۴۴/۱
تیر	۳۰/۱	۲۹/۱	۳۰/۱	۴۵/۹	۴۵/۸	۴۵/۸
مرداد	۳۱/۲	۲۹/۹	۳۰/۲	۴۷/۶	۴۴/۱	۴۴/۵

جدول ۲ – خصوصیات خاکشناسی منطقه مورد مطالعه برازجان

شوری (دسی ریمنس)	پی اچ	ماده آلی (٪)	نیتروژن (٪)	سولفات (میلی گرم در کیلوگرم)	بیکربنات (میلی گرم در کیلوگرم)	سدیم (میلی گرم در کیلوگرم)	کلر (میلی گرم در کیلوگرم)	کلسیم و منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)
۲/۷۳	۷/۵	۰/۳	۰/۰۳	۳۱	۴	۴	۵	۳۷

اندازه‌گیری درصد روغن نیز بعد از جداسازی بذور از هر تیماری ۱۰ گرم دانه توسط آسیاب برقی پودر گردید و این مقدار بذر آسیاب شده سپس نمونه‌ها درون دستگاه سوکسله با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. حلال مناسب جهت استخراج روغن ماریتیغال پترلیوم اتر بود که برای این مقدار نمونه ۲۵۰ سی‌سی حلال استفاده گردید (۱۴). جهت استحصال روغن از بذور پودر شده ماریتیغال دستگاه سوکسله برای هر نمونه‌ای به مدت ۳ ساعت کار جداسازی را انجام می‌داد. بعد از این مرحله جهت جدا سازی حلال مخلوط شده با روغن از دستگاه روتاری استفاده گردید. حلال همراه با روغن در این دستگاه قرار داده شد که این دستگاه توسط پمپ خلأ که به آن وصل شده بود روغن را از حلال جدا نمود. روغن حاصله درون ظروف شیشه‌ای که از قبل وزن گردیده بود ریخته شد و بدین ترتیب درصد روغن حاصله حساب گردید. برای محاسبه بازده عصاره تام نیز پودر تیمارهایی که از آن‌ها روغن‌گیری و به مدت چند روز در دمای اتاق خشک و از این پودر برای عصاره گیری استفاده گردید. جهت استخراج سیلی مارین از حلال متانول استفاده شد. بدین ترتیب که پودر دانه‌های ماریتیغال همراه با ۱۰۰ سی‌سی حلال متانول داخل ارلن ۲۵۰ سی‌سی ریخته و به مدت ۴۸ ساعت روی دستگاه شیکر قرار داده شد بعد از ۴۸ ساعت تمامی تیمارها توسط قیف بوخنر و کاغذ صافی تغلیظ گردیده و توسط دستگاه تقطیر در خلاء حلال از عصاره جدا گردید. عصاره زرد رنگ حاصله را درون پتری دیش و کاغذ صافی که از قبل توزین شده بود ریخته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد داخل آون گذاشته تا خالی از اثر حلال شود و بدین ترتیب مقدار عصاره حاصله محاسبه شد (۱۴). عملکرد روغن و عصاره نیز از ضرب عملکرد دانه در درصد روغن و درصد عصاره تام بدست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق نرم افزار MSTAT-C و رسم نمودار از طریق نرم افزار Excel ۲۰۰۷ و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Duncan در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید. همبستگی صفات نیز به روش پیرسون و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ صورت گرفت.

نتایج

بر اساس تجزیه واریانس مرکب داده‌ها ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی و قطر گل‌ها تنها تحت تأثیر اثرات تنش گرما قرار گرفتند، این در حالی بود که تعداد دانه علاوه بر تنش گرما، تحت تأثیر اسید سالیسلیک، جاسمونیک اسید و برهم‌کنش اثرات متقابل و اثرات سه‌گانه آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط کشت طبیعی ارتفاع بوته ماریتیغال ۱۷۹/۵ سانتی‌متر، تعداد شاخه جانبی ۸/۶ عدد و قطر گل‌ها نیز ۶/۳۲ سانتی‌متر بود که در اثر تاخیر در تاریخ کاشت و تنش گرما ارتفاع بوته به ۱۰۲/۳ سانتی‌متر، تعداد شاخبه به ۴/۵ عدد و قطر گل‌ها نیز به ۴/۳ سانتی‌متر کاهش یافت. نتایج برهم‌کنش تنش گرما در سالیسلیک اسید در جاسمونیک اسید نیز نشان داد، کاربرد همزمان این دو هورمون در شرایط تنش گرمایی دارای اثرات متفاوت بود. نتایج نشان داد در شرایط بدون تنش، کاربرد ۱ میلی‌گرم جاسمونیک اسید تعداد دانه بیشتری را موجب شد و استفاده همزمان غلظت‌های پایین سالیسلیک اسید در این شرایط موجب افزایش اثرات این هورمون و افزایش تعداد دانه شد. با افزایش غلظت سالیسلیک اسید به ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم اثر جاسمونیک اسید کمتر شده به‌طوری‌که بین سطوح تیماری آن اختلاف

معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در شرایط تنش گرمایی نتایج متفاوت‌تر از شرایط بدون تنش بود به‌طوری‌که در غلظت‌های بالای سالیسلیک اسید اثر جاسمونیک اسید خنثی‌شده و سطوح بالای این هورمون تأثیر منفی در مقایسه با سطوح کم داشت. بیشترین تعداد دانه ۴۶۳/۵ عدد در شرایط طبیعی مربوط به کاربرد ترکیبی عدم استفاده از سالیسلیک اسید با استفاده ۱ میلی‌گرم جاسمونیک اسید و کمترین تعداد دانه نیز، در شرایط تحت تنش گرما مربوط به کاربرد ۲۵ میلی‌گرم سالیسلیک اسید و ۲ میلی‌گرم جاسمونیک اسید و عدم استفاده از سالیسلیک اسید و استفاده از ۲ میلی‌گرم جاسمونیک اسید بود که موجب شد میزان دانه تولیدی به صفر برسد (جدول ۵).

