

اثر محلول پاشی سولفات روی و سالیسیلیک اسید بر ویژگی های ریخت شناسی و عملکرد گلرنگ تحت تنش خشکی

مسلم علیزاده^۱، حمیدرضا بلوچی^{۲*}، محسن موحدی دهنوی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه یاسوج

^۲ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه یاسوج

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: balouchi@yu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی سولفات روی و سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گلرنگ رقم صغه تحت تنش خشکی، در منطقه یاسوج، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در دانشگاه یاسوج، در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عوامل مورد آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح آبیاری پس از مصرف ۱۰٪، ۳۰٪ و ۶۰٪ رطوبت قابل دسترس، به ترتیب به عنوان سطوح بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید و محلول پاشی در ۵ سطح، شامل شاهد، سالیسیلیک اسید (۵/۰، ۱ و ۱/۵ میلی مولار) و سولفات روی (۳ گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد که برهم کنش تنش خشکی و محلول پاشی برای صفات تعداد طبق، تعداد طبق بارور، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد معنی دار و برای سایر صفات اندازه گیری شده غیر معنی دار بودند. عملکرد دانه گیاهان تحت تنش کاهش یافت؛ اما با محلول پاشی سولفات روی و سالیسیلیک اسید افزایش نشان داد. بالاترین میزان عملکرد دانه در ۳۰٪ و ۶۰٪ تخلیه رطوبتی به محلول پاشی با ۵/۰ میلی مولار سالیسیلیک اسید بود. بالاترین میزان عملکرد دانه تک بوته در سطح تنش خشکی با ۱۰ درصد با محلول پاشی سولفات روی به دست آمد. در تمام سطوح تنش خشکی بالاترین میزان وزن هزار دانه به دست آمده به محلول پاشی سولفات روی تعلق داشت و بالاترین تعداد طبق بارور در سطح ۱۰ و ۶۰ درصد تنش خشکی مربوط به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار بود. بالاترین تعداد دانه در طبق در سطح تنش خشکی ۶۰ درصد مربوط به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی مولار بود.

کلیدواژه ها: تنش خشکی، سولفات روی، سالیسیلیک اسید، گلرنگ، محلول پاشی

مقدمه

شدن تنش، توقف در فتوسنتز، تجزیه متابولیسمی و در نهایت مرگ صورت می‌گیرد (بونرت^۳ و همکاران، ۱۹۹۵). تنش خشکی در گیاهان تغییرات ساختاری و مورفولوژیکی زیادی را سبب می‌شود.

بهترین راه برای افزایش عملکرد، تولید و پایداری محصول در شرایط کمبود آب، افزایش کاشت رقم‌های متحمل به خشکی است. افزایش مقاومت گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، تغذیه و رفع کمبود مواد غذایی و استفاده از مواد شیمیایی مانند سالیسیلیک اسید، جاسمونیک اسید و غیره آسان‌تر و ارزان‌تر است.

تنش خشکی یکی از عوامل محدودکننده تولیدات گیاهی است و سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی، قادر است مقاومت به خشکی را در گیاهان افزایش دهد. کارایی سالیسیلیک اسید در القاء به تنش، بسته به نوع گیاه و یا غلظت سالیسیلیک اسید دارد (هوراس^۴ و همکاران، ۲۰۰۷). تولید سالیسیلیک اسید در گیاه در پاسخ به تنش است.

سالیسیلیک اسید نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی بر عهده دارد (راسکین^۵، ۱۹۹۲). سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری گیاهچه‌های گندم (شکیروا^۶ و همکاران، ۲۰۰۳) و مقاومت به کمبود آب می‌گردد (بزروکوا^۷ و همکاران، ۲۰۰۱). کورکماز^۸ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که استفاده از استیل سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۱-۱/۰ میلی‌مولار به‌صورت خیساندن بذری و اسپری برگی بر روی دانه‌های خربزه اثرات تنش خشکی را در این گیاه کاهش می‌دهد.

تحریک رشد بعد از استفاده کامل از سالیسیلیک اسید در بعضی از گیاهان از جمله گندم

گلرنگ مدت‌هاست که در بسیاری از کشورهای جهان به‌عنوان یک گیاه سازگار و مفید، با کاربردهای مختلف کشت می‌شود با توجه به اهمیت زیادی که اسیدهای چرب غیراشباع در کیفیت تغذیه‌ای روغن دارند. بومی بودن این گیاه و سازگاری آن با شرایط اقلیمی ایران از جمله امتیازات گیاه گلرنگ در ایران می‌باشد. از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط آب و هوایی کشور، گلرنگ به‌عنوان گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی (باسیل و کافکا^۱، ۲۰۰۲) و با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، آینده نویدبخشی دارد (پاسیان اسلام، ۱۳۹۰).

تنش خشکی یکی از تنش‌های محیطی بوده که روی اکثر مراحل رشد، ساختار و فعالیت‌های گیاهی، آثار مخرب و زیان‌آوری وارد می‌سازد و مانع تظاهر کامل پتانسیل ژنتیکی گیاهان زراعی بوده و از این‌رو موجب کاهش تولیدات کشاورزی می‌گردد (زوارت و باستیانسن^۲، ۲۰۰۴).

