

اثر اسید سالیسیلیک و تیواوره بر رشد، عملکرد و ویژگی های فیزیولوژیک گلرنگ در شرایط تنش خشکی

Effect of Salicylic Acid and Thiourea on Growth, Yield and Some of Physiological Characteristics of Safflower under Drought Stress

حجت الله رحمانی سربنانی^۱، بتول مهدوی^{۲*}، آرمان آذری^۳ و محمد صفائی طرقله^۴

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۰
(مقاله پژوهشی)

چکیده

به منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک و تیواوره بر عملکرد و ویژگی های مورفوفیزیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح (۸۰ بدون تنش)، ۱۱۰ و ۱۴۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر، فاکتور فرعی شامل سه سطح تیواوره (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام) و دو سطح اسید سالیسیلیک (صفر و یک میلی مولار) بودند. بیش ترین ارتفاع بوته (۷۱/۳۸ سانتی متر)، تعداد دانه در طبق (۳۲/۳۷)، وزن هزاردانه (۲۲/۳۸ گرم) و درصد روغن (۲۲/۵۴ درصد) در شرایط بدون تنش به دست آمد. مصرف ۱۰۰۰ پی پی ام تیواوره سبب افزایش ۱۷/۹۱ درصدی تعداد دانه در طبق، ۱۲ درصدی وزن هزاردانه و ۱۴/۰۳ درصدی درصد روغن نسبت به عدم مصرف تیواوره شد. هم چنین اسید سالیسیلیک یک میلی مولار سبب افزایش ۶/۰۵ درصدی درصد روغن نسبت به عدم مصرف اسید سالیسیلیک گردید. بیش ترین سطح برگ (۲۵۹۹ میلی متر مربع) و عملکرد بیولوژیکی (۸۶۵۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط بدون تنش و مصرف ۱۰۰۰ پی پی ام تیواوره و یک میلی مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد. در شرایط بدون تنش و تنش ۱۴۰ میلی متر تبخیر، مصرف تیواوره اختلاف معنی داری از نظر عملکرد دانه با عدم مصرف تیواوره نداشت و در سطح تنش ۱۱۰ میلی متر تبخیر، مصرف تیواوره سبب افزایش عملکرد دانه شد. در شرایط بدون تنش و تنش ۱۴۰ میلی متر تبخیر، محلول پاشی با ۱۰۰۰ پی پی ام تیواوره سبب افزایش کلروفیل a نسبت به عدم محلول پاشی تیواوره شد. در سطح تنش ۱۴۰ میلی متر تبخیر، مصرف تیواوره سبب کاهش محتوای کربوهیدرات کل نسبت به عدم مصرف تیواوره گردید.

واژه های کلیدی: درصد روغن، رنگیزه های فتوسنتزی، عملکرد دانه، کربوهیدرات کل

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانش آموخته گان کارشناسی ارشد و استادیاران، گروه ژنتیک و تولید گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

* نویسنده مسئول Email: b.mahdavi@vru.ac.ir

این مقاله مستخرج از پایانه نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول مقاله به راهنمایی مشترک بتول مهدوی و آرمان آذری می باشد

گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. یکی از گیاهان زراعی بومی کشور ایران است که کشت و کار آن در ایران قدمتی دیرینه دارد. خصوصیات مطلوب و خاص این گیاه نظیر خواص طبی، غذایی، کیفیت بالای روغن دانه به جهت وجود بیش از ۸۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع، نیاز رطوبتی کم و مقاومت بالا به شوری و خشکی از جمله مواردی است که گلرنگ را به عنوان یک گیاه روغنی با ارزش مطرح نموده است (خلیلزاده گوگانی و همکاران، ۱۳۸۶).

آب یکی از عوامل محدودکننده مهم برای تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (خانا چپرا و سلت^۱، ۲۰۰۷) و یکی از شایع ترین تنش های غیرزنده تنش خشکی است که به خاطر محدودیت های که برای گیاهان زراعی ایجاد می کند مهم می باشد (سوزا^۲ و همکاران، ۲۰۰۳). کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پرکردن دانه و کاهش طول دوره پرشدن دانه ها از مهم ترین اثرات تنش خشکی بر گیاهان است (ردی^۳ و همکاران، ۲۰۰۴).

استفاده از مکانیزم هایی که به کاهش خسارت تنش خشکی منتهی گردد می تواند مفید باشد. یکی از این روش ها کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک است. اسید سالیسیلیک یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید با فرمول شیمیایی $C_7H_6O_3$ یک ترکیب فنولی ساده با خواص گوناگون می باشد این ماده دارای یک حلقه ی آروماتیک به همراه گروه های هیدروکسیل و کربوکسیل در ساختمان خود می باشد که این گروه ها مانند سایر ترکیبات فنلی تعیین کننده خواص آن هستند (راسکین^۴، ۱۹۹۲). اسید سالیسیلیک گیاهان را در برابر تنش های غیرزیستی از طریق کاهش تغییرات سطح هورمون های گیاهی (ممانعت از کاهش هورمون اکسین و افزایش اسید آبسزیک) و افزایش پرولین محافظت می کند (ساختدینوا^۵، ۲۰۰۳). گزارش شده است که مصرف خارجی اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان را بهبود می بخشد (حسین^۶ و همکاران، ۲۰۰۸).

هم چنین محلول پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی شاخص سطح برگ و رشد گیاه ذرت را افزایش داد (عبدالوحد^۷، ۲۰۰۶). شارما^۸ و همکاران (۲۰۱۷)

گزارش کردند که اسید سالیسیلیک سبب بهبود رشد و عملکرد دو رقم گندم گردید. خان^۹ و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که اثرات مثبت اسید سالیسیلیک روی رشد گیاهان در شرایط تنش ممکن است به علت نقش آن در جذب عناصر، روابط آب، تنظیم روزنه ای، فتوسنتز و رشد باشد. استفاده از تیواوره نیز یکی دیگر از راه های کاهش خسارت تنش خشکی است. هم چنین گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی سبب افزایش کلروفیل و کربوهیدرات ها در برگ های آفتابگردان شده است (خان^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۸).