نتایج نشان داد عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر تنش گرما و اثر متقابل تنش گرما در سالیسلیک اسید، تنش گرما درجاسمونیک اسید، سالیسلیک اسید در جاسمونیک اسید و برهم‌کنش اثرات سه‌گانه آن‌ها قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات رویشی ماریتیغال تحت فاکتورهای آزمایشی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	تعداد شاخه جانبی	قطر گل	تعداد دانه در گل	وزن هزار دانه
تنش گرما	۱	۵۴۰۵۸/۷۶۹**	۸۴/۱۰۰**	۷۴۷/۰۱۵**	۲۵۱۰۰۴۳/۴۱۸**	۲۷/۱۸۱**
تکرار × تنش گرما	۴	۲۹۳/۴۵۴	۱/۴۵۶	۱۸/۲۲۱	۷۴۲/۴۷۲	۳/۳۷۳
سالیسلیک اسید	۴	۲۲۱/۱۷۶^{ns}	۲/۴۰۶^{ns}	۱۴/۱۹۷^{ns}	۲۸۵۹/۶۸۶**	۴۶/۷۳۵**
تنش گرما ×سالیسلیک اسید	۴	۲۴۶/۱۵۳^{ns}	۲/۲۳۹^{ns}	۸/۹۵۸^{ns}	۲۳۴۴/۷۰۲**	۵۱/۸۵۱**
جاسمونیک اسید	۲	۱۲۱/۱۲۲^{ns}	۰/۸۱۱^{ns}	۴۱/۸۴۵^{ns}	۱۲۲۰۷/۷۵۲**	۲۵/۱۲۱**
تنش گرما ×جاسمونیک اسید	۲	۲۱۳/۶۰۲^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۲۷/۴۸۸^{ns}	۱۱۴۴۹/۹۴۸**	۲۸/۷۳۱**
سالیسلیک اسید×جاسمونیک اسید	۸	۲۲۵/۲۷۹^{ns}	۰/۹۶۴^{ns}	۱۳/۶۳۴^{ns}	۷۳۵۲/۷۹۹**	۴۲/۰۲۲**
اثرات متقابل سه گانه	۸	۵۲۹/۵۹۶^{ns}	۱/۷۱۴^{ns}	۱۷/۸۶۶^{ns}	۱۹۵۵/۴۸۴**	۳۴/۷۳۵**
خطا باقی مانده	۵۶	۱۲۲/۵۲۲	۱/۰۲۷	۱۶/۸۵۵	۱۹۰/۸۱۳	۱/۷۶۳
ضریب تغییرات(٪)	-	۱۳/۸۷	۱۹/۷۰	۸/۷۴	۶/۵۷	۷/۹۱

ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ** معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد کمی و کیفی ماریتیغال تحت فاکتورهای آزمایشی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	درصد روغن دانه	بازده عصاره تام	عملکرد روغن	عملکرد عصاره
تنش گرما	۱	۷۷۶۰۴۶۸۰/۵**	۴۵۹/۷**	۸۹/۵۴**	۱۱۶۴۰۷۰۲**	۱۵۵۲۰۹۳۶*
تکرار × تنش گرما	۴	۲۶۳۲۵/۴	۶/۶	۰/۷۵	۳۹۴۸/۸۱۲	۵۷۶۵/۰۸۲
سالیسلیک اسید	۴	۱۲۵۵۷۷/۸**	۷۲/۵**	۴/۶۷**	۱۸۸۳۶/۶۷**	۲۵۱۱۵/۵۶**
تنش گرما ×سالیسلیک اسید	۴	۱۲۷۵۶۸/۸۷**	۲۶/۳**	۵/۲۰**	۱۹۱۳۵/۳۳**	۲۵۵۱۳/۷۷*
جاسمونیک اسید	۲	۳۲۷۰۲۶/۰۲**	۵۰/۰**	۸۱/۹۶**	۴۹۰۵۳/۹**	۶۵۴۰۵/۲
تنش گرما ×جاسمونیک اسید	۲	۱۷۰۵۴۲/۸**	۱۷۰/۵**	۸۱/۹۶**	۲۵۵۸۱/۴۲**	۳۴۱۰۸/۵۶**
سالیسلیک اسید×جاسمونیک اسید	۸	۳۱۵۰۶۵/۰**	۴۱/۸**	۷/۱۲**	۴۷۲۵۹/۷۶**	۶۳۰۱۳/۰۱*
اثرات متقابل سه گانه	۸	۱۴۴۶۹۹/۰**	۴۷/۱**	۷/۰۰**	۲۱۷۰۴/۸۶**	۲۸۹۳۹/۸۱*
خطا باقی مانده	۵۶	۱۶۷۷۸/۱	۴/۵	۰/۷۸	۲۵۱۶/۷۲۶	۳۹۵۵/۶۳۵
ضریب تغییرات(٪)	-	۱۱/۶۶	۱۳/۷۳	۱۳/۶۱	۱۲/۵	۱۵/۶

ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ** معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪

مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تنش گرما در سالیسلیک اسید در جاسمونیک اسید نشان داد، در شرایط بدون تنش و تنش گرما، با عدم استفاده از سالیسلیک اسید، مصرف یک میلی‌گرم جاسمونیک اسید بالاترین عملکرد دانه (۲۲۹۶ و ۲۰۳/۷ کیلوگرم در هکتار) رو موجب شد ولی با استعمال غلظت‌های پایین اسید سالیسلیک مصرف یک میلی‌گرم جاسمونیک اسید عملکرد دانه بهتری را سبب شده (۲۲۲۸ و ۷۷۶/۴ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش و تنش گرما)، ولی با افزایش مقادیر اسید سالیسلیک به ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم اثرات مثبت جاسمونیک اسید خنثی شد. بیشترین مقدار عملکرد دانه با میانگین ۲۳۹۲ کیلوگرم در هکتار در شرایط طبیعی مربوط به اعمال سطح ۲۵ میلی‌گرم سالیسلیک اسید و یک میلی‌گرم جاسمونیک اسید مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۵- برهم‌کنش اثرات سه‌گانه تنش گرما، اسید سالیسلیک و اسید جاسمونات بر صفات مورد ارزیابی ماریتیغال.