تنش محدودیت آب بر کلیه جنبه‌های رشد و نمو گیاه به یک‌میزان تأثیر نمی‌گذارد. بعضی از فرآیندها نسبت به افزایش تنش خشکی خیلی حساس هستند، درحالی‌که سایر فرآیندها کمتر تحت تنش کمبود آب قرار می‌گیرند (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). میزان خسارت وارده به گیاه در اثر تنش به گونه گیاه و تیپ رشد گیاه بستگی دارد. اغلب گیاهان زراعی به‌ویژه در طی دوره گلدهی تا نمو بذر به تنش کمبود آب حساس هستند. در تعدادی از گیاهان مشاهده شد که ماده خشک ذخیره‌شده در دانه، بیشتر نتیجه فتوسنتز بعد از گلدهی می‌باشد، بنابراین اثر تنش محدودیت آب به مرحله رشد گیاه در زمان وقوع تنش بستگی دارد. تنش در مرحله ابتدایی ممکن است تعداد سلول‌های آغازین تشکیل‌شده را کاهش دهد. از طرف دیگر اثر تنش در مرحله گلدهی بسیار زیان‌آور است (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷).

تنش یا کمبود آب سبب کاهش حجم آب در گیاه، فشار تورژسانس و پتانسیل کل آب، پژمردگی و بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در حجم سلول و متعاقبان کاهش رشد می‌شود. در صورت کمبود بسیار زیاد آب با طولانی

³ Bohnert

⁴ Horvath

⁵ Raskin

⁶ Shakirova

⁷ Bezrukova

⁸ Korkmaz

¹ Bassil and Kaffka

² Zwart and Bastiaanssen

به شدت کاهش می‌یابد. از طرفی استفاده از سولفات روی و سالیسیلیک‌اسید باعث مقاومت و مدیریت بهتر گیاه در برابر تنش‌ها به خصوص تنش خشکی می‌شود. از این رو در این تحقیق انتظار می‌رود که استفاده از سولفات روی و سالیسیلیک‌اسید و محلول‌پاشی آن‌ها قبل از اعمال تنش، باعث آمادگی بهتر گیاه جهت مقابله و روبرو شدن با تنش خشکی و نیز باعث بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد و استفاده بهینه از منابع آبی در دسترس گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی و سالیسیلیک‌اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گلرنگ (رقم صغه) تحت تنش خشکی، آزمایشی گلدانی در تابستان ۱۳۹۱ در دانشگاه یاسوج اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. عوامل مورد آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح بدون تنش، تنش ملایم و شدید، محلول‌پاشی در ۵ سطح، شامل شاهد، سالیسیلیک‌اسید در ۳ سطح (۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) و سولفات روی (۳ گرم در لیتر) بود.

برای آماده‌سازی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها، مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه با نسبت ترکیب ۳ به ۱ (سه قسمت خاک مزرعه و یک قسمت ماسه) تهیه شد. کود اوره و فسفر، به ازای هر گلدان ۰/۵ گرم سوپر فسفات (معادل ۳۲ کیلوگرم در هکتار) به صورت مخلوط با خاک گلدان و کود اوره به صورت سرک دومرتبه، هر بار ۱ گرم (معادل ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار)، یک‌بار به هنگام جوانه‌زنی و بار دیگر در مرحله ۴ برگی به کار برده شد. پس از انتخاب بذور همگن از گلرنگ رقم صغه، با قارچ‌کش کاربوکسیل ضد عفونی شد. گلدان‌ها با قطر ۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر، با ۱۰ کیلوگرم از مخلوط تهیه‌شده پر گردید. جهت ایجاد زه‌کشی مناسب در گلدان‌ها، ۳ سوراخ به قطر ۰/۵ سانتی‌متر در ته گلدان‌ها تعبیه شد. درون هر گلدان تعداد ۴ عدد بذر گلرنگ در عمق ۳ سانتی‌متر قرار گرفت. بعد از سبز شدن به ۲ بوته در هر گلدان تنک

(شکیروا و همکاران، ۲۰۰۳) و سویا (گویتریز-کورونا^۱ و همکاران، ۱۹۹۸) گزارش شده است.

سالیسیلیک‌اسید همچنین مانند یک محافظ در برابر تنش عمل می‌کند. گویتریز-کورونا و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که محلول‌های سالیسیلیک‌اسید به صورت محلول‌پاشی روی ساقه‌های سویا به طور معنی‌داری رشد ساقه‌ها و ریشه‌ها را در شرایط گلخانه و مزرعه افزایش داده است. سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش تحمل به شوری در گیاهچه‌های گندم (شاکیروا و همکاران، ۲۰۰۳) و مقاومت به کمبود آب می‌گردد (بزرکاو و همکاران، ۲۰۰۱).