تیواوره که تیوکاربامید نیز نامیده می شود، یک ترکیب آلی است که شبیه اوره اما حاوی گوگرد به جای اکسیژن است؛ فرمول مولکول تیواوره $CS(NH_2)_2$ است، در حالی که فرمول مولکول اوره $CO(NH_2)_2$ است، می توان آن را با ترکیبات شیمیایی مشابه ترکیب نمود و آمونیاک حرارتی با فرمول مولکولی جدید مثل (NH_4SCN) ایجاد نمود، که به خاطر نقش در بهبود عملکرد و کاهش تنش خشکی در نواحی خشک و نیمه خشک شناخته شده است (ساهو^{۱۱} و همکاران، ۱۹۹۳). در همین ارتباط، گزارش شده است که استفاده از تیواوره در شرایط تنش خشکی سبب افزایش سطح برگ و عملکرد بیولوژیکی در ارزن (شارما^{۱۲}، ۱۹۹۸) و ذرت (ساهو و همکاران، ۱۹۹۳) شده است. گزارش شده است که عملکرد بهتر در سطوح مختلف آبیاری ممکن است به دلیل نقش کلیدی تیواوره در توسعه ریشه و کاهش مقاومت مکانیکی خاک، تعرق بالاتر برگ، جذب مواد غذایی بیش تر، و فتوسنتز بیش تر به علت فعالیت متابولیک بهتر در گیاه باشد (بونیا^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۹). کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است. میانگین بارندگی آن در حد یک سوم میانگین جهانی می باشد و پیوسته دچار تنش خشکی است. بنابراین باید در صدد کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی بود و به چاره اندیشی پرداخت. با چنین نگرشی، ارزیابی امکان استفاده از اسید سالیسیلیک و تیواوره به عنوان مواد طبیعی کاهش دهنده ی تنش خشکی حائز اهمیت می باشد. هدف این تحقیق بررسی اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و تیواوره بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی های مرفوفیزیولوژیک گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی می باشد و این که آیا محلول پاشی اسید سالیسیلیک و تیواوره باعث بهبود اثرات تنش خشکی می شود.

8. Sharma
9. Khan
10. Khan
11. Sahu
12. Sharma
13. Bhunia

1. Khanna Chopra and Selote
2. Souza
3. Reddy
4. Raskin
5. Sakhabutdinova
6. Hussain
7. Wahed

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی، اسید سالیسیلیک و تیواوره بر گلرنگ رقم گلدشت در پائیز سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر رفسنجان (عج) با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاکتور و ۳ تکرار به اجرا در آمد. فاکتور اصلی شامل سه سطح تنش خشکی (۸۰ (بدون تنش، ۱۱۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) بود و فاکتور فرعی شامل سه سطح تیواوره (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام) و دو سطح اسید سالیسیلیک (صفر و یک میلی‌مولار) بود. اسید سالیسیلیک و تیواوره مورد استفاده تولید شرکت مرک (آلمان) بود

هر کرت اصلی آزمایشی دارای ابعاد ۳×۶ متر با فاصله ۲ متر و دارای ۶ ردیف کاشت به طول ۳ متر بود. مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ آمده است. بعد از یک آبیاری سبک بذرها در تاریخ چهاردهم اسفندماه ۱۳۹۳ کشت شدند. بعد از سبز شدن گیاه آبیاری در همه کرت‌های آزمایش مورد نظر تا بعد از مرحله تنک کردن و استقرار گیاه به صورت یکسان صورت گرفت.

زمان آبیاری (اعمال تیمارهای آبیاری) با استفاده از میزان تبخیر روزانه از تشتک تبخیر کلاس A مشخص شد. میزان آب مصرفی در هر مرحله آبیاری برای کرت اصلی، طبق رابطه (۱) محاسبه و استفاده شد (محلوجی و همکاران، ۱۳۷۹):

$$V_w = [(FC-SM). BD. D. A] \quad (1)$$

در رابطه (۱): V_w نشان‌دهنده حجم آب مصرفی در هر مرحله آبیاری (بر حسب لیتر)، FC درصد وزنی رطوبت در حد ظرفیت زراعی، SM درصد وزنی رطوبت در هنگام نمونه‌برداری، BD وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب)، D عمق مؤثر توسعه ریشه گیاه (متر) و A مساحت کرت اصلی (مترمربع) است. میزان آب لازم برای هر مرحله آبیاری در تیمارهای مختلف طوری تعیین شد تا عمق توسعه ریشه به حد ظرفیت زراعی برسد. عمق توسعه ریشه با نمونه‌برداری به طور تصادفی از کرت‌های اصلی تعیین شد. برای تعیین درصد وزنی رطوبت خاک و محاسبه میزان آب مورد نیاز، چند روز قبل از آبیاری و با نزدیک شدن مقدار تبخیر تشتک تبخیر به مقادیر تیماری مورد نظر، از سه قسمت مختلف هر کرت نمونه‌هایی تا عمق توسعه ریشه با آگر برداشت و بلافاصله وزن مرطوب آن توزین و به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. وزن مخصوص ظاهری خاک نیز با به کارگیری سیلندرهای نمونه‌برداری و تهیه نمونه دست نخورده و خشک

کردن آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت محاسبه شد. برای اعمال دقیق آب مورد استفاده از کنتور آب استفاده شد.

محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و تیواوره در دو مرحله ساقه رفتن و آغاز گل‌دهی با استفاده از سمپاش پستی انجام گرفت. به منظور بهبود جذب برگی، از تریتون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد استفاده شد.

نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری سطح برگ (با دستگاه سنجش سطح برگ^۱، مدل دستگاه CI-202WD3، ساخت کشور آمریکا) و صفات فیزیولوژیک ۲۴ ساعت بعد از آخرین محلول‌پاشی انجام گرفت. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک نمونه‌برداری‌ها از ۲ ردیف وسطی (با احتساب ۵۰ سانتی‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای هر ردیف) صورت گرفت و صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری روغن دانه از روش سوکسله^۲ (مدل SER148.6، ساخت کشور ایتالیا) استفاده شد. بدین منظور از هر نمونه ۴ گرم برداشته و نمونه‌ها تا حد متوسطی (نه پودری و نه درشت) آسیاب شدند. سپس وزن نمونه در ابتدای کار یادداشت شده و نمونه‌ها در داخل دستگاه سوکسله قرار گرفتند و ۲۵۰ سی‌سی ان-هگزان به آن‌ها اضافه شد تا ان-هگزان تخلیه شود. آن‌گاه دوباره ۱۲۵ سی‌سی ان-هگزان داخل سوکسله ریخته و بخاری روشن شد. پس از سه ساعت نمونه‌ها از سوکسله خارج شده و در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت سه ساعت قرار داده شدند. در پایان کار پاکت حاوی نمونه وزن شده و از وزن اولیه پاکت حاوی نمونه در ابتدای کار (قبلاً وزن شده بود) کم شد که اختلاف این دو برابر محتوای روغن بود. عملکرد روغن نیز از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن در مورد هر تیمار آزمایشی محاسبه شد.