اسید سالیسلیک (میلی‌گرم در لیتر)	اسید جاسمونیک (میلی‌گرم در لیتر)	تعداد دانه در گل		عملکرد دانه		وزن هزار دانه		درصد روغن دانه		بازده عصاره تام	
		بدون تنش	تنش گرما	بدون تنش	تنش گرما	بدون تنش	تنش گرما	بدون تنش	تنش گرما	بدون تنش	تنش گرما
۰	۰	۳۰۱/۷ g	۴۰/۱۰ i-k	۱۹۸۷/۰ f	۱۸۱/۸ n	۱۵/۶۶ i-k	۱۹/۲۷ a-d	۱۵/۷۱ c-g	۱۵/۹۶ c-g	۷/۶۱۰ b-d	۷/۵۳۳ b-d
	۱	۴۶۳/۵ a	۵۹/۴۰ i	۲۲۹۶/۰ b-d	۲۰۳/۷ n	۱۵/۶۸ i-k	۱۸/۲۷ b-f	۱۹/۱۶ a-d	۱۲/۶۷ gh	۷/۴۵۳ b-d	۷/۳۵۰ b-d
	۲	۳۲۸/۴ f	۰/۰ m	۱۲۷۸/۰ h	۲۰/۱۷ op	۱۵/۳۶ jk	۱۳/۹۴ k	۱۹/۵۶ ab	۱۱/۲۸ h	۷/۵۰۳ b-d	۱/۲۶۷ e
۱۲/۵	۰	۳۲۵/۲ f	۲۹/۲۰ j-l	۱۶۹۵/۰ i	۴۸/۴۷ op	۱۵/۹۴ h-k	۲۰/۱۳ a-c	۱۹/۴۰ a-c	۱۵/۱۲ d-h	۷/۷۷۳ a-d	۸/۳۰۰ a-c
	۱	۳۹۳/۵ bc	۱۱۴/۳ h	۲۲۲۸/۰ d	۷۷۶/۴ k	۱۶/۴۰ e-k	۱۸/۵۷ b-h	۱۵/۴۵ c-g	۱۶/۰۵ c-g	۶/۰۸۰ d	۸/۱۳۳ a-c
	۲	۴۰۰/۵ bc	۶۳/۱۰ i	۲۲۴۱/۰ cd	۷۷/۵۵ o	۱۵/۶۹ j-k	۲۱/۳۲ a	۱۹/۴۵ a-c	۱۷/۵۱ a-e	۷/۵۱۷ b-d	۰/۰ e
۲۵	۰	۳۳۶/۱ ef	۶۰/۷۰ i	۱۴۱۵/۰ j	۸۶/۳۰ o	۱۶/۰۵ g-k	۱۷/۰۴ d-j	۱۳/۱۵ f-h	۱۳/۳۳ e-h	۷/۰۷۳ b-d	۶/۸۰۰ b-d
	۱	۳۸۸/۵ bc	۵۲/۱۰ ij	۲۳۹۲/۰ a	۳۳۴/۴ m	۱۷/۲۸ d-j	۱۸/۱۳ c-i	۱۵/۸۴ c-g	۱۳/۹۳ e-h	۶/۹۴۰ b-d	۷/۱۳۳ b-d
	۲	۳۵۸/۴ de	۰/۰ m	۱۶۸۳/۰ i	۰/۰ p	۱۶/۱۳ f-k	۰/۰ l	۲۰/۳۵ ab	۰/۰ i	۷/۷۸۰ a-c	۰/۰ e
۵۰	۰	۴۴۵/۹ a	۱۰۲/۷ h	۲۱۳۰/۰ e	۴۶۲/۴ l	۱۶/۱۳ f-k	۱۸/۹۰ a-e	۱۶/۸۹ a-f	۱۵/۴۶ c-g	۸/۳۵۷ a-c	۷/۰۵۰ bcd
	۱	۴۰۰/۹ bc	۲۴/۹۳ kl	۱۸۵۱/۰ g	۲۴۶/۲ n	۱۶/۵۴ e-k	۱۶/۹۴ d-j	۱۸/۳۵ a-d	۱۷/۴۸ a-e	۸/۴۹۳ ab	۷/۰۳۳ bcd
	۲	۳۷۷/۹ cd	۴/۴۰۰ lm	۲۳۷۶/۰ a	۸۷/۷۳ o	۱۷/۵۴ d-j	۲۰/۰۶ a-c	۱۶/۵۵ b-g	۰/۰ i	۷/۱۲۷ b-d	۰/۰ e
۱۰۰	۰	۳۲۷/۲ f	۵۸/۶۳ i	۲۳۲۳/۰ ab	۸۷/۳۳ o	۱۶/۱۰ f-k	۱۸/۶۷ b-g	۱۵/۵۹ c-g	۱۶/۰۵ c-g	۶/۹۰۷ b-d	۶/۷۰۰ cd
	۱	۴۰۴/۹ b	۲۸/۷۰ j-l	۱۹۳۳/۰ f	۵۱/۱۳ op	۱۶/۴۷ e-k	۱۷/۵۲ d-j	۲۰/۹۶ a	۱۶/۳۵ b-g	۸/۴۶۰ a-c	۷/۲۵۰ bcd
	۲	۴۰۵/۸ b	۱۰/۱۳ lm	۲۳۰۲/۰ bc	۲۸/۳۳ op	۱۶/۵۰ e-k	۲۰/۷۶ ab	۱۹/۲۸ a-d	۱۶/۷۰ b-g	۷/۵۶۰ b-d	۷/۲۵۰ bcd

حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد توسط آزمون دانکن می باشد

وزن هزار دانه در سطح یک درصد تحت تأثیر تنش گرما، اثر متقابل تنش گرما در سالیسلیک اسید، شرایط محیطی در جاسمونیک اسید، سالیسلیک اسید در جاسمونیک اسید و اثرات سه‌گانه شرایط محیطی در سالیسلیک اسید در جاسمونیک اسید قرار گرفت (جدول ۴). نتایج برهم‌کنش اثرات سه‌گانه نیز نشان داد که در هر دو شرایط تنش و شاهد، عدم مصرف سالیسلیک اسید و ۱ میلی‌گرم جاسمونیک اسید، بالاترین وزن هزار دانه را موجب شد. با استفاده از مقادیر پایین سالیسلیک اسید، اثرات جاسمونیک اسید افزایش یافته است ولی با رسیدن سالیسلیک اسید به

مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم، بالاترین وزن هزار دانه از مصرف ۲ میلی‌گرم جاسمونیک اسید به دست آمد. بیشترین وزن هزار دانه ۲۱/۳۲ گرم در شرایط تحت تنش گرما در سطح ۱۲/۵ میلی‌گرم سالیسیلیک اسید و ۲ میلی‌گرم جاسمونیک اسید مشاهده شد (جدول ۵).

