

اثر محلول‌پاشی سولفات روی و سالیسیلیک‌اسید بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد گلنگ تحت تنفس خشکی

مسلم علیزاده^۱، حمیدرضا بلوجی^{۲*}، محسن موحدی‌دهنوی^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 محلول‌پاشی سولفات روی و سالیسیلیک‌اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گلنگ رقم صفه تحت تنفس خشکی، در منطقه یاسوج، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دانشگاه یاسوج، در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عوامل مورد آزمایش شامل تنفس خشکی در سه سطح آبیاری پس از مصرف ۱۰٪، ۳۰٪ و ۶۰٪ رطوبت قابل دسترس، به ترتیب به عنوان سطوح بدون تنفس، تنفس ملایم و تنفس شدید و محلول‌پاشی در ۵ سطح، شامل شاهد، سالیسیلیک‌اسید ۰/۵٪ و ۱/۵٪ میلی‌مولا (۳ گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد که برهم‌کنش تنفس خشکی و محلول‌پاشی برای صفات تعداد طبق، تعداد طبق بارور، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد معنی‌دار و برای سایر صفات اندازه‌گیری شده غیر معنی‌دار بودند. عملکرد دانه گیاه در گیاهان تحت تنفس کاهش یافت؛ اما با محلول‌پاشی سولفات روی و سالیسیلیک‌اسید افزایش نشان داد. بالاترین میزان عملکرد دانه در ۳۰٪ و ۶۰٪ تخلیه رطوبتی به محلول‌پاشی با ۰/۵٪ میلی‌مولا سالیسیلیک‌اسید بود. بالاترین میزان عملکرد دانه تک بوته در سطح تنفس خشکی با ۱۰ درصد با محلول‌پاشی سولفات روی به دست آمد. در تمام سطوح تنفس خشکی بالاترین میزان وزن هزار دانه به دست آمده به محلول‌پاشی سولفات روی تعلق داشت و بالاترین تعداد طبق بارور در سطح ۱۰ و ۶۰ درصد تنفس خشکی مربوط به محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱ میلی‌مولا بود. بالاترین تعداد دانه در طبق در سطح تنفس خشکی ۶۰ درصد مربوط به محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولا بود.

کلیدواژه‌ها: تنفس خشکی، سولفات روی، سالیسیلیک‌اسید، گلنگ، محلول‌پاشی

مقدمه

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

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

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

تنفس یا کمبود آب سبب کاهش حجم آب در گیاه، فشار تورئوسانس 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

شدن تنفس، توقف در فتوستز، تجزیه متabolیسمی و درنهایت مرگ صورت می‌گیرد (بونرت^۳ و همکاران، ۱۹۹۵). تنفس خشکی در گیاهان تغییرات ساختاری و مورفو‌لوجیکی 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، تعدیه و رفع کمبود مواد غذایی و استفاده از مواد شیمیایی مانند سالیسیلیک اسید، جامونیک اسید و غیره آسان‌تر و ارزان‌تر است.

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

سالیسیلیک اسید نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنفس‌های محیطی بر عهده دارد (راسکین^۵، ۱۹۹۲). سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری گیاه‌چهه‌های 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 میلی‌مولار به صورت خیساندن بذری و اسپری برگی بر روی دانه‌های خربزه اثرات تنفس خشکی را در این گیاه کاهش می‌دهد.

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

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 سالیسیلیک اسید باعث مقاومت و مدیریت بهتر گیاه در برابر تنش‌ها بهخصوص تنش خشکی می‌شود. ازین‌رو در این تحقیق انتظار می‌رود که استفاده از سولفات روی و سالیسیلیک اسید و محلول پاشی آن‌ها قبل از اعمال تنش، باعث آمادگی بهتر گیاه جهت مقابله و روپوشدن 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 محلول پاشی سولفات روی و سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد گلنگ (رقم صفحه) 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، محلول پاشی در ۵ سطح، شامل شاهد، سالیسیلیک اسید در ۳ مقدار ($۰/۱$ ، $۱/۵$ میلی‌مولا) 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 سوبر فسفات (معادل ۳۲ کیلوگرم در هکتار) به صورت مخلوط با خاک گلدان و کود اوره به صورت سرک دومربه، هر بار ۱ گرم (معادل ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار)، یکبار به هنگام جوانه‌زنی و بار دیگر در مرحله ۴ برگی به کاربرده شد. پس از انتخاب بذور همگن از گلنگ رقم صفحه، با قارچ‌کش کاربوکسیل ضدغفعونی شد. گلدان‌ها با قطر ۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر، با ۱۰ کیلوگرم از مخلوط تهیه شده پر گردید. جهت ایجاد زه‌کشی مناسب در گلدان‌ها، ۳ سوراخ به قطر $۰/۵$ سانتی‌متر در ته گلدان‌ها تعییه شد. درون هر گلدان تعداد ۴ عدد بذر گلنگ در عمق ۳ سانتی‌متر قرار گرفت. بعد از سبز شدن به ۲ بوته در هر گلدان تنک