میزان کاروتنوئید، کلروفیل a و b با استفاده از روش آرنون^۳ (1949) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین محتوای کربوهیدرات کل با استفاده از روش اریگوئن^۴ و همکاران (1992) اندازه‌گیری گردید.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

1. Leaf Area Measurment System Delta
2. Soucsole
3. Arnon
4. Irigoyen

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تنها اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته کاهش معنی‌داری یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۵۵/۷۸ سانتی‌متر) در سطح تنش ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین ارتفاع بوته (۷۱/۳۸ سانتی‌متر) در شرایط بدون تنش مشاهده شد (جدول ۳). تنش خشکی از طریق کاهش فشار تورژسانس سلولی و در نتیجه کاهش رشد و همچنین از طریق کاهش فتوسنتز و در نتیجه کمبود شیره پرورده موجب کوتاه شدن ارتفاع گیاه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (کافی و رستمی، ۱۳۸۶). در همین ارتباط مشاهده شد که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته و وزن تر اندام هوایی در دو رقم ریواس شد (موهد/یدریس^۱ و همکاران، ۲۰۱۰)، که ممکن است در ارتباط با توقف رشد سلولی به‌علت کاهش فشار تورژسانس سلولی و همچنین پیری زودتر برگ در اثر تنش خشکی باشد. کافی و رستمی (۱۳۸۶) گزارش کردند که کمبود آب، رشد گلرنگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش خشکی ارتفاع بوته گلرنگ کاهش یافت. به نظر می‌رسد در شرایط کمبود رطوبت به‌دلیل عدم فراهمی آب و مواد غذایی، فتوسنتز و مواد فتوسنتزی کاهش یافته، نهایتاً در رشد گیاه اختلال ایجاد شده و ارتفاع بوته کاهش می‌یابد.

اثرات اصلی عوامل آزمایشی و اثرات متقابل دوگانه بین تیواوره و تنش خشکی، تیواوره و اسید سالیسیلیک، تنش خشکی و اسید سالیسیلیک و اثر سه‌گانه عوامل آزمایشی بر سطح برگ معنی‌دار گردید (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی سطح برگ کاهش یافت. بیش‌ترین سطح برگ (۲۵۹۲ میلی‌مترمربع) در سطح تنش ۸۰ میلی‌متر تبخیر در گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره و اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار مشاهده شد و کم‌ترین سطح برگ (۵۱۷/۳۲ میلی‌مترمربع) مربوط به سطح تنش ۱۴۰ میلی‌متر و بدون مصرف تیواوره و اسید سالیسیلیک بود (شکل ۱). مردانی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که استفاده از اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش میزان سطح برگ در گیاه خیار نسبت به شاهد شد، که این اثر مثبت می‌تواند به سبب تأثیر اسید سالیسیلیک بر توانایی و حجم روزه‌ها باشد. محلول‌پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی شاخص سطح برگ و رشد گیاه ذرت را افزایش داد (عبدل/وحد^۲ و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین گزارش شده است که استفاده از تیواوره در کلزا سبب تولید سطح برگ

بیش‌تر و در نتیجه عملکرد بیش‌تر گیاه شد (سریو/ستاوا^۳ و همکاران، ۲۰۱۱).

اثر تنش خشکی و تیواوره بر تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش سطح تنش خشکی تعداد دانه در هر طبق و وزن هزاردانه کاهش یافت. بیش‌ترین تعداد دانه در هر طبق و وزن هزاردانه (به‌ترتیب ۳۲/۳۷ دانه و ۲۳/۳۸ گرم) در تیمار ۸۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن‌ها (به‌ترتیب ۲۷/۳۹ دانه و ۱۹/۶۴ گرم) در تنش ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد که نسبت به شرایط بدون تنش بترتیب کاهش ۱۵/۳۸ و ۱۵/۹۹ درصدی را نشان داد. (جدول ۳). محلول‌پاشی گیاهان با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره سبب افزایش تعداد دانه در هر طبق و وزن هزاردانه نسبت به گیاهان بدون محلول‌پاشی با تیواوره به‌ترتیب به میزان ۱۷/۹۱ و ۱۲ درصد گردید (جدول ۴). امیدي (۱۳۸۸) گزارش کرد که تنش خشکی سبب کاهش تعداد دانه در طبق در مرحله تکمه‌دهی و گل‌دهی سه رقم گلرنگ نسبت به شاهد می‌گردد. همچنین گزارش شده است که تنش خشکی موجب کاهش وزن هزاردانه در گلرنگ گردید (شاهرخ‌نیا و سپس‌خواه^۴، ۲۰۱۷). کوتروباس^۵ و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که کاهش جریان فرآورده‌های فتوسنتزی به تخمک‌های لقاح یافته در اواخر مرحله گل‌دهی ممکن است باعث سقط جنین دانه‌ها و افت تعداد دانه در طبق گردد. گزارش شده است که استفاده از تیواوره به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تولید چتر، تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه در چتر، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در گشنیز گردید، که به‌دلیل بهره‌وری فتوسنتزی گیاهان از کاربرد تیواوره می‌باشد (موتار^۶ و همکاران، ۲۰۰۶). اسندال^۷ و همکاران (۲۰۰۸) نیز کاهش وزن هزاردانه گلرنگ را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. کاهش وزن هزاردانه ممکن است به‌علت کاهش تعداد سلول‌های اندوسپرمی تولید شده در مرحله‌ی پرشدن دانه باشد. همچنین دلیل این امر را می‌توان به عدم نمو دانه پس از گرده‌افشانی و باروری دانست. سایر محققان بیان کردند نیز کاهش وزن هزاردانه در شرایط تنش خشکی به‌علت کوتاه شدن دوره پرشدن دانه و پیری زودرس می‌باشد (کار^۸ و همکاران، ۲۰۰۷؛ لولی^۹ و همکاران، ۲۰۰۷). تیواوره با بهبود فتوسنتز، مواد فتوسنتزی بیش‌تری تولید و با تسهیم این مواد

3. Srivastava

4. HosseinShahrokhnia and Sepaskhah

5. Koutroubas

6. Mathur

7. Esendal

8. Kar

9. Lovelli

1. Mohd Idrees

2. Abd El-Wahed

مصرف شده اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۳). فاضلی کاخکی (۱۳۹۲) با بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر گیاه خردل (*Brassica campestris* var. parkland) در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که اسید سالیسیلیک بر تمام صفات مورفوفیزیولوژیک، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه تأثیر گذاشته است.