براساس تجزیه واریانس داده‌ها درصد روغن دانه نیز مانند دیگر صفات در سطح یک درصد تحت تأثیر تنش گرما، سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید و برهم‌کنش دوگانه و سه‌گانه آن‌ها قرار گرفت (جدول ۴). نتایج برهم‌کنش اثرات سه‌گانه نیز نشان داد در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گرما، عدم کاربرد اسید سالیسلیک، بین سطوح مختلف جاسمونیک اسید تفاوت آماری بر درصد روغن وجود نداشت، ولی با استفاده از مقادیر پایین اسید سالیسلیک مصرف ۲ میلی‌گرم جاسمونیک اسید بیشترین درصد روغن (۱۹/۴۵ و ۱۷/۵۱ درصد به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش) را به خود اختصاص داد. در سطوح بالایی اسید سالیسلیک نیز مشاهده شد غلظت‌های متوسط (۱ میلی‌گرم) نتیجه بهتری بر درصد روغن داشت. بیشترین درصد روغن دانه ۲۰/۹۶ درصد در شرایط طبیعی و کاربرد سطح ۱۰۰ میلی‌گرم سالیسلیک اسید با سطح دو جاسمونیک اسید و کمترین درصد روغن دانه در شرایط تنش گرما و با کاربرد سطح ۲۵ میلی‌گرم اسید سالیسلیک و ۲ میلی‌گرم جاسمونیک اسید مشاهده شد (جدول ۵). بازده عصاره تام نیز تحت تأثیر شرایط محیطی، سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید و برهم‌کنش دوگانه و سه‌گانه آن‌ها قرار گرفت (جدول ۴) بیشترین بازده عصاره با میانگین ۹/۳۰ درصد در برهم‌کنش اثرات سه‌گانه در شرایط نرمال و با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم سالیسلیک اسید و ۱ میلی‌گرم جاسمونیک اسید مشاهده شد (جدول ۵).

عملکرد روغن و عصاره تام نیز تحت برهم کنش اثرات سه گانه تنش گرما در اسید سالیسلیک در اسید جاسمونیک قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های مربوطه نشان داد، در شرایط تنش عملکرد روغن و عصاره تام به شدت کاهش یافت (به ترتیب ۸۲ و ۹۰ درصد). مصرف به تنهای اسید جاسمونیک در غلظت ۱میلی‌گرم بر لیتر تاثیر مثبتی بر عملکرد روغن(افزایش ۳۳ درصدی) و عصاره (۱۳/۲ درصد) داشته، ولی با مصرف مقادیر بیشتر اثر آن منفی شد. کاربرد اسید سالیسلیک هم موجب کاهش اثر تنش گرما شده و هم باعث شد اسید جاسمونیک در مقادیر ۲ میلی‌گرم در لیتر بهترین تاثیر را داشته باشد. بالاترین عملکرد روغن و عصاره تام با میانگین۴۴۳/۸ و ۱۷۴ گرم از شرایط بدون تنش و کاربرد ۱۲۵ میلی‌گرم اسید سالیسلیک و ۲ میلی‌گرم جاسمونات حاصل شد (جدول ۶). نتایج همبستگی صفات با یک دیگر نیز نشان داد، عملکرد دانه با ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، قطر گل و تعداد دانه در گل دارای همبستگی مثبت معنی‌داری بود که بالاترین ضریب همبستگی مربوط به تعداد دانه در گل با ضریب ۰/۹۷۰ بود. همچنین درصد روغن دانه و بازده عصاره نیز با تعداد دانه در گل و ارتفاع بوته با تعداد شاخه‌های جانبی، قطر گل و تعداد دانه در گل دارای همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد (جدول ۷).

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی و قطر گل‌ها تنها تحت تأثیر اثرات تنش گرما قرار گرفتند، این در حالی بود که تعداد دانه علاوه بر تنش گرما، تحت تأثیر اسید سالیسلیک، جاسمونیک اسید قرار گرفت (جدول ۳). مشخص شد، کاربرد همزمان اسید سالیسلیک و جاسمونیک اسید در شرایط تنش گرمایی دارای اثرات متفاوت بود. در شرایط بدون تنش کاربرد جاسمونیک اسید تعداد دانه بیشتری را موجب شد و استفاده هم‌زمان غلظت‌های پایین سالیسلیک اسید در این شرایط موجب افزایش اثرات این هورمون و افزایش تعداد دانه شد.

جدول ۶- برهم‌کنش اثرات سه‌گانه تنش گرما، اسید سالیسلیک و اسید جاسمونات بر عملکرد روغن و عصاره.

اسید سالیسلیک (میلی‌گرم)	اسید جاسمونیک (میلی گرم بر لیتر)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)		عملکرد عصاره (کیلوگرم در هکتار)	
		بدون تنش	تنش گرما	بدون تنش	تنش گرما
	۰	۳۲۸/۸^{de}	۲۹/۰jk	۱۵۱/۲ab	۱۳/۷g
۰	۱	۴۳۹/۹^{ab}	۲۵/۸jk	۱۷۱/۱a	۱۵/۰g
	۲	۲۵۰/۰f	۲/۳l	۹۵/۹de	۰/۳g
	۰	۳۲۸/۸de	۷/۳l	۱۳۱/۸bc	۴/۰g
۱۲/۵	۱	۳۴۴/۲de	۱۲۴/۶hi	۱۳۵/۵bc	۶۳/۱ef
	۲	۴۳۵/۹^{ab}	۱۳/۶l	۱۶۸/۵a	۰/۰g
	۰	۱۸۶/۱g	۱۱/۵l	۱۰۰/۱de	۵/۹g
۲۵	۱	۳۷۸/۹^{bc}	۴۶/۶jk	۱۶۶/۰a	۲۳/۹fg
	۲	۳۴۲/۵de	۰/۰l	۱۳۰/۹bc	۰/۰g
	۰	۳۵۹/۸cd	۷۱/۹j	۱۷۲/۰a	۳۲/۶fg
۵۰	۱	۳۳۹/۷de	۴۳/۰jk	۱۵۷/۲ab	۱۷/۳g
	۲	۳۹۳/۲b	۰/۰l	۱۶۹/۳a	۰/۰g
	۰	۳۶۱/۵cd	۱۴/۰ l	۱۶۰/۴a	۵/۹g
۱۰۰	۱	۴۰۵/۲b	۸/۴ l	۱۶۳/۵ab	۳/۷g
	۲	۴۴۳/۸a	۴/۷ l	۱۷۴/۰a	۲/۱g

حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد توسط آزمون دانکن می باشد.