تغذیه خوب گیاهان در مقاومت آن‌ها به انواع تنش‌های زنده و غیرزنده نقش بسیار مهمی دارد. اکثر خاک‌های زراعی ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاک‌ها، بیکربنات بودن آب آبیاری، پایین بودن مواد آلی خاک و مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته، دچار کمبود شدید ریزمغذی‌ها به ویژه روی می‌باشند. روی در گرده‌افشانی و لقاح نقش مهمی داشته و برای تولید اکسین جهت رشد سلولی مورد نیاز است. همچنین روی در افزایش طول لوله گرده و زنده ماندن تخمک نقش دارد و از طریق بالا بردن مقدار کربوهیدرات و مواد حاصل از همانندسازی و افزایش میزان اکسین در افزایش وزن میوه و کاهش ریزش میوه مؤثر است. روی در بیوسنتز تریپتوفان که پیش ماده سنتز اکسین است نقش دارد (مارشنر^۲، ۱۹۹۵). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، برای استفاده بهینه از کودهای شیمیایی و برای افزایش عملکرد و کیفیت (ارزش زیستی)، مصرف کودها از طریق محلول‌پاشی ضروری است (مارشنر، ۱۹۹۵). با توجه به نیاز کشور به روغن‌های نباتی و کمبود آب آبیاری، تحقیقات در زمینه مراحل حساس نمو گیاهان روغنی و اعمالی که باعث تقلیل اثرهای زیان‌آور خشکی شود، از جمله استفاده صحیح از عناصر غذایی، امری ضروری در جهت بهبود وضعیت کشاورزی کشور خواهد بود.

ایران با قرار گرفتن در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و عملکرد گیاهان زراعی در این مناطق به علت کمبود نزولات جوی

¹ Gutierrez-Coronado

² Marschner

یک بوته به‌طور تصادفی در مرحله گلدهی انتخاب و مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. به هنگام برداشت، عملکرد دانه بوته‌های درون گلدان، پس از جداسازی کاه و کلش و توزین دانه‌ها به وسیله ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ و برحسب گرم، محاسبه گردید.

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی با آزمون حداقل میانگین مربعات (LSD) در سطح ۰/۰۵ و برای صفاتی که اثر متقابل معنی‌دار داشتند از روش برش دهی معمولی و مقایسه میانگین به روش L.S.Means استفاده گردید.

نتایج و بحث

تعداد برگ: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر فاکتورهای آزمایش (تنش خشکی، محلول پاشی) و اثر متقابل آن‌ها بر صفت تعداد برگ غیر معنی‌دار شده است.

شدند. هر واحد آزمایش در این تحقیق دو گلدان بود؛ که یکی از آن‌ها برای نمونه‌برداری و دیگری برای عملکرد و اجزای عملکرد در نظر گرفته شد.

گلدان‌ها از مرحله کاشت تا مرحله جوانه‌زنی با آب، به مقدار یکسان برای همه گلدان‌ها، آبیاری شدند و پس از ثبت تاریخ دقیق جوانه‌زنی (زمانی که ۵۰ درصد جوانه‌زنی انجام شد)، گلدان‌ها با یک گرم کود اوره به ازای هر گلدان در این مرحله تغذیه شدند. در مرحله ۴ برگی (دوره رشد سریع گیاه)، اعمال تیمارهای سالیسیلیک اسید و سولفات روی به‌صورت محلول پاشی شروع و سپس ۱۰ روز بعد تکرار شد. لازم به ذکر است که اعمال تنش خشکی بلافاصله پس از محلول پاشی نوبت اول اعمال گردید. به این منظور پس از تعیین درصد ظرفیت مزرعه‌ای (FC) هر گلدان، آبیاری در سه سطح پس از مصرف ۰/۱۰، ۰/۳۰ و ۰/۶۰ رطوبت قابل استفاده، به ترتیب به‌عنوان سطوح بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید به روش وزنی اعمال گردید. برای تعیین ارتفاع گیاه، سطح برگ و تعداد برگ

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برخی از صفات مورفولوژیک در گیاه گلرنگ تحت تنش خشکی و محلول پاشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد برگ	ارتفاع گیاه	سطح برگ
بلوک	۳	۱۵/۷۷ ^{ns}	۹۵/۵۷ ^{ns}	۳/۸۶ ^{ns}
تنش خشکی	۲	۱۲۶/۱۵ ^{ns}	۷۱۰/۴۵ ^{**}	۴/۶۹ ^{ns}
محلول پاشی	۴	۴۷/۸۹ ^{ns}	۱۷۱/۷۳ [*]	۷۵/۲۷ ^{**}
تنش خشکی × محلول پاشی	۸	۵۶/۹۴ ^{ns}	۹۳/۱۶ ^{ns}	۳/۶۲ ^{ns}
خطا آزمایشی	۴۲	۴۹/۱۳	۶۵/۴۰	۱۴/۳۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۰/۳۸	۱۱/۷۱	۳۰/۸

***، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار را نشان می‌دهند.

به سطح تنش خشکی با ۰/۶۰ تخلیه رطوبت با میانگین ۶۳/۳۰ سانتی‌متر تعلق داشت. اختلاف میزان ارتفاع گیاه گلرنگ در سطح خشکی با ۰/۱۰ تخلیه رطوبتی نسبت به سطح خشکی با ۰/۶۰ تخلیه رطوبتی بیش از ۱۸ درصد کاهش را نشان می‌دهد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که با افزایش سطوح فاکتور محلول پاشی میزان ارتفاع گیاه کاهش نامنظم داشت به‌طوری‌که بیشترین میزان ارتفاع مربوط به محلول پاشی سالیسیلیک اسید ۰/۵

ارتفاع گیاه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۱) که اثرات تنش خشکی و محلول پاشی بر صفت ارتفاع گیاه گلرنگ دارای اثر معنی‌داری به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد بودند. اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی برای ارتفاع گیاه غیر معنی‌دار بود.

با افزایش تنش خشکی میزان ارتفاع گیاه کاهش بسیاری معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲) به‌طوری‌که بیشترین میزان ارتفاع گیاه متعلق به تنش خشکی با ۰/۱۰ تخلیه رطوبتی با میانگین ۷۵/۲۰ سانتی‌متر و کمترین آن

تنش خشکی و محلول پاشی بر سطح برگ غیر معنی دار ولی اثر محلول پاشی بر آن در سطح یک درصد معنی دار شد.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) برای اثر محلول پاشی بر میانگین سطح برگ نشان داد که محلول پاشی سالیسیلیک اسید و سولفات روی باعث کاهش سطح برگ نسبت به شاهد گردید. بیشترین میزان سطح برگ متعلق به شاهد با میانگین ۱۵/۴۱ سانتی متر مربع که با سالیسیلیک اسید ۱/۵ میلی مولار اختلاف معنی داری نداشت و کمترین آن مربوط به محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر با میانگین ۹/۲۲ سانتی متر مربع بود؛ که از لحاظ آماری این دو سطح دارای تفاوت معنی دار بودند.

میلی مولار، (۷۲/۸۳ سانتی متر) و کمترین آن به محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر، (۶۴/۰۸ سانتی متر) تعلق داشت. میزان ارتفاع گیاه در سطح محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی مولار و محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر، نسبت به شاهد به ترتیب بیش از ۷ و ۱۱ درصد کاهش را نشان داد. نتایج نشان داد که سالیسیلیک اسید موجب کاهش ارتفاع بوته در غلظت ۱ و ۱/۵ میلی مولار در مقایسه با شاهد و غلظت ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید شد که نشان از این است که غلظت های مختلف سالیسیلیک اسید تأثیر متفاوتی بر روی صفت ارتفاع بوته می گذارد که با نظر قربانی و نیاکان (۱۳۸۴) مطابقت دارد.

میانگین سطح تک برگ: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تنش خشکی و اثر متقابل

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر صفت ارتفاع گیاه گلرنگ

ارتفاع بوته (سانتی متر)	سطوح تنش خشکی
۷۵/۲۰a	۱۰٪ تخلیه رطوبتی
۶۸/۶۵b	۳۰٪ تخلیه رطوبتی
۶۳/۳۰c	۶۰٪ تخلیه رطوبتی

حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD می باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی برای برخی از صفات مورفولوژیک گلرنگ

ارتفاع بوته (سانتی متر)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	سطوح محلول پاشی
۷۱/۱۷ab	۱۵/۴۱a	شاهد
۷۲/۸۳a	۱۰/۵۸c	۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۷۱/۱۷ab	۱۲/۱۴bc	۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۶۶/۰۰bc	۱۴/۰۲ab	۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۶۴/۰۸c	۹/۲۲c	۳ گرم در لیتر سولفات روی

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD می باشد.

داده است که سولفات روی تأثیری بر افزایش ارتفاع در گیاه سویا نداشته است (هیثولد^۱ و همکاران، ۲۰۰۲).

در این آزمایش ارتفاع بوته و سطح برگ تحت تأثیر تیمار محلول پاشی سولفات روی قرار نگرفت به نظر می رسد که نقش عمده سولفات روی بر روی صفات کیفی می باشد و بر میزان ارتفاع بوته و سطح برگ تأثیر مثبتی نداشته است. نتایج آزمایش های مختلف نیز نشان

¹ Heitholt

مقایسه میانگین سطوح مختلف محلول پاشی در هر سطح تنش خشکی (جدول ۶)، در تنش خشکی با ۱۰٪ تخلیه رطوبتی بالاترین تعداد طبق با میزان ۵/۲۵ متعلق به محلول پاشی شاهد و کمترین تعداد طبق با میزان ۲/۵ متعلق به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار بود. در تنش خشکی با ۳۰٪ تخلیه رطوبتی بالاترین تعداد طبق با میزان ۶/۵ متعلق به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار و کمترین تعداد طبق با میزان ۲/۷۵ متعلق به محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر بود. در تنش خشکی با ۶۰٪ تخلیه رطوبتی بالاترین تعداد طبق با میزان ۵/۷۵ متعلق به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار و کمترین تعداد طبق با میزان ۲/۷۵ متعلق به محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر بود.

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۶)، با افزایش میزان محلول پاشی در نمونه‌های آزمایشی تعداد طبق رو به کاهش بوده است که با نتایج نیاکان و همکاران (۱۳۸۹) بر روی گیاه گشنیز مطابقت دارد.

تعداد طبق: نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر محلول پاشی بر تعداد طبق کل و تعداد طبق بارور در گیاه تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ داشته است. اثر متقابل این دو فاکتور بر تعداد طبق و تعداد طبق بارور در سطح ۵٪ معنی‌دار است. برش دهی (جدول ۵) محلول پاشی برای صفت تعداد طبق و تعداد طبق بارور نشان داد که بین سطوح محلول پاشی در هر سطح از تنش خشکی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین میزان تعداد طبق بارور متعلق به محلول پاشی شاهد (آب مقطر) با میزان ۳/۴۲ بود و کمترین میزان تعداد طبق متعلق به محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر با میزان ۱/۶۷ بود؛ که این نتایج نشان‌دهنده این است که با افزایش میزان محلول پاشی سالیسیلیک اسید در نمونه‌های آزمایشی، تعداد طبق بارور رو به کاهش بوده است. بر اساس نتایج جدول میانگین مربعات (جدول ۵)، تعداد طبق در تنش خشکی با ۱۰٪، ۳۰٪ و ۶۰٪ تخلیه رطوبتی در سطح ۵٪ معنی‌دار شده است و برای تعداد طبق بارور در تنش خشکی با ۱۰٪ تخلیه رطوبتی در سطح ۵٪ و در سطح ۳۰٪ و ۶۰٪ تخلیه رطوبتی در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. بر اساس جدول

جدول ۴ - میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برای صفات اجزای عملکرد گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد طبق در گیاه	تعداد طبق بارور در گیاه	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد تک بوته
بلوک	۳	۱/۹۱ ^{ns}	۱/۶۴ ^{ns}	۵۹/۲۶ ^{ns}	۱۶/۷۳ ^{ns}	۱/۳۱ ^{ns}
تنش خشکی	۲	۶/۴۵ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۲۰۳/۵۱ ^{ns}	۳۴/۶۱ ^{ns}	۰/۰۰۳۳ ^{ns}
محلول پاشی	۴	۱۱/۹۴ ^{**}	۶/۶۹ ^{**}	۱۰۷/۶۸ ^{ns}	۳۱۱/۸۷ ^{**}	۱/۷۳ ^{ns}
تنش خشکی × محلول پاشی	۸	۶/۳۷ [*]	۱/۵۳ [*]	۲۱۱/۹۳ [*]	۸۰/۶۴ ^{**}	۲/۴۹ ^{**}
خطا	۴۲	۲/۹۱	۰/۵۷	۸۳/۳۸	۱۸/۹۶	۰/۷۷

*** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار را نشان می‌دهند.

جدول ۵- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برش دهی محلول پاشی برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد در سطوح مختلف تنش

خشکی

سطوح تنش خشکی	درجه آزادی	تعداد طبق در گیاه	تعداد طبق بارور در گیاه	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
٪۱۰	۴	۸/۴۲*	۲*	۹۷/۴۵ ^{ns}	۱۷۳/۱۲**	۱/۱۰۰۷ ^{ns}
٪۳۰	۴	۸/۰۷*	۴/۹۲**	۱۱۶/۶۷ ^{ns}	۲۵۲/۳۲**	۴/۲۱**
٪۶۰	۴	۸/۱۷*	۲/۸۲**	۳۱۷/۴۲*	۴۷/۷ ^{ns}	۱/۴۱ ^{ns}

ns، ** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار را نشان می دهند.

مزرعه‌ای که روی تأثیر تنش خشکی بر گیاه گلرنگ انجام دادند، نشان دادند که تنش خشکی بر هر دو صفت تأثیر معنی دار و منفی داشت (دهقان کوهستانی، ۱۳۹۱؛ شیراوند، ۱۳۹۱). با توجه به جدول ۴، محلول پاشی بر تعداد دانه در طبق اثر معنی داری نداشته ولی بر وزن هزار دانه اثر معنی دار در سطح ٪۱ داشته است. اثر متقابل دو فاکتور تنش خشکی و محلول پاشی بر صفت تعداد دانه در طبق اثر معنی دار در سطح ٪۵ داشته، ولی بر وزن هزار دانه اثر معنی دار در سطح ٪۱ داشته است.

با توجه به جدول تجزیه واریانس برش دهی (جدول ۵) اثر محلول پاشی در سطوح تنش خشکی در سطوح ٪۱۰ و ٪۳۰ بر صفت وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی دار و در سطح ٪۶۰ تنش خشکی بر تعداد دانه در طبق معنی دار بود. احتمالاً دلیل اینکه تنش خشکی در این آزمایش تأثیر منفی بر تعداد دانه نداشته است به خاطر این بود که میزان آبی که در هر نوبت اندازه گیری می شد و به گلدان های تحت تنش خشکی داده می شد، هدرروی کمتری نسبت به آزمایش های مزرعه ای داشته است و آب در گلدان در مجاورت ریشه گیاه می ماند.

بر اساس جدول مقایسه میانگین سطوح مختلف محلول پاشی در هر سطح تنش خشکی (جدول ۶)، در تنش خشکی با تخلیه رطوبتی ٪۱۰ بالاترین وزن هزار دانه متعلق به محلول پاشی سولفات روی با میزان ۳۶ گرم بود که با محلول پاشی سالیسیلیک اسید ۱/۵ میلی مولار اختلاف معنی داری نداشت و کمترین آن متعلق به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی مولار با میزان ۲۰/۷۵ گرم بود. در تنش خشکی

تعداد طبق بارور: بر اساس جدول مقایسه میانگین

سطوح مختلف محلول پاشی در هر سطح تنش خشکی (جدول ۶)، در تنش خشکی با ٪۱۰ تخلیه رطوبتی بالاترین تعداد طبق بارور با میزان ۳/۵ متعلق به محلول پاشی شاهد و کمترین تعداد طبق بارور با میزان ۲ متعلق به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ و ۱ میلی مولار و محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر بود. در تنش خشکی با ٪۳۰ تخلیه رطوبتی بالاترین تعداد طبق بارور با میزان ۴ متعلق به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار بود که با محلول پاشی شاهد اختلاف معنی داری نداشت و کمترین تعداد طبق بارور با میزان ۱/۷۵ متعلق به محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر و محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت های ۱ و ۱/۵ میلی مولار بود. در تنش خشکی با ٪۶۰ تخلیه رطوبتی بالاترین تعداد طبق بارور با میزان ۳ متعلق به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار بود که با محلول پاشی شاهد اختلاف معنی داری نداشت و کمترین تعداد طبق بارور با میزان ۱/۷۵ متعلق به محلول پاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر بود. با توجه به جدول مقایسات میانگین (جدول ۶)، با افزایش میزان محلول پاشی در نمونه های آزمایشی تعداد طبق بارور رو به کاهش بوده است که با نتایج نیاکان و همکاران (۱۳۸۹) بر گیاه گشنیز مطابقت دارد.

تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه: توجه به

جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) تنش خشکی تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه نداشته است، این در حالی است که محققان در آزمایش های

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی برای برخی از صفات اجزای عملکرد گلرنگ

سطح تنش خشکی	سطوح محلول پاشی	تعداد طبق در گیاه	تعداد طبق بارور در گیاه	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه تک بوته (گرم)
	شاهد	۵/۲۵a	۳/۵a	۲۶/۰۰a	۲۶/۲۵b	۲/۴۰a
	۰/۵ سالیسیلیک اسید (mM)	۲/۵۰b	۲b	۲۶/۷۵a	۲۶/۵۰b	۱/۵۰a
۱۰٪ تخلیه رطوبتی	۱ سالیسیلیک اسید (mM)	۵/۵۰a	۳ab	۲۲/۵۰a	۲۰/۷۵c	۱/۴۲a
	۱/۵ سالیسیلیک اسید (mM)	۲/۷۵b	۲b	۲۵/۰۰a	۳۵/۵۰a	۱/۷۷a
	سولفات روی سه گرم در لیتر	۳/۰۰b	۲b	۳۵/۵۰a	۳۶/۰۰a	۲/۵۷a
	شاهد	۵/۷۵ab	۳/۵a	۲۸/۵۰a	۲۲/۷۵b	۲/۱۷ab
	۰/۵ سالیسیلیک اسید (mM)	۶/۵۰a	۴a	۲۷/۷۵a	۲۸/۵۰b	۳/۱۵a
۳۰٪ تخلیه رطوبتی	۱ سالیسیلیک اسید (mM)	۴/۵۰ab	۱/۷۵b	۱۹/۵۰a	۲۱/۷۵b	۰/۷۲c
	۱/۵ سالیسیلیک اسید (mM)	۴/۷۵ab	۱/۷۵b	۲۵/۷۵a	۲۳/۰۰b	۱/۰۷bc
	سولفات روی سه گرم در لیتر	۲/۷۵b	۱/۷۵b	۳۴/۵۰a	۴۰/۷۵a	۲/۶a
	شاهد	۳/۰۰ab	۳/۲۵a	۲۹/۷۵ab	۲۰/۷۵a	۱/۹۷a
	۰/۵ سالیسیلیک اسید (mM)	۵/۲۵ab	۳a	۳۱/۰۰ab	۲۶/۲۵a	۲/۵a
۶۰٪ تخلیه رطوبتی	۱ سالیسیلیک اسید (mM)	۵/۷۵a	۲/۵ab	۳۲/۵۰ab	۲۶/۷۵a	۲/۲a
	۱/۵ سالیسیلیک اسید (mM)	۳/۰۰ab	۱/۷۵bc	۴۷/۲۵a	۲۸/۵۰a	۲/۱۷۵a
	سولفات روی سه گرم در لیتر	۲/۷۵b	۱/۲۵c	۲۳/۰۰b	۲۹/۷۵a	۰/۹۵a

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس روش L.S.Means برای سطوح متفاوت خشکی و محلول پاشی می‌باشد.

با کاربرد سولفات روی اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین آن در همین سطح از تنش با ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید با میزان ۰/۷۲ گرم تعلق دارد.

غریب^۲ (۲۰۰۶) در گیاهان ریحان و مرزنجوش و مندوزا^۳ و همکاران (۲۰۰۲) در فلفل، افزایش رشد و عملکرد را در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش نمودند. اثرهای مفید سالیسیلیک‌اسید روی عملکرد دانه شاید در رابطه با انتقال بیشتر مواد آسمیلات فتوسنتز به دانه‌ها در طول پر شدن دانه‌ها باشد که در نتیجه باعث افزایش وزن دانه‌ها می‌شود (گونز^۴ و همکاران، ۲۰۰۵).

بایوردی و ممدوف^۵ (۲۰۱۰) نشان دادند که استفاده از عنصر روی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه کلزا می‌گردد. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش انتقال مواد غذایی به دانه‌ها شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد گردیده است. نتایج تحقیقات مربوط به مصرف عنصر روی در مراحل مختلف رشد گیاه نشان داده است که محلول‌پاشی روی آن را در اسرع وقت در اختیار گیاه قرار داده و باعث بهبود عملکرد آن می‌شود (جامسون^۶ و همکاران، ۲۰۰۹). اثر مثبت محلول‌پاشی عنصر روی در گیاهان گلرنگ (لوییس و مک فارلان^۷، ۱۹۸۶)، سویا (هیتولت و همکاران، ۲۰۰۲)، آفتابگردان (میرزپور و خوشگفتار^۸، ۲۰۰۶) و خردل (چترجی و خورانا^۹، ۲۰۰۷) گزارش شده است. در آزمایش شیخ‌بگلو و همکاران (۱۳۸۸) بر روی ذرت دانه‌ای، محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط تنش آبی منجر به افزایش تعداد دانه در بلال، درصد پروتئین و روغن دانه گردید.

با محلول‌پاشی عنصر روی که نقش مهمی در کاتالیزوری فرآیندهای متابولیسمی و حفظ آماس سلولی در گیاه بر عهده دارد، گیاه عناصر موردنیاز خود برای افزایش اسمولیت‌ها را بهتر و راحت‌تر در اختیار دارد. بدین ترتیب سلول به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه

با تخلیه رطوبتی ۳۰٪ بالاترین وزن هزار دانه متعلق به محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت سه در هزار با میزان ۴۰/۷۵ گرم بود و کمترین آن متعلق به محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار با میزان ۲۱/۷۵ گرم بود. در تنش خشکی با تخلیه رطوبتی ۶۰٪ بالاترین تعداد دانه در طبق متعلق به محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار با میزان ۴۷/۲۵ دانه و کمترین آن متعلق به محلول‌پاشی سولفات روی با میزان ۲۳ دانه بود. به نظر می‌رسد افزایش وزن هزار دانه در اثر مصرف روی به دلیل افزایش میزان فتوسنتز و متابولیسم گیاهی موجب افزایش مواد ذخیره‌شده و کاهش محدودیت منبع شده که موجب سرازیر شدن مواد پرورده به سمت دانه می‌گردد.

ری‌ام^۱ و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که مصرف روی، تعداد دانه در خورجین در کلزا را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. آن‌ها دلیل افزایش تعداد دانه در خورجین در اثر محلول‌پاشی روی را به دلیل نقش کلیدی این عنصر در انتقال آب و مواد غذایی از ریشه‌ها به اندام‌های هوایی اعلام کردند.

عملکرد تک بوته: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی بر صفت عملکرد تک بوته غیر معنی‌دار ولی اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی برای این صفت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. به عبارت دیگر محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی تأثیر متفاوتی بر عملکرد دانه در گلرنگ دارد. برش دهی جدول ۵ نشان داد که اثر محلول‌پاشی در سطوح تنش خشکی در دو سطح تنش خشکی با ۱۰٪ و ۶۰٪ تخلیه رطوبتی بر عملکرد دانه غیر معنی‌دار و برای تنش خشکی با ۳۰٪ تخلیه رطوبتی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود.

بر اساس جدول مقایسه میانگین سطوح مختلف محلول‌پاشی در هر سطح تنش خشکی (جدول ۶)، بیشترین میزان عملکرد دانه تک بوته در دومین سطح تنش خشکی (۳۰٪ تخلیه رطوبتی) با محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید با میزان ۳/۱۵ گرم بود که

² Gharib

³ Mendoza

⁴ Gunes

⁵ Bybord

⁶ Jamson

⁷ Lewis and McFarlane

⁸ Mirzapour and Khoshgoftar

⁹ Chatterjee and Khurana

¹ Rehem

می‌دهد و در نهایت عملکرد قابل قبول تری در این شرایط تولید می‌کند. پس برای جبران حداقل برخی اثرهای مضر تنش و کمک به گیاه در جهت بازگشت به شرایط رشد طبیعی بعد از آب دهی مجدد، محلول پاشی عنصر روی می‌تواند در مقاومت به خشکی گیاه مؤثر بوده و ایفای نقش کند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی استفاده از سالیسیلیک اسید باعث بهبود عملکرد دانه تک بوته و اجزا عملکرد گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی شد. بر طبق نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر میزان عملکرد دانه تک بوته در سطح تنش خشکی با ۱۰ درصد (FC) تخلیه رطوبتی نداشت. بالاترین میزان عملکرد دانه تک بوته در سطح تنش خشکی با ۳۰ و ۶۰ درصد (FC)

تخلیه رطوبتی با محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار حاصل گردید که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. در تمام سطوح تنش خشکی بالاترین میزان وزن هزار دانه به‌دست‌آمده به محلول پاشی سولفات روی تعلق داشت و بالاترین تعداد طبق بارور در سطح ۱۰ و ۶۰ درصد تنش خشکی مربوط به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت یک میلی‌مولار بود. بالاترین تعداد دانه در طبق در سطح تنش خشکی ۱۰ و ۳۰ درصد به محلول پاشی سولفات روی تعلق داشت، بالاترین تعداد دانه در طبق در سطح تنش خشکی ۶۰ درصد مربوط به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بود. با افزایش تنش خشکی ارتفاع گیاه روند نزولی داشت که بالاترین میزان آن در شرایط تنش خشکی با ۱۰٪ تخلیه رطوبتی داشت.

منابع

- پاسیان اسلام، ب. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۲): ۲۸۳-۲۷۵.
- دهقان کوهستانی، ر. ۱۳۹۱. بررسی تنوع ژنتیکی خصوصیات زراعی در ژنوتیپ‌های داخلی و خارجی گلرنگ زراعی (۰)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- شیخ‌بگلو، ن.، حسن‌زاده قورت تپه، ع.، باغستانی میبیدی، م.ع. و زند، ب. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر محلول پاشی عنصر روی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش آب. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۲(۲): ۷۳-۵۹.
- شیراوند، ر. ۱۳۹۱. بررسی تنوع ژنتیکی بین و درون برخی گونه‌های *Carthamus* و امکان تلاقی پذیری دو خویشاوند وحشی با گلرنگ زراعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- قربانلی، م. و نیاکان، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. نشریه علوم دانشگاه تربیت‌معلم، ۵(۱ و ۲): ۵۵۰-۵۳۷.
- کوچکی، ع.، راشد محصل، م.، نصیری، م. و صدرآبادی، ر. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۰۴ صفحه.
- نیاکان، م.، جهان‌بانی، آ. و قربانلی، م. ۱۳۸۹. اثر محلول پاشی غلظت‌های مختلف سالیسیلات بر پارامترهای رشد، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، آنتوسیانین، فلاونوئید و قندهای محلول گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی، ۵(۲): ۱۸-۱۰.
- Bassil, E.S., and Kaffka, S.R. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. II. Crop response to salinity. Journal of Agricultural Water Management, 54(1): 81-92.
- Bybord, A., and Mamedov, G. 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae of Scientia Biologicae, 2(1): 94-103.

- Bezrukova, M.V., Sakhabutdinova, R., Fatkhutdinova, R.A., Kyldiarova, I., and Shakirova, F. 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. *Agrochemiya (Russ)*, 2: 51-54.
- Bohnert, H.J., Nelson, D.E., and Jensen, R.G. 1995. Adaptation to environmental stresses. *The Plant Cell*, 7: 1099-1111.
- Chatterjee, C., and Khurana, N. 2007. Zinc stress-induced changes in biochemical. Parameters and oil content of mustard. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38: 751-761.
- Gharib, F.A. 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4: 485-492.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F., and Guzelordu, T. 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51: 687-695.
- Gutierrez-Coronado, M.A., Trejo-Lopez, C., and Larque-Saavedra, A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36(8): 563-565.
- Heitholt, J.J., Sloan, J.J., and Mackown, C.T. 2002. Copper, manganese, and zinc fertilization effects on growth of soybean on a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 25: 1727-1740.
- Horvath, E., Szalai, G., and Janda, T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26: 290-300.
- Jamson, M., Galeshi, S., Pahlavani, M.H., and Zeinali, E. 2009. Evaluation of zinc foliar application on yield components, seed yield and seed quality of two soybean cultivar in summer cultivation. *Journal of Plant Production*, 16(1): 17-28.
- Korkmaz, A., Uzunlu, M., and Demirkiran, A.R. 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologiae plantarum*, 29: 503-508.
- Lewis, D.C., and McFarlane, J.D. 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. *Crop and Pasture Science*, 37: 567-572.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic Press, 890 p.
- Mendoza, A.B., Godina, F.R., Torres, V.R., Rodriguez, H.R., and Maiti, R.K. 2002. Chilli seed treatment with salicylic and sulfosalicylic acid modifies seedling epidermal anatomy and cold stress tolerance. *Crop Research-Hisar*, 24: 19-25.
- Mirzapour, M.H., and Khoshgoftar, A.H. 2006. Zinc application effects on yield and seed oil content of sunflower grown on a saline calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 29(10): 1719-1727.
- Raskin, I. 1992. Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*, 99: 799-803.
- Rehem, G.W., Fendter, W.E., and Overdahi, C.J. 1998. Boron for Minnesota soils. University of Minnesota Extension Service [Online]. Available <http://www.Extension.Umn. Edv>
- Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., and Fatkhutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164(3): 317-322.
- Zwart, S.J., and Bastiaanssen, W.G. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69: 115-133.

Effect of zinc sulfate and salicylic acid foliar application on morphological characteristics and yield of safflower under drought stress

Moslem Alizadeh¹, Hamidreza Balouchi^{2*}, Mohsen Movahhedi dehnavi²

¹MSc, student of Department of Agronomy, Yasouj University, Yasouj, Iran

²Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran

*Corresponding author, E-mail address: balouchi@yu.ac.ir

(Received: 2014.11.15 - Accepted: 2015.03.14)

Abstract

In order to evaluate the foliar application of zinc sulfate and salicylic acid effects on morphology and yield of safflower *Carthamus tinctorius* L. (cv. sofeh) under drought stress in Yasouj, a factorial experiment based on a randomized complete block design with four replications was conducted Yasouj University in 2012. The factors consist of three levels of drought stress, watering at 3 levels of consumption 10%, 30% and 60% of available water, respectively, as the levels of stress, mild stress and severe stress and foliar application in 5 levels, including control, salicylic acid (0.5, 1 and 1.5 Mm) and zinc sulfate (3 g l⁻¹), respectively. The results showed that drought and foliar application interaction for number of heads, the number of fertile seeds per head, seed weight and yield were significant and other traits were non-significant. Drought stress reduced, but foliar application of zinc and salicylic acid increased the grain yield. The highest grain yield per plant at 30% and 60% moisture content were achieved by 0.5 Mm salicylic acid foliar applications. The highest grain yield in plant at 10% (FC) water availability was shown by zinc sulfate the foliar application. At all drought stress levels, the highest grain weight obtained by zinc sulfate foliar application and the highest fertile head number in 10 and 60 percent of water availability related the foliar applied concentration of 1Mm salicylic acid. The highest number of grains per head in 60% water availability belonged to 1.5Mm salicylic acid foliar applications.

Keywords: Drought stress, Foliar application, Safflower, Salicylic acid, Zinc sulfate