اثرات اصلی عوامل آزمایشی، اثر متقابل بین تنش خشکی و تیواوره، تنش خشکی و اسید سالیسیلیک و اثرات سه گانه عوامل آزمایشی بر عملکرد بیولوژیک معنی دار شد (جدول ۲). در شرایط بدون تنش، بیشترین عملکرد بیولوژیک با مصرف ۱۰۰۰ پی پی ام تیواوره و اسید سالیسیلیک یک میلی مولار (۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. در سطح ۱۱۰ میلی متر تبخیر نیز مصرف ۱۰۰۰ پی پی ام تیواوره و یک میلی مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی نسبت به عدم مصرف تیواوره و اسید سالیسیلیک به میزان ۵۰/۹۳ درصد شد. در حالی که در سطح تنش ۱۴۰ میلی متر تبخیر تفاوت معنی داری بین مصرف و عدم مصرف غلظت های مختلف تیواوره و اسید سالیسیلیک نبود (شکل ۱). بر اساس نتایج به دست آمده این طور می توان گفت که تیواوره به دلیل داشتن نیتروژن و همچنین گروه SH در شرایط تنش خشکی سبب افزایش سطح برگ (شکل ۱) و سبزینگی و دوام برگ و محتوای کلروفیل می شود، که در نتیجه باعث افزایش فتوسنتز شده و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید کرده و رشد اندام هوایی را بهبود می بخشد و در نهایت عملکرد بیولوژیکی گیاه را از این طریق تحت تأثیر قرار می دهد. ساهو و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که خیساندن بذر با تیواوره و همچنین مصرف تیواوره به صورت محلول پاشی باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی در گیاه ذرت می شود. همچنین گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک با کاهش اثرات مضر تنش خشکی در سیب زمینی، سبب بهبود وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک گیاه می گردد (گوپال و ایواما^۸، ۲۰۰۷). در رابطه با اثر متقابل تیواوره و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیکی گزارشی مشاهده نشد. همچنین ماتور^۹ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که استفاده از تیواوره به طور معنی داری باعث افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در گشنیز گردید، که به دلیل اثر تیواوره بر فتوسنتز گیاه می باشد. در مطالعه حاضر اگرچه اثر متقابل تیواوره و اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته معنی دار نبود، اما کاربرد تیواوره و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی سطح برگ گیاه را

سهم بیشتری به دانه رسیده سبب افزایش وزن دانه و وزن هزاردانه در لوبیا شد (بورمن^۱ و همکاران، ۲۰۰۴).

اثر اصلی تنش خشکی و اثر متقابل آن با تیواوره و اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه معنی دار شد (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت. در شرایط بدون تنش، بین سطوح تیواوره اختلاف معنی داری دیده نشد. در سطح تنش ۱۱۰ میلی متر تبخیر، مصرف تیواوره در هر دو سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به عدم مصرف تیواوره شد. در حالی که در سطح تنش ۱۴۰ میلی متر تبخیر مصرف تیواوره در هر دو سطح اختلاف معنی داری از نظر عملکرد دانه با عدم مصرف تیواوره نداشتند (شکل ۲). کافی و رستمی (۱۳۸۶) نشان دادند که گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش تعداد طبق و تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه کمتری تولید می کند. کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گلرنگ موجب کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ ها، کم شدن دوام سطح برگ ها و کاهش عملکرد می شود. فراست (۱۳۸۹) گزارش داد تنش خشکی سبب کاهش تعداد دانه و وزن هزاردانه گلرنگ در مرحله ی زایشی می شود، که به دنبال آن عملکرد گلرنگ نیز کاهش می یابد. همچنین استفاده از تیواوره سبب افزایش رشد و عملکرد دانه حبوبات در شرایط تنش خشکی می گردد (بورمن و همکاران، ۲۰۰۴). بالایی و کشو^۲ (۲۰۱۱) گزارش کردند دو بار محلول پاشی برگی تیواوره به میزان ۱۰۰۰ پی پی ام در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه گشنیز را به میزان ۳۵/۹ درصد افزایش داد. گزارش شده است که تیواوره به طور معنی داری باعث بهبود رشد، عملکرد و بهره وری استفاده از آب در گیاه ماش (*Vigna radiata*) (میسر^۳ و همکاران، ۱۹۹۷)، ارزن مرواریدی (میسر^۴ و همکاران، ۱۹۹۱) و گوار (گارگ^۵ و همکاران، ۲۰۰۶) در شرایط خشک و نیمه خشک گردید. همچنین افزایش رشد و عملکرد در اثر استفاده از تیواوره در ذرت (ساهو و همکاران، ۱۹۹۳)، گندم (ساهو و سینگ^۶، ۱۹۹۵) و ارزن (پارهر^۷ و همکاران، ۱۹۹۸) گزارش شده است. همچنین در شرایط بدون تنش بیشترین عملکرد دانه با مصرف یک میلی مولار اسید سالیسیلیک (۴۴۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. در حالی که در سطح تنش ۱۱۰ و ۱۴۰ میلی متر تبخیر بین سطوح مختلف اسید سالیسیلیک

1. Burman
2. Balai and Keshwa
3. Misra
4. Misra and Misra
5. Garg
6. Sahu and Singh
7. Parhiar

8. Gopal and Iwama
9. Mathur

بهبود داد که به نظر می‌رسد از این طریق عملکرد بیولوژیکی نیز افزایش یافته است.