جدول ۷- نتایج همبستگی صفات با یکدیگر

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ارتفاع گیاه(۱)	۱									
تعدادشاخه جانبی(۲)	۰/۵۲۰**	۱								
قطر گل(۳)	۰/۴۳۱**	-۰/۳۱۷	۱							
تعداد دانه در گل(۴)	۰/۴۶۷**	-۰/۴۱۶**	۰/۵۳۹**	۱						
عملکرد دانه(۵)	۰/۴۸۸**	۰/۵۲۰**	۰/۴۶۷**	۰/۹۷۰**	۱					
وزن هزار دانه(۶)	۰/۳۱۲	۰/۲۶۷	۰/۳۶۷	-۰/۰۹۱	-۰/۰۹۷	۱				
درصد روغن دانه(۷)	۰/۰۹۳	۰/۱۶۷	۰/۱۲۷	۰/۵۳۸**	۰/۴۸۱**	۰/۴۱۴*	۱			
بازده عصاره تام(۸)	-۰/۰۴۱	-۰/۱۴۱	۰/۰۴۶	۰/۴۶۷**	۰/۴۴۰*	۰/۳۱۲	۰/۷۲۵**	۱		
عملکرد روغن(۹)	۰/۰۵۲	۰/۴۰۰*	۰/۴۳۱*	۰/۹۷۳**	۰/۹۸۶**	-۰/۱۰۹	۰/۵۳۶**	۰/۴۵۴*	۱	
عملکرد عصاره(۱۰)	۰/۲۳۳	-۰/۱۰۹	۰/۱۶۷	۰/۹۷۶**	۰/۹۹۲**	-۰/۱۰۵	۰/۵۱۲**	۰/۴۷۶**	۰/۹۹۲**	۱

* معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ و ** معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪

در شرایط تنش گرمایی نتایج متفاوت‌تر از شرایط بدون تنش بود به‌طوری‌که در غلظت‌های بالای اسید سالیسلیک اثر جاسمونیک اسید خنثی‌شده و سطوح بالای این هورمون تأثیر منفی در مقایسه با سطوح کم داشت. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مدرسی و همکاران (۱۳۹۰) (۸) مشابهت داشت که همگی بر کاهش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی و قطر گل‌ها تحت تأثیر تنش گرما دلالت دارند. مدرسی و همکاران (۱۳۹۰) (۸) گزارش کردند که ارتفاع گندم تحت تنش گرما به‌شدت کاهش یافت. دمای بالا سبب تجمع گونه‌های فعال اکسیژن شده که این گونه‌های منجر به دناتوره شدن پروتئین، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، پراکسیداسیون لیپیدها و مهار فتوسنتز و تنفس و در نهایت کاهش رشد گیاه می‌شود (۳۵).

در این مطالعه نیز مشاهده شده تنش گرما موجب کاهش ارتفاع گیاه شد. بر خلاف نتایج مشاهده شده، در پژوهشی که روی ذرت، انجام شده بود، محلول پاشی سالیسلیک اسید روی ویژگی‌های رشدی مانند ارتفاع گیاه تأثیر مثبتی نشان داد (۱۹). در تحقیقی که روی ریحان و مرزنجوش نشان داد، ارتفاع گیاه، تعداد شاخ و برگ، وزن‌تر و خشک، پلی آمین‌ها و کربوهیدرات‌ها و همچنین درصد و کیفیت اسانس در اثر اسید سالیسلیک افزایش پیدا کرد (۱۷). فیتوهورمون‌هایی چون سالیسلیک اسید به‌عنوان یک سیگنال درونی عمل کرده و موجب تولید پروتئین‌های افزایش دهنده تحمل به تنش می‌شوند (۲۰). همچنین کاربرد سالیسلیک اسید موجب کاهش ریزش گل‌ها و سقط جنین می‌شود (۱۶) نتایج این مطالعه نیز نشان داد، کاربرد هورمون‌ها و برهم‌کنش آنها تنها بر تعداد دانه تاثیر معنی‌دار داشته که تایید کننده این مطلب است. همچنین نتایج همبستگی صفات نشان داد، تعداد دانه در گل دارای همبستگی مثبت معنی‌داری بر عملکرد دانه بود این در حالی است که وزن هزار دانه ارتباط معنی‌داری با عملکرد نشان نداد (جدول ۷) که این می‌تواند به تاثیر بیشتر کاربرد تنظیم کننده‌های رشد بر ریزش دانه‌ها در گرمای آخر فصل مربوط باشد.

در این مطالعه تنش گرما به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داد، در عین حال محلول‌پاشی با هورمون-های سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید از کاهش کیفیت گیاه ماریتیغال در شرایط تنش جلوگیری نمود. بهبود عملکرد دانه در اثر فیتورهومون‌ها را در شرایط تنش می-توان به کاهش ریزش گل‌ها و سقط جنین، بهبود تخصیص مواد به دانه، افزایش دوره پر شدن دانه مرتبط دانست (۱۰، ۱۶ و ۲۲). نتایج مطالعه ما با یافته‌های Gharib (۲۰۰۶) (۱۳) در ریحان و مرزنجوش همخوانی دارد. نتایج همبستگی نیز نشان داد تعداد دانه در گل دارای همبستگی مثبت (R=۰/۹۷۰) معنی‌داری با عملکرد دانه بود (جدول ۷) همچنین مشاهده شد کاربرد هورمون‌ها تنها بر تعداد دانه تاثیر داشته که می‌تواند عامل اصل بهبود عملکرد در شرایط تنش باشد. گزارش‌هایی از اثر سالیسلیک اسید بر افزایش عملکرد دانه بر سویا و نخود فرنگی نیز منتشر شده است (۲۵). مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد سالیسلیک اسید باعث افزایش میزان محصول در ماش و افزایش مقاومت به عوامل بیماری‌زا در گیاهانی مانند توتون و تنباکو می‌شود (۱۷). در پژوهشی دیگر مشخص گردید که کاربرد اسید سالیسلیک موجب بهبود فتوسنتز و عملکرد، کاهش محتوای سدیم، کلر و افزایش نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم ذخیره شده در بافت گیاه تحت تنش شوری می‌گردد (۴). در مطالعه‌ای اثر متیل جاسمونات بر متابولیت‌های ثانویه گیاه ریحان مشخص شد که محتوای فنول کل پس از اعمال تیمارهای ۰/۱ و ۰/۵ میلی مول افزایش می‌یابد. با اعمال تیمار متیل جاسمونات، دو ترکیب فنلی روزمارینیک اسید و کافئیک اسید که به‌عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قوی شناخته شدند، افزایش یافت که می‌توانند در افزایش تحمل به تنش گیاه نقش داشته باشند (۱). استعمال خارجی ترکیبات فنولیک (ازجمله سالیسلیک اسید) منجر به فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت می‌شود که وابسته به تولید