(شکیروا و همکاران، ۲۰۰۳) و سویا (گویتریز-کورنادو^۱ و همکاران، ۱۹۹۸) گزارش شده است. سالیسیلیک اسید همچنین مانند یک محافظه در برابر تنش عمل می‌کند. گویتریز-کورنادو و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که محلول‌های سالیسیلیک اسید به صورت محلول پاشی روی ساقه‌های سویا به طور معنی‌داری رشد ساقه‌ها و ریشه‌ها را در شرایط گلخانه و مزرعه افزایش داده است. سالیسیلیک اسید سبب افزایش تحمل به شوری در گیاه‌چه‌های گندم (شاکیروا و همکاران، ۲۰۰۳) و مقاومت به کمبود آب می‌گردد (بزور کاوا 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 می‌باشد. روی در گردهافشانی و لقاد نش مهمی داشته و برای تولید اکسین جهت رشد سلولی موردنیاز است. همچنین روی در افزایش طول لوله گرده و زنده ماندن تخمه 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 تریپتوфан که پیش ماده سنتز اکسین است نقش دارد (مارشner^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 محلول پاشی ضروری است (مارشner، ۱۹۹۵). با توجه به نیاز کشور به روغن‌های نباتی و کمبود آب آبیاری، تحقیقات در زمینه مراحل حساس نموی 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 ۳۸ تا ۲۵ درجه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و عملکرد گیاهان زراعی در این مناطق به علت کمبود نزوالت جوی

¹ Gutierrez-Coronado

² Marschner

علیزاده و همکاران: اثر محلول‌پاشی سولفات روی و سالیسیلیک‌اسید بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی...

یک بوته به طور تصادفی در مرحله گلدهی انتخاب و مورداندازه‌گیری قرار گرفتند. به هنگام برداشت، عملکرد دانه بوتهای درون گلدان، پس از جداسازی کاه و کلش و توزین دانه‌ها به وسیله ترازویی با دقت ۱۰/۰۰۱ و بحسب گرم، محاسبه گردید.

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی با آزمون حداقل میانگین مربعات (LSD) در سطح ۵٪ 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، محلول‌پاشی) 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 سالیسیلیک‌اسید و سولفات روی به صورت محلول‌پاشی شروع و سپس ۱۰ روز بعد تکرار شد. لازم به ذکر است که اعمال تنش خشکی بلافاصله پس از محلول‌پاشی نوبت اول اعمال گردید. به این منظور پس از تعیین درصد ظرفیت مزرعه‌ای (FC) هر گلدان، آبیاری در سه سطح پس از مصرف ۱۰٪، ۳۰٪ و ۶۰٪ رطوبت قابل استفاده، به ترتیب به عنوان 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 گلنگ تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی

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
محلول‌پاشی	۴	۴۷/۸۹ ns	۱۷۱/۷۳ *	۷۵/۲۷ **
تنش خشکی×محلول‌پاشی	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

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

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

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که با افزایش سطوح فاکتور محلول‌پاشی میزان ارتفاع گیاه کاهش نامنظم داشت به طوری که بیشترین میزان ارتفاع مربوط به محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید ۰/۵

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

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

تنش خشکی و محلولپاشی بر سطح برگ غیر معنی‌دار ولی اثر محلولپاشی بر آن در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) برای اثر محلولپاشی بر میانگین سطح برگ نشان داد که محلولپاشی سالیسیلیکاًسید و سولفات روی باعث کاهش سطح برگ نسبت به شاهد گردید. بیشترین میزان سطح برگ متعلق به شاهد با میانگین ۱۵/۴۱ سانتی‌متر مربع که با سالیسیلیکاًسید ۱/۵ میلی‌مولاًر اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین آن مربوط به محلولپاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر با میانگین ۹/۲۲ سانتی‌متر مربع بود؛ که از لحاظ آماری این دو سطح دارای تفاوت معنی‌دار بودند.