اثرات اصلی تنش خشکی، تیواوره و اسید سالیسیلیک بر درصد روغن معنی‌دار شد (جدول ۵). با افزایش سطح تنش خشکی، درصد روغن کاهش یافت. بیش‌ترین درصد روغن (۲۲/۵۴ درصد) در شرایط بدون تنش آزمایش به‌دست آمد و کم‌ترین آن (۱۶/۶۸ درصد) در سطح تنش ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد، که نسبت به شرایط بدون تنش کاهش ۲۵/۹۹ درصدی را نشان داد (جدول ۳). محلول‌پاشی گیاهان با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره سبب افزایش ۱۴/۰۳ درصدی روغن نسبت به گیاهان بدون محلول‌پاشی با تیواوره شد، درحالی‌که محلول‌پاشی گیاهان با ۵۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت با گیاهان بدون محلول‌پاشی با تیواوره نداشتند (جدول ۴). هم‌چنین نتایج نشان داد که محلول‌پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار، سبب افزایش ۶/۰۵ درصدی روغن نسبت به گیاهان بدون محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک شد (جدول ۶). محلول‌پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک از طریق افزایش سطح برگ (شکل ۱) و با استفاده بهینه از تشعشعات خورشیدی، فتوسنتز خالص، عملکرد دانه و درصد روغن را در این گیاهان بهبود داده است. تنش خشکی با ایجاد اختلال در پرشدن دانه و کاهش ظرفیت دانه‌ها در تجمع روغن، درصد روغن دانه‌های گلرنگ را کاهش می‌دهد. این کاهش در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرایندهای متابولیک بذر و خسارت به انتقال اسمیلات‌ها به دانه باشد (بوچرو^۱ و همکاران، ۱۹۹۶). لویز^۲ و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که تنش خشکی باعث بروز اختلال در پرشدن دانه و افزایش نسبت پوسته به مغز و در نهایت کاهش درصد روغن می‌شود. در همین ارتباط، سیمون^۳ و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد روغن گردید، که به نظر می‌رسد به دلیل اثر تنش بر رشد و تمایز گیاه می‌باشد. هم‌چنین غریب^۴ (۲۰۰۷) گزارش داد که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش درصد روغن و عملکرد گیاه در مرزنگوش و ریحان شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد روغن تحت شرایط تنش خشکی شد (موهد/یدریس و همکاران، ۲۰۱۰).

اثرات اصلی عوامل آزمایشی و اثر متقابل تنش خشکی و تیواوره و تیواوره و اسید سالیسیلیک بر کلروفیل a برگ

معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین مقدار کلروفیل a در تیمار ۸۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره (۰/۹۰ میلی‌گرم بر گرم) و کم‌ترین آن در سطح تنش ۱۴۰ میلی‌متر و عدم کاربرد تیواوره (۰/۲۳ میلی‌گرم بر گرم) حاصل شد. در شرایط بدون تنش، محلول‌پاشی گیاهان با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره سبب افزایش ۱۶/۴ درصدی کلروفیل a نسبت به عدم محلول‌پاشی شد، درحالی‌که در سطوح تنش خشکی ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف تیواوره اختلاف معنی‌داری با عدم محلول‌پاشی با تیواوره نداشت. هم‌چنین در تنش ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر محلول‌پاشی گیاهان با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره سبب افزایش کلروفیل a نسبت به عدم محلول‌پاشی شد (شکل ۲). افزایش محتوای کلروفیل و فتوسنتز با توجه به کاربرد تیواوره در چندین محصول ازجمله حبوبات دانه‌ای گزارش شده است (کارگ و همکاران، ۲۰۰۳). هم‌چنین در مورد اثر دوگانه تیواوره و اسید سالیسیلیک، بیش‌ترین مقدار کلروفیل a در کاربرد ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک (۲/۵۵ میلی‌گرم بر گرم کلروفیل a) و کم‌ترین آن در عدم مصرف تیواوره و اسید سالیسیلیک (۱/۷۸ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد. در عدم مصرف تیواوره و مصرف ۵۰۰ پی‌پی‌ام تیواوره و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و عدم مصرف اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری از نظر کلروفیل a مشاهده نشد، درحالی‌که در سطح تیواوره ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۷/۰۴ درصدی نسبت به عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک شد (شکل ۴). تیواوره نقش کنترل سرعت کاهش کلروفیل را در برگ انجام می‌دهد، که حفظ محتوای کلروفیل بالاتر می‌تواند نقش تأخیر در پیری و زوال برگ، افزایش سطح برگ و دوام سطح سبز برگ را داشته باشد (ساهو و سینگ، ۱۹۹۵).

1. Bouchereau
2. Lopez
3. Simon
4. Gharib

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1: Soil physical and chemical properties of experimental site

اسیدیته	هدایت الکتریکی (میلی زیمنس بر متر)	منگنز (پی پی ام)	روی (پی پی ام)	مس (پی پی ام)	آهن (پی پی ام)	فسفر (پی پی ام)	پتاسیم (پی پی ام)	نیتروژن (درصد)	ماده آلی (درصد)	بافت خاک
pH	EC (mS.m ⁻¹)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	N (%)	Organic matter (%)	Soil texture
7.8	1.5	8.35	0.51	0.82	1.54	12	381	0.10	0.93	لوم شنی Sandy loam

Table 2: Analysis of variance of effects drought stress, thiourea and salicylic acid on some characteristics in safflower

عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	سطح برگ	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات
Biological yield	Seed yield	1000-seeds weight	Seed per head	Leaf area	Plant height	df	S.O.V.
217591222	669789	17.32	6.36	380	109.2	2	Replication
3914396189**	1262939*	62.88*	111**	325232**	1129**	2	Drought stress (D)
423701859	130283	7.50	6.45	1119	45.95	4	Error b
5108440592**	281145 ^{ns}	26.44*	108**	99062**	199 ^{ns}	2	Thiourea (T)
1819001137**	496520**	1.72 ^{ns}	3.77 ^{ns}	14810**	20.1 ^{ns}	4	D × T
2166380017*	323841 ^{ns}	4.60 ^{ns}	1.87 ^{ns}	14660**	12.3 ^{ns}	1	Salicylic acid (S)
1505385311*	343544*	0.31 ^{ns}	4.84 ^{ns}	1515*	16.68 ^{ns}	2	D × S
1035348749 ^{ns}	209345 ^{ns}	0.06 ^{ns}	1.40 ^{ns}	3362**	47 ^{ns}	2	T × S
1701241458*	117065 ^{ns}	1.36 ^{ns}	10.32 ^{ns}	1528**	12.70 ^{ns}	4	D × T × S
12982974	85092	6.38	5.57	347	62.28	30	Total error
21.87	14.72	12.77	7.88	5.44	12.57		CV

ns, ** و *: به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد

ns, ** and *: Indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively

جدول ۳: اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و درصد روغن گلرنگ

Table 3: Effect of drought stress on plant height, seed per head, weight of one thousand seeds and oil percentage in safflower