NADPH از طریق چرخه پنتوز فسفات می‌باشد درنتیجه ترکیبات فنولیک توانایی افزایش میزان NADPH را دارا می‌باشند (۲۷). با اینکه تولید NADPH منبعی از انرژی برای گیاه و فعالیت سیستم دفاعی آن در شرایط تنش می‌باشد، اما یک احیا کننده ضعیف است که مقدار زیاد آن خصوصاً ناتوانی گیاه در مصرف آن در شرایط تنش (به علت بسته شدن روزنه‌ها و توقف ورود CO_2 به درون برگ به‌عنوان محل انجام فتوسنتز) احتمال خسارت دیدن اندام‌های سلولی را به همراه دارد و همین موضوع دلیلی محکم برای کاهش کمیت و افزایش غلظت نسبی برخی ترکیبات کربی خواهد بود. از اینرو استفاده از غلظت‌های بالای سالیسلیک اسید تا سطح ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم که باعث بهبود کمیت شد و افزایش بیش از آن نه تنها برای بهبود تولید محصول مفید نخواهد بود بلکه ممکن است به جهت توانایی وارد کردن خسارت در سطوح بالا به گیاه، کاهش عملکرد را نیز در پی داشته باشد (۱۸).

نتایج نشان داد، تنش گرما موجب کاهش وزن هزار دانه شده و با استفاده از مقادیر پایین اسید سالیسلیک، اثرات جاسمونیک اسید بر وزن هزار دانه ماریتیغال در هر دو شرایط بدون تنش و تنش افزایش بوده ولی با استفاده از مقادیر بالاتر از اسید سالیسلیک مصرف جاسمونیک اسید نیز افزایش پیدا می‌کند. کاهش تعداد دانه در اثر تنش و محدودیت منبع به مخزن در این گیاه می‌تواند از دلایل افزایش وزن دانه در طی تنش باشد. در این پژوهش مشاهده شد، کاربرد اسید سالیسلیک و جاسمونیک اسید باعث کاهش اثرات منفی تنش گرمایی و افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شد. در مطالعه‌ای گزارش شد در گیاه ذرت محلول‌پاشی سالیسلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گردید (۳۳). قرار گرفتن کوتاه گیاه تحت تنش گرما در طی مرحله پر شدن دانه می‌تواند سبب سرعت بخشیدن به فرایند پیری و کاهش وزن دانه و کاهش عملکرد شود که کاربرد این هورمون‌ها به خصوص اسید سالیسلیک در سطح مشخص می‌تواند این کاهش را جبران نماید (۳۲). بهبود هدایت روزنه‌ای و افزایش فتوسنتز در اثر کاربرد اسید سالیسلیک یکی از مهمترین علت‌های بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط تنش می‌باشد (۲۱). درصد روغن دانه نیز مانند دیگر صفات تحت تأثیر تنش گرما، سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید قرار گرفت. در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گرما، عدم کاربرد اسید سالیسلیک، بین سطوح مختلف جاسمونیک اسید تفاوت آماری بر درصد روغن وجود نداشت، ولی با استفاده از مقادیر پایین اسید سالیسلیک مصرف ۲ میلی‌گرم جاسمونیک اسید بیشترین درصد روغن را به خود اختصاص داد. نتایج همبستگی نیز به وجود ارتباط مثبت معنی‌دار بین وزن هزار دانه و درصد روغن ماریتیغال اشاره می‌کند، بنابراین وزن دانه می‌تواند یکی از مهمترین عوامل تاثیر گذار بر کیفیت بذر ماریتیغال می‌باشد (جدول ۷).

بازده عصاره تام نیز تحت تأثیر شرایط محیطی، سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید قرار گرفت (جدول ۴). در شرایط تنش عملکرد روغن و عصاره تام به شدت کاهش یافت. مصرف به تنهای اسید جاسمونیک در غلظت ۱میلی‌گرم بر لیتر تاثیر مثبتی بر عملکرد روغن و عصاره داشته ولی با مصرف مقادیر بیشتر اثر آن منفی شد. کاربرد اسید سالیسلیک هم موجب کاهش اثر تنش گرما شده و هم باعث شد اسید جاسمونیک در مقادیر ۲ میلی‌گرم در لیتر بهترین تاثیر را داشته باشد (جدول ۶). نتایج این پژوهش نشان داد، که در شرایط تنش عملکرد روغن و عصاره تام به شدت کاهش یافت، و محلول‌پاشی با هورمون‌های جاسمونیک اسید و سالیسلیک اسید موجب ترمیم برخی آسیب‌های به وجود آمده به واسطه تنش گرمایی و در نتیجه بهبود کیفیت گیاه گردید. هورمون‌های گیاهی به عنوان یک محرک عمل کرده و در بسیاری ار فرایندهای گیاهی نقش دارند (۲۸). استفاده از این ترکیبات در شرایط تنش می‌تواند علاوه بر کاهش تاثیرات تنش در چرخه تولید اسانس آنها دخیل باشد و ماده موثر آنها را نیز تحریک نماید. اشرافی و همکاران (۱۳۹۱) (۱) نیز اعلام