میلی‌مولاًر، ۷۲/۸۳ (سانتی‌متر) و کمترین آن به محلولپاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر، (۶۴/۰۸ سانتی‌متر) تعلق داشت. میزان ارتفاع گیاه در سطح محلولپاشی سالیسیلیکاًسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولاًر و محلولپاشی 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 سالیسیلیکاًسید موجب کاهش ارتفاع بوته در غلظت ۱ و ۱/۵ میلی‌مولاًر در مقایسه با شاهد و غلظت ۵/۰ میلی‌مولاًر سالیسیلیکاًسید شد که نشان از این است که غلظت‌های مختلف سالیسیلیکاًسید تأثیر متفاوتی بر روی صفت ارتفاع بوته می‌گذارد که با نظر قربانی و نیakan (۱۳۸۴) مطابقت دارد.

میانگین سطح تک‌برگ: 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 گلنگ

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

حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محلولپاشی برای برخی از صفات مورفولوژیک گلنگ

سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	سطوح محلولپاشی
۱۵/۴۱a	۷۱/۱۷ab	شاهد
۱۰/۵۸c	۷۲/۸۳a	۰/۵ میلی‌مولاًر سالیسیلیکاًسید
۱۲/۱۴bc	۷۱/۱۷ab	۱ میلی‌مولاًر سالیسیلیکاًسید
۱۴/۰۲ab	۶۶/۰۰bc	۱/۵ میلی‌مولاًر سالیسیلیکاًسید
۹/۲۲c	۶۴/۰۸c	۳ گرم در لیتر سولفات روی

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

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 محلولپاشی سولفات روی قرار نگرفت به نظر می‌رسد که نقش عمدۀ سولفات روی بر روی صفات کیفی می‌باشد و بر میزان ارتفاع بوته و سطح برگ تأثیر مشبّتی نداشته است. نتایج آزمایش‌های مختلف نیز نشان

^۱ Heitholt

علیزاده و همکاران: اثر محلولپاشی سولفات روی و سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های ریختشناسی...

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

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۶)، با افزایش میزان محلولپاشی 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 محلولپاشی 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) محلولپاشی برای صفت تعداد طبق و تعداد طبق بارور نشان داد که بین سطوح محلولپاشی در هر سطح از تنش خشکی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین میزان تعداد طبق بارور متعلق به محلولپاشی شاهد (آب مقطر) با میزان ۳/۴۲ بود و کمترین میزان تعداد طبق متعلق به محلولپاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر با میزان ۱/۶۷ بود؛ که این نتایج نشان‌دهنده این است که با افزایش میزان محلولپاشی 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٪ 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 گلنگ تحت تأثیر تنش خشکی و محلولپاشی

منابع تغییرات	آزادی در گیاه	تعداد طبق در گیاه بارور	تعداد طبق	وزن هزار دانه در طبق	تعداد دانه در طبق	عملکرد 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	۰/۰۰۳۲ ns
محلولپاشی	۴	۱۱/۹۴ **	۶/۶۹ **	۱۰۷/۶۸ ns	۳۱۱/۸۷ **	۱/۷۳ ns
تنش خشکی × محلولپاشی	۸	۶/۳۷ *	۱/۵۳ *	۲۱۱/۹۳ *	۸۰/۶۴ **	۲/۴۹ **
خطا	۴۲	۲/۹۱	۰/۵۷	۸۳/۳۸	۱۸/۹۶	۰/۷۷

ns 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 محلولپاشی برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد در سطوح مختلف تنش خشکی

سطح تنش خشکی	درجه آزادی	تعداد طبق در گیاه	تعداد طبق بارور در گیاه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه	نام
٪.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	

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

مزرعه‌ای که روی تأثیر تنش خشکی بر گیاه گلزنگ انجام دادند، نشان دادند که تنش خشکی بر هر دو صفت تأثیر معنی دار و منفی داشت (دهقان کوهستانی؛ ۱۳۹۱؛ شیرازوند، ۱۳۹۱)، با توجه به جدول ۴، محلولپاشی 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 محلولپاشی 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 محلولپاشی در سطوح مختلف 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 اندازه‌گیری می‌شد و به گلدان‌های تحت تنش خشکی داده می‌شد، هدرروی کمتری نسبت به آزمایش‌های مزرعه‌ای داشته است و آب در گلدان در مجاورت ریشه گیاه می‌ماند.