درصد روغن (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در طبق	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تنش خشکی (میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر)
Oil percentage (%)	Weight of one thousand seeds (gr)	Seed per head	Plant height (cm)	Drought stress (mm evaporation from evaporation pan)
22.54a	23.38a	32.37a	71.38a	80
19.86b	21.32b	30.07a	64.17b	110
16.68c	19.64c	27.39b	55.78b	140

میانگین های دارای حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشند

Means followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD Test

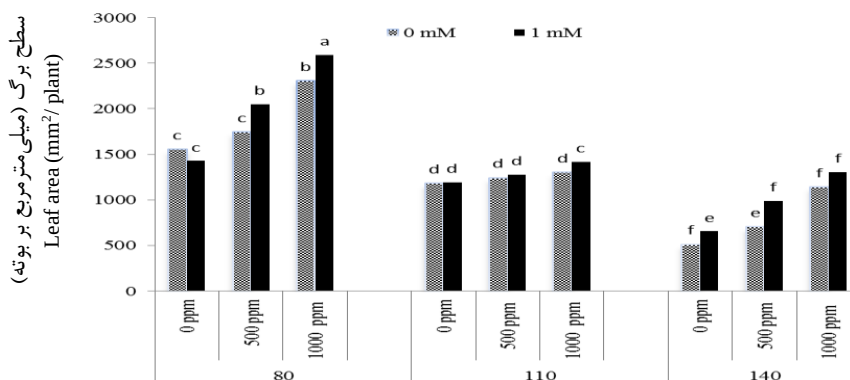
جدول ۴: اثر تیواوره بر تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و درصد روغن گلرنگ

Table 4: Effect of thiourea on seed per head, weight of one thousand seeds and oil percentage in safflower

تیواوره (پی پی ام) Thiourea (ppm)	تعداد دانه در طبق Seed per head	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seeds weight (gr)	درصد روغن (درصد) Oil percentage (%)
0	27.4c	20.24c	18.46b
500	30.13b	21.43b	19.56b
1000	32.31a	22.67a	21.05a

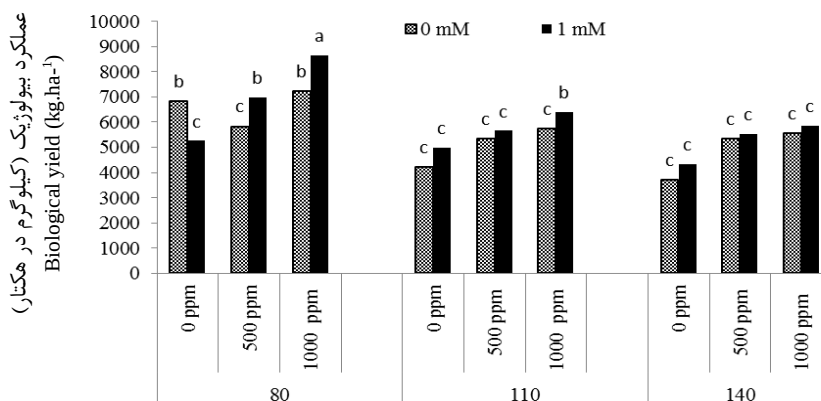
میانگین‌های دارای حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

Means followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD Test



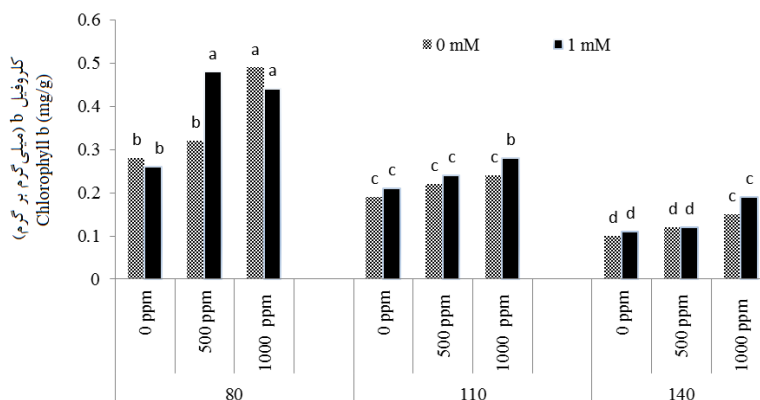
تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)

Drought stress (mm evaporation from evaporation pan)



تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)

Drought stress (mm evaporation from evaporation pan)