کردند که غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید بر میزان ترکیبات اصلی آویشن دنایی اثرات معنی‌داری دارد. Pastirova و همکاران (۲۰۰۴) (۲۶) گزارش کردند که تغییرات کومارین بر اثر محلول‌پاشی سالیسلیک اسید افزایش میزان کومارین را نشان داد. در مطالعات دیگر نیر مشخص گردید، محلول‌پاشی سالیسلیک اسید بر درصد و عملکرد اسانس ریحان تأثیر معنی‌داری دارد (۲). نتایج مطالعه روی مریم‌گلی نیز نشان داد که کاربرد سالیسلیک اسید برای دستیابی به درصد بالای روغن ضروری است و سالیسلیک اسید کمیت و کیفیت روغن این گیاه را تغییر می‌دهد (۲۹). پژوهشی توسط Sanchez-Sampedro و همکاران (۲۰۰۵) (۳۰) روی ماریتیغال صورت گرفته که نتایج آن حاکی از تحریک تولید سیلی‌مارین توسط متیل جاسمونات در گیاه ماریتیغال می‌باشد. در یک بررسی دیگر جاسمونیک توانست ماده مؤثره گیاه جینگ سینگ را افزایش دهد (۳۶). بررسی نشان داد، غلظت‌های مختلف اسید جاسمونیک بر میزان ترکیبات اصلی آویشن دنایی اثرات معنی‌داری دارد (۱). پاسخ گیاهان در برابر افزایش اکسیژن‌های فعال با افزایش بیان و فعالیت آنزیم‌های مهارکننده اکسیژن‌های فعال و نیز با افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها به‌منظور حفظ هموستازی است (۲۸).

نتایج این مطالعه نشان داد تنش موجب کاهش در ارتفاع، تعداد و وزن دانه، عملکرد دانه و درصد روغن و بازده عصاره تام و عملکرد روغن و عصاره ماریتیغال شده و محلول‌پاشی ۱۲/۵ تا ۵۰ میلی‌گرم اسید سالیسلیک و ۱ میلی‌گرم جاسمونیک اسید توانست اثرات مخرب تنش را کاهش دهد و تأثیر مثبتی بر این صفات داشته باشد. در مجموع با توجه به نتایج حاصله به نظر می‌رسد، کاربرد هورمون‌های سالیسلیک اسید و جاسمونیک اسید می‌تواند سبب بهبود خصوصیات کمی و کیفی مورد اندازه‌گیری گیاه دارویی ماریتیغال تحت شرایط تنش گرما گردد؛ اما کاربرد این دو هورمون باید متناسب با نیاز گیاه بوده زیرا غلظت‌های بیش از آن به دلیل تداخل در سایر امور مرتبط با تولید صفات کمی سبب کاهش عملکرد و کاهش کارایی روش می‌گردد.

سپاسگزاری

از دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی و دانشگاه خلیج فارس کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

۱- اشرافی، م.، قاسمی پیربلوطی، ع.، رحیم ملک، م.، حامدی، ب.، (۱۳۹۱). اثر محلول پاشی اسید جاسمونیک بر درصد و ترکیبات اسانس (*Thymus daenensis Celak*)، *مجله داروهای گیاهی*۳(۲):۸۰-۷۵.

۲- رمرودی، م.؛ خمر، ع.، (۱۳۹۲)، اثرات متقابل محول پاشی السیلیک اسید و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی های کمی کیفی و تنظیم کننده های اسمزی ریحان، *نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژیکی گیاهان*، ۱(۱):۳۲-۱۹.

۳- رنجبر، ح.، ذولفقاری نسب، ر.، قاسم نژاد، م.، سرخوش، ع.، (۱۳۸۶)، تاثیر متیل جاسمونات در القاء مقاومتبه سرمازدگی میوه انار رقم ملس ترش ساوه، *مجله پژوهش وسازندگی درزراعت وباغبانی*، ۷۵: ۴۹-۴۳.

۴- شعاع، م.؛ میری، ح.ر.، (۱۳۹۱)، کاهش اثرات سوء تنش شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گندم از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک، *مجله‌ی الکترونیک تولید گیاهان زراعی*، ۵(۱): ۸۸-۷۱.

۵- عبدالی مشهدی، ا.، نبی پور ، م.، بخشنده، ا.م.(۱۳۸۷). تاثیر برداشت بر کمیت و کیفیت گیاهان دارویی ماریتغال . مجله اکترونیکی تولیدات گیاهان زراعی.۱(۲): ۴-۱.

۶- علم، ف، رامیین، الف، امینی، ف. (۱۳۹۲). تغییرات اسانس ماریتیغال (*Silybum marianum*) در شرایط تنش. مجله فرایند و کارکرد گیاهی. ۲(۶): ۸۷-۷۷.

۷- قبادی، م.، ع. بخشنده، ق. فتحی، م. ح. قرینه، خ. عالمیسعید و ا. نادری. ۱۳۸۵ . اثر تاریخ کاشت و تنش گرما در مرحله گلدهی بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد رقمهای کلزا (*Brassica napus* L). مجله علوم ژراعی ایران. ۸(۱): ۵۷-۴۶

۸- مدرسی، م.، محمدی، و.، زالی، ع.، مردی، م.، (۱۳۹۰)، بررسی شاخص های تحمل تنش گرما در گندم، *مجله‌ی علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۲، (۳):۴۷۴-۴۶۵.

۹- مشتطی،ع.، عالمی سعید، خ.، سیادت، س. ع. بخشنده، ع. جلال کمالی، م .ج. ۱۳۸۹. اثر تنش گرمای آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان بهاره در اهواز. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی.۳(۴): ۲۰۳- ۱۹۵.

10- Abreu, M.E., and S. Munne-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 (2), 105–112

11- Cheang, J.J. and Y.D. Choi. (2003). Methyl Jasmonate as avital substance in plant. Trends in genetics. 409-413.

12- Ebrahimpour, F., and K.H. Eidizadeh. (2009). Medicinal plants. Publications message light .178p.

13- Gharib, F.A.L. 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activates and oil content of basil and majoram. International Journal of Agriculture and Biology. 4: 485-492.

14- Ghavami, N., and Ramin, A.A. (2008). Grain Yield and Active Substances of Milk Thistle as Affected by Soil Salinity. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 39: 2608 – 18

15- Ghavami, N., Nagdi, H.A., A.A, Ramin, and A. Mehrafarin. (2011). Effect of salinity on seed yield components and seed oil, milk thistle (*Silybum marianum* L.). Journal of Herbal Drugs. 2(2): 89-93.

16- Hayat, Q., S. Hayat, M. Ifran, and A. Ahmad, (2010). Effect of Exogenous Salicylic Acid under Changing Environment. Environmental and Experimental Botany. 68: 14- 25.

17- Hayati, P., and W. Roshan. (2012). Effect of salicylic acid on growth parameters and essential oil quantity and quality of savory (*Satureja hortensis* L.). Scientific-Research Quarterly of Medicinal and Aromatic Plants Research. 29(4): 817-808.

18- Horvath, E., Szalai, G. and T. Janda. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. Plant Growth Regulation. 26: 290-300.

19- Hussein, M.M., Balbaa, L.K. and M.S. Gaballah. (2007). Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3(4): 321-328.

20- Kaydan, D., M. Yagmur, and N. Okut. (2007). Effects of Salicylic Acid on the Growth and Some Physiological Characters in Salt Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Balmier Dergisi. 13 (2) 114-119.

21- Khan, W., B. Prithiviraj, and D.L. Smith, (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology. 160(5):485-92.

22- Khatun, S., T.S. Roy, M.N. Haque, and B. Alamgir. (2016). Effect of Plant Growth Regulators and their Time of Application on Yield Attributes and Quality of Soybean. International Journal of Physical and Social Sciences. 11: 1-9.

23- Khoshbakht, D., A.A. Ramin, and M.R. Baghbanha. (2011). Possible to reduce the effect of salinity on bean plant using acetyl salicylic acid. Journal of processing of crops and gardens. 2(5):16-28.

24- Kovacik, J.E., I. Jir, Z. Gru, M. Backor, M. Miroslav Strnad, and M. Repcak. (2009). Salicylic acid-induced changes to growth and phenolic metabolism in Matricaria chamomilla plants. Plant Cell Rep. 28:135-143

25- Kumar, P., D. Dube, and V.S. Chauhan. (1999). Effect of salicylic acid on growth, development and some bio biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. *Merrill*). Indian Journal of Plant Physiology. 4(4): 327-330.

26- Pastirova, A., M. Repcak, and A. Eliasova. (2004). Salicylic acid induces changes of coumarone metabolites in Matricaria Chamomilla L. Plant Sciences. 67: 819-824.

27- Patrick, M., C. Cue, Z. Zuoxing, L.P. Jennifer, and S. Kalidas. (2000). A model for enhanced pea seedling vigor following low pH and salicylic acid treatments. Process Biochemistry. 35: 603-613.

28- Reynolds, M.P., M.I. Delgado, B.M. Gutierrez-Rodriguez, and A. Larque-Saavedra. (2000). Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. Genetic diversity and crop productivity. Field Crops Research. 66: 37-50.

29- Rowshan, V., M. Khosh Khoi, and K. Javidnia. (2010). Effects of Salicylic Acid on Quality and Quantity of Essential oil Components in Salvia macro siphon. Journal Biology Environment Science. 4(11): 77-82.

30- Sanchez-Sampedro, M.A., J. Fernandez-Tarrago, and. P. Corchete. (2005). Yeast extract and methyl Jasmonate-induced silymarin production in cell cultures of *Silybum marianum* (L.) Gaertn. Journal of Biotechnology. 119: 60 - 69.

31- Sato, S., M. Kamiyama, T. Iwata, N. Makita, H. Furukawa, and H. Ikeda. (2006). Moderate increase of mean daily temperature adversely affects fruit set of Lycopersicon esculentum by disrupting specific physiological processes in male reproductive development. Annals of Botany. 97: 731–738.

32- Siddique, K.H.M., S.P. Loss, K.L. Regan, and R.L. Jettner. (1999). Adaptation and seed yield of cool season gram legumes in Mediterranean environment of southwestern Australia. Australia Journal Agricultural Research. 50: 375-387.

33- Singh, G., and M., Kaur, (1980). Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (*Vigna radiata* L.). Indian Journal Plant Physiological. 23: 366-370.

34- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, and M.R. Foolad. (2007). Heat tolerance in plants: An overview. Environmental and Experimental Botany. 61: 199-223.

35- Wang, L.J., L. Fan, W. Loescher, W. Duan, G.J. Liu, J.SH. Cheng, H.B. Luo, and SH. Li. (2010). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. BMC Plant Biology. 10 (34):1471-2229.

36- Yu, K.W., W. Gao, E.J. Hahn, and K.Y. Paek. (2002). Jasmonic acid improves ginsenoside Accumulation in adventitious root culture of Panax ginseng C.A. Meyer. Biochemistry Engineering Journal. 11: 211-215.

Effect plant growth regulator (salicylic acid and Jasmonic acid) on yield and components yield of Milk thistle (*Silybum marianum* L.*)* under heat stress conditions

Mousavi Ouri M.[1], Jahanbakhsh Godehkahriz S.[1], Modarresi M. [2], Permon Gh.[1], Ebadi A.[1] and Kohanmoo M.A.[2]

[1] Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. of Iran.

[2] Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Persian Gulf University, Bushehr, I.R. of Iran.

Abstract

The use of plant growth regulators is one of the strategies to maintain the yield and increase the effective composition of medicinal plants under stress conditions. The aim of this study was to evaluate the effect of salicylic acid and jasmonic acid on the quantitative properties of marigold under heat stress conditions. The experiment carried out as a factorial in a completely randomized block design with three replications. Factors included Main factors include heat stress (control (desirable planting date), heat stress (late planting date)) and Sub-factors hormone salicylic acid in five levels (0, 10, 25, 50 and 100 ppm) and Jasmonic acid at three levels (0, 1 and 2 ppm). The studied traits also included: plant height, number of lateral branches, flower diameter, number of seeds per flower, 1000-seed weight, seed yield, and seed oil percentage, total extract yield, oil yield and essential oil yield. The results showed that the effect of heat stress on all studied traits was significant at 1% level. Interaction effects of heat stress on salicylic acid and heat stress interaction on jasmonic acid as well as triple interaction effects were significant for number of seeds per flower, grain yield, 1000-grain weight, seed oil yield and total extract yield and yield. Stress reduced grain yield (90%), number of seeds (86%), oil yield (91%) and extract yield (90%) but 1000-grain weight, percent and total yield did not change significantly under these conditions. Application of salicylic acid and jasmonic acid reduced the negative effects of stress, so that 25 mg / l salicylic acid and 1 mg / l jasmonic acid increased 20% yield under non-stress conditions and decreased 86% in control. Heat stress conditions. The highest effects of foliar application of growth regulators were obtained from concentrations of 12.5 to 50 mg / L of salicylic acid and 1 mg of jasmonic acid, respectively

Key words: Salicylic acid, Jasmonic acid, Seed yield, Heat stress, Oil percentage.