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

تعداد طبق بارور: بر اساس جدول مقایسه میانگین سطوح مختلف محلولپاشی در هر سطح تنش خشکی (جدول ۶)، در تنش خشکی با ۱۰٪ تخلیه رطوبتی بالاترین تعداد طبق بارور با میزان ۳/۵ متعلق به محلولپاشی شاهد و کمترین تعداد طبق بارور با میزان ۲ متعلق به محلولپاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مolar و محلولپاشی 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 محلولپاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مolar بود که با محلولپاشی شاهد اختلاف معنی داری نداشت و کمترین تعداد طبق بارور با میزان ۱/۷۵ متعلق به محلولپاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر و محلولپاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱ و ۱/۵ میلی‌مolar بود. در تنش خشکی با ۶۰٪ تخلیه رطوبتی بالاترین تعداد طبق بارور با میزان ۳ متعلق به محلولپاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مolar بود که با محلولپاشی شاهد اختلاف معنی داری نداشت و کمترین تعداد طبق بارور با میزان ۱/۷۵ متعلق به محلولپاشی سولفات روی با غلظت سه گرم در لیتر بود. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۶)، با افزایش میزان محلولپاشی در نمونه‌های آزمایشی تعداد طبق بارور رو به کاهش بوده است که با نتایج نیاکان و همکاران (۱۳۸۹) بر گیاه گشنيز 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 آزمایش‌های

علیزاده و همکاران: اثر محلول‌پاشی سولفات روی و سالیسیلیک‌اسید بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی...

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی برای برخی از صفات اجزای عملکرد گلنگ

سطح تنش خشکی	سطوح محلول‌پاشی	تعداد طبق در گیاه	تعداد طبق در گیاه	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه تک بوته (گرم)
شاهد		۳/۵a	۵/۲۵a	۲۶/۰۰a	۲۶/۲۵b	۲/۴۰a
۰/۵ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۲b	۲/۵۰b	۲۶/۷۵a	۲۶/۵۰b	۱/۵۰a
۱ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۳ab	۵/۵۰a	۲۲/۵۰a	۲۰/۷۵c	۱/۴۲a
۰/۵ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۲b	۲/۷۵b	۲۵/۰۰a	۳۵/۵۰a	۱/۷۷a
سولغات روی سه گرم در لیتر		۲b	۳/۰۰b	۳۵/۵۰a	۳۶/۰۰a	۲/۵۷a
شاهد		۳/۵a	۵/۷۵ab	۲۸/۵۰a	۲۲/۷۵b	۲/۱۷ab
۰/۵ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۴a	۶/۵۰a	۲۷/۷۵a	۲۸/۵۰b	۲/۱۵a
۱ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۱/۷۵b	۴/۵۰ab	۱۹/۵۰a	۲۱/۷۵b	۰/۷۲c
۰/۵ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۱/۷۵b	۴/۷۵ab	۲۵/۷۵a	۲۳/۰۰b	۱/۰۷bc
سولغات روی سه گرم در لیتر		۱/۷۵b	۲/۷۵b	۳۴/۵۰a	۴۰/۷۵a	۲/۶a
شاهد		۳/۲۵a	۳/۰۰ab	۲۹/۷۵ab	۲۰/۷۵a	۱/۹۷a
۰/۵ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۳a	۵/۲۵ab	۳۱/۰۰ab	۲۶/۲۵a	۲/۵a
۱ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۲/۵ab	۵/۷۵a	۳۲/۵۰ab	۲۶/۷۵a	۲/۲a
۰/۵ سالیسیلیک‌اسید (mM)		۱/۷۵bc	۳/۰۰ab	۴۷/۲۵a	۲۸/۵۰a	۲/۱۷۵a
سولغات روی سه گرم در لیتر		۱/۲۵c	۲/۷۵b	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 محلول‌پاشی می‌باشد.