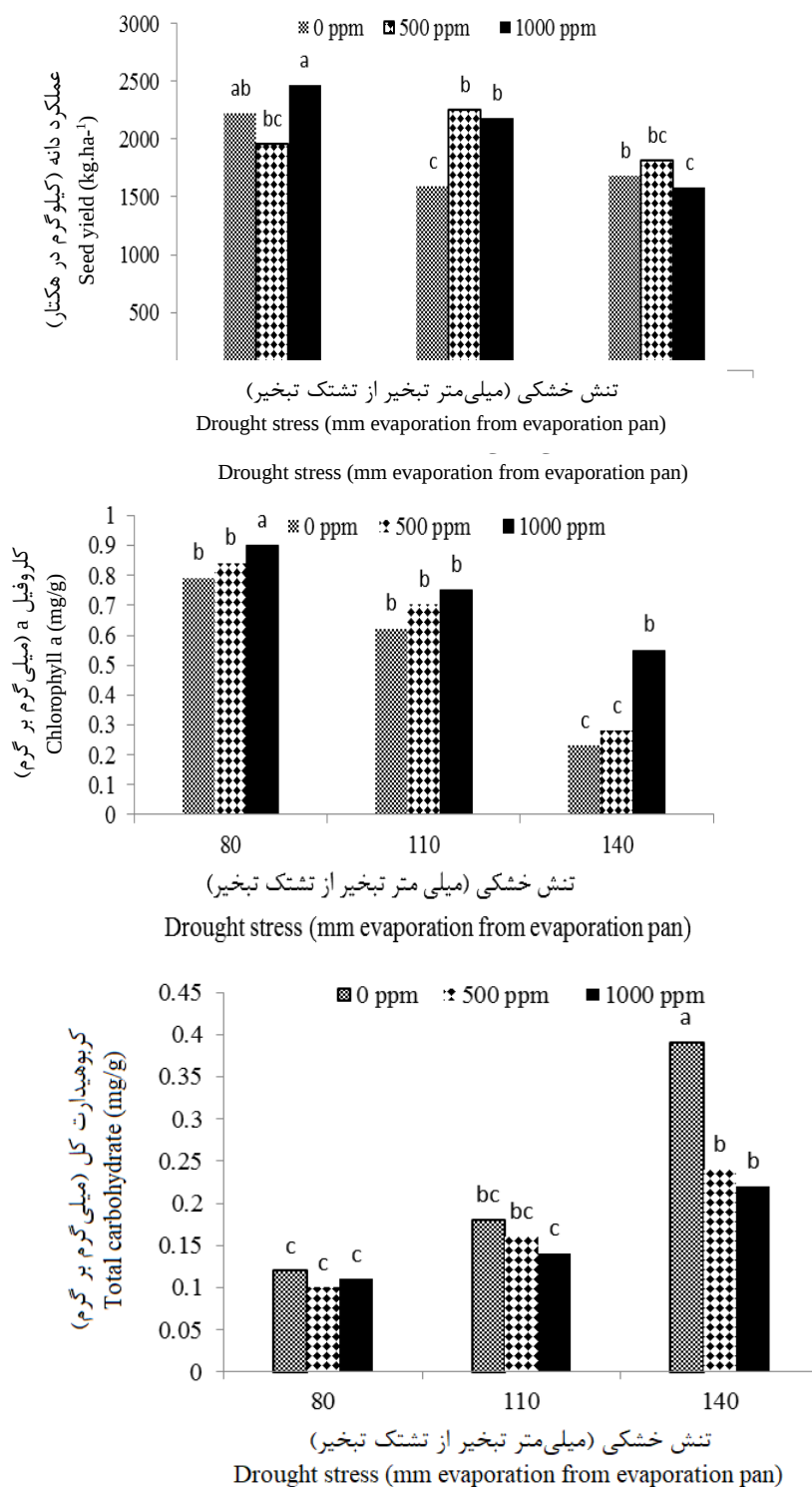


تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)

Drought stress (mm evaporation from evaporation pan)

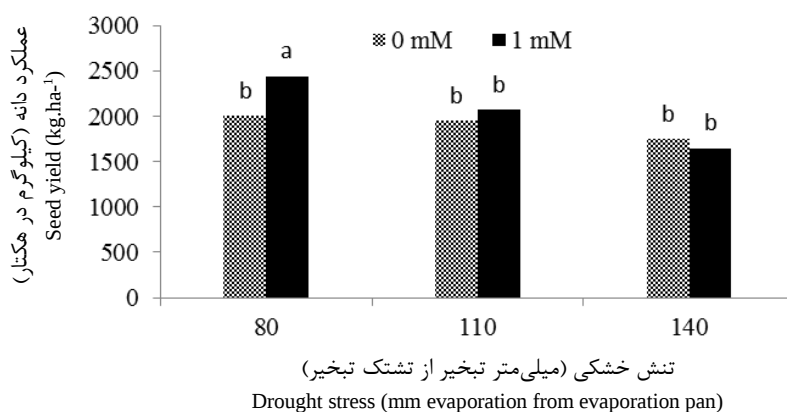
شکل ۱: اثر تنش خشکی، تیواوره و اسید سالیسیلیک بر سطح برگ، عملکرد بیولوژیک و کلروفیل b

Fig. 1: Effect of drought stress, thiourea and salicylic acid on leaf area, biological yield and chlorophyll b



شکل ۲: اثر تنش خشکی و تیواوره بر عملکرد دانه، کلروفیل a و کربوهیدرات کل گلرنگ

Fig. 2: Effect of drought stress and thiourea on seed yield, chlorophyll a and total carbohydrate in safflower



شکل ۳: اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه گلرنگ

Fig. 3: Effect of drought stress and salicylic acid on seed yield in safflower

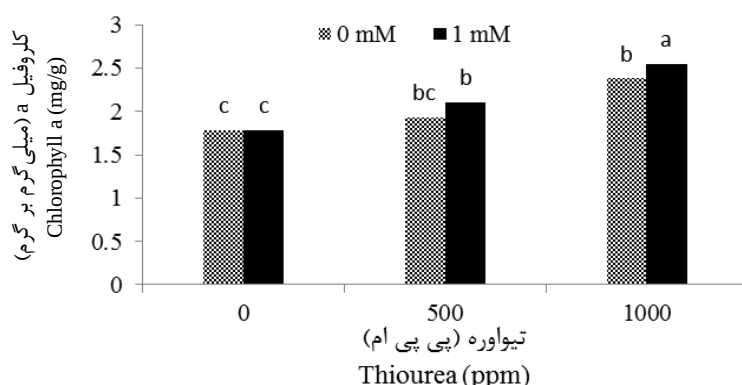
جدول ۵: تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی، تیواوره و اسید سالیسیلیک بر درصد روغن، کلروفیل a، کلروفیل b و کربوهیدرات کل گلرنگ

Table 5: Analysis of variance of effects drought stress, thiourea and salicylic acid on oil percentage, chlorophyll a, chlorophyll b and carbohydrate in safflower

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	درصد روغن Oil percentage	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کربوهیدرات کل Total Carbohydrate
تکرار	Replication	2	6.68	0.001	0.0007
تنش خشکی	Drought stress (D)	2	155**	1.10**	0.2798**
خطای b	Error b	4	4.06	0.0013	0.0004
تیواوره	Thiourea (T)	2	30.58**	0.1972**	0.052**
تنش خشکی × تیواوره	D × T	4	2.10 ^{ns}	0.0239**	0.0092**
اسید سالیسیلیک	Salicylic acid (S)	1	7.03*	0.1702**	0.0084**
تنش خشکی × اسید سالیسیلیک	D × S	2	1.26 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
تیواوره × اسید سالیسیلیک	T × S	2	1.70 ^{ns}	0.048*	0.0039**
تنش خشکی × تیواوره × اسید سالیسیلیک	D × T × S	4	1.00	0.0017 ^{ns}	0.0072**
خطای کل	Total error	30	3.28	0.0006	0.0001
ضریب تغییرات	CV	9.20	5.79	8.68	21.83

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد

*, ** and ns: Indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively



شکل ۴: اثر تیواوره و اسید سالیسیلیک بر کلروفیل a گلرنگ

Fig. 4: Effect of thiourea and salicylic acid on chlorophyll a in safflower

Table 6: Effect of salicylic acid on oil percentage in safflower

اسید سالیسیلیک (میلی مولار) Salicylic acid (mM)	درصد روغن (درصد) Oil percentage (%)
0	19.33b
1	20.05a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند
Means followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD Test

کربوهیدرات کل نسبت به عدم مصرف تیمواره شد (شکل ۲). افزایش در قندهای محلول در واکنش به تنش آب می‌تواند به انتقال کم‌تر از برگ‌ها، مصرف آرام‌تر به خاطر کاهش رشد و دیگر تغییرات مثل هیدرولیز نشاسته نسبت داده شود (کاملی و لوزل^۳، ۱۹۹۶). افزایش هیدرات‌های کربن محلول در زمان تنش را می‌توان به علت توقف رشد، سنتز این ترکیبات از مسیر غیرفتوسنتزی و همچنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول می‌شود، نسبت داد (کافی و همکاران، ۱۳۹۱). در همین ارتباط سودایی‌زاده و منصوری (۱۳۹۳) گزارش کردند که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار کربوهیدرات کل در گیاه مریم گلی گردید. بدین ترتیب، کاربرد تیمواره به‌طور مطلوب بر کربوهیدرات‌ها و متابولیسم نیتروژن تأثیر می‌گذارد که به نوبه خود عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (ماتور و همکاران، ۲۰۰۶).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان گفت بیش‌ترین سطح برگ، تعداد دانه طبق، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد روغن، رنگدانه‌های برگ از تیمار ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیمواره به‌دست آمد. همچنین در این آزمایش صفات سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، کاروتنوئید و درصد روغن تحت تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک قرار گرفتند، به‌طوری‌که تیمار یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیش‌ترین تأثیر را بر این صفات داشت. بیش‌ترین سطح برگ و عملکرد بیولوژیک در گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیمواره و اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار در شرایط بدون تنش مشاهده شد. عملکرد دانه در سطح تنش ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی تیمواره در هر دو سطح نسبت به عدم مصرف تیمواره افزایش یافت. همچنین کلروفیل a در شرایط بدون تنش و تنش ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر در گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیمواره بیش‌تر مقدار را داشت. محتوای کربوهیدرات کل نیز در سطح تنش ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف تیمواره بیش‌تر

هم‌چنین فاضلی کاخکی (۱۳۹۲) بیان کرد که اسید سالیسیلیک بسته به غلظت، زمان و گیاه مورد استفاده دارای آثار دوگانه‌ای است، اما در غلظت‌های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، افزایش توان اکسیدانی سلول و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند. پس می‌توان نتیجه گرفت که مصرف تیمواره باعث دوام بیش‌تر محتوای کلروفیل در برگ‌ها و افزایش سطح برگ می‌شود و از این طریق باعث افزایش عملکرد در گیاه می‌شود.

اثرات اصلی، اثر متقابل تیمواره و تنش خشکی، اثر متقابل تیمواره و اسید سالیسیلیک و اثرات سه‌گانه عوامل آزمایشی بر کلروفیل b معنی‌دار گردید (جدول ۵). در شرایط بدون تنش، محلول‌پاشی گیاهان با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیمواره و عدم مصرف اسید سالیسیلیک بیش‌ترین کلروفیل b را داشت، درحالی‌که اختلاف معنی‌داری با گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱۰۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام تیمواره و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک نداشت. در سطح تنش ۱۱۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر محلول‌پاشی گیاهان با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیمواره و اسید سالیسیلیک سبب افزایش کلروفیل b گردید، که اختلاف معنی‌داری با گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تیمواره و عدم مصرف اسید سالیسیلیک نداشت (شکل ۱). در همین ارتباط، در نهال‌های نخود که با تیمواره تیمار شدند، افزایش فتوسنتز و کاهش نقطه جبران دی‌اکسیدکربن به واسطه افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی صورت گرفت (هرناندز نیتال^۱ و همکاران، ۱۹۸۳). هم‌چنین کیم^۲ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که استفاده از غلظت‌های پایین اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی در سویا می‌شود.

اثر تنش خشکی، تیمواره و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای کربوهیدرات کل معنی‌دار گردید (جدول ۵). در شرایط بدون تنش و سطح تنش ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌داری بین مصرف و عدم مصرف تیمواره وجود نداشت. درحالی‌که در سطح تنش ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر مصرف تیمواره سبب کاهش

1. Hernandez-Nital

2. Kim

3. Kameli and Losel

رحمانی سربنانی و همکاران: اثر اسید سالیسیلیک و تیواوره بر رشد،...

پی‌پی‌ام عملکرد بهتری در کاهش تنش خشکی داشت. البته می‌بایست تحقیقات زیادی انجام شود تا امکان استفاده از تیواوره در غلظت‌های مناسب برای بهبود تنش خشکی در گلرنگ و سایر گیاهان فراهم شود.

بود. در مجموع نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد در شرایط اقلیمی رفسنجان (گرم و خشک) تیواوره از عملکرد بهتری نسبت به اسیدسالیسیلیک برخوردار است و تیواوره برای کاهش اثر منفی تنش خشکی در گلرنگ رقم گلدشت توصیه می‌شود. بین غلظت‌های مورد استفاده نیز، غلظت ۱۰۰۰

منابع

- امیدی، ا. ح. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره. مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۲-۲۵ (۱): ۳۱-۱۵.
- خلیل‌زاده گوگانی، م. ر.، پاسبان اسلام، ب. و موسوی‌زاده س. ع. ۱۳