با کاربرد سولفات روی اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین آن در همین سطح از تنش با ۱ میلی‌مolar سالیسیلیک‌اسید با میزان ۰/۷۲ گرم تعلق دارد. غریب^۲ (۲۰۰۶) در گیاهان ریحان و مرزنگوش و مندوza^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 آسیمیلات فتوسنتر به دانه‌ها در طول پر شدن دانه‌ها باشد که درنتیجه باعث افزایش وزن دانه‌ها می‌شود (گونز^۴ و همکاران، ۲۰۰۵). بایبوردی و مدهوف^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 درنهایت 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 گلنگ (لوییس و مک فارلان^۷، ۱۹۸۶)، سویا (هیتولت و همکاران، ۲۰۰۲)، آفتتابگردان (میرزاپور و خوشگفتار^۸، ۲۰۰۶) و خردل (چاترجی 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 بلا، درصد پروتئین و روغن دانه گردید.

با محلول‌پاشی عنصر روی که نقش مهمی در کاتالیزوری فرآیندهای متabolیسمی 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 رطبی 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 میلی‌مolar با میزان ۲۱/۷۵ گرم بود. در تنش خشکی با تخلیه رطبی ۶۰٪ بالاترین تعداد دانه در طبق متعلق به محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مolar 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 فتوسنتر و متabolیسم گیاهی موجب افزایش مواد ذخیره‌شده و کاهش محدودیت منبع شده که موجب سازیزیر 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 تنعداد 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 مقابله 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 گلنگ دارد. برش دهی جدول ۵ نشان داد که اثر محلول‌پاشی در سطوح تنش خشکی در دو سطح تنش خشکی با ۱۰٪ و ۶۰٪ تخلیه رطبی بر عملکرد دانه غیر معنی‌دار و برای تنش خشکی با ۳۰٪ تخلیه رطبی 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 رطبی) با محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مolar سالیسیلیک‌اسید با میزان ۳/۱۵ گرم بود که

^۱ Rehem

² Gharib

³ Mendoza

⁴ Gunes

⁵ Bybordi

⁶ Jamson

⁷ Lewis and McFarlane

⁸ Mirzapour and Khoshgoftar

⁹ Chatterjee and Khurana

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 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 یک میلی‌مولار بود. بالاترین تعداد دانه در طبق در سطوح تنش خشکی ۱۰ و ۳۰ درصد به محلول پاشی سولفات روی تعلق داشت، بالاترین تعداد دانه در طبق در سطوح تنش خشکی ۶۰ درصد مربوط به محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بود. با افزایش تنش خشکی ارتقای گیاه روند نزولی داشت که بالاترین میزان آن در شرایط تنش خشکی با ۱۰٪ تخلیه رطوبتی داشت.

می‌دهد و درنهایت عملکرد قابل قبول‌تری 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 گلنگ در شرایط تنش رطوبتی شد. بر طبق نتایج به دست آمده از این پژوهش، محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر میزان عملکرد دانه تک بوته در سطوح تنش خشکی با ۱۰ درصد (FC) تخلیه رطوبتی نداشت. بالاترین میزان عملکرد دانه تک بوته در سطوح تنش خشکی با ۳۰ و ۶۰ درصد (FC)

منابع

- پاسبان اسلام، ب. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنتیک‌های پاییزه گلنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۲): ۲۷۵-۲۸۳.
- دهقان کوهستانی، ر. ۱۳۹۱. بررسی تنوع ژنتیکی خصوصیات زراعی در ژنتیک‌های داخلی و خارجی گلنگ زراعی (۱)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- شیخ‌بگلو، ن.، حسن‌زاده قورت تپه، ع.، باختنی میبدی، 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، ۷۳-۵۹: ۷۳-۲(۲).
- شیراوند، ر. ۱۳۹۱. بررسی تنوع ژنتیکی بین و درون برخی گونه‌های *Carthamus* و امکان تلاقي پذیری دو خویشاوند وحشی با گلنگ زراعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- قربانی، 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، ۱۵ و ۲(۱): 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 قربانی، م. ۱۳۸۹. اثر محلول پاشی غلظت‌های مختلف سالیسیلات بر پارامترهای رشد، میزان رنگیزه‌های فتوسنتری، آنتوسیانین، فلاونوئید و قندهای محلول گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum L.*). فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی، ۲۵(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.
- Bybordi, 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 Overdahl, 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

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

²*Associate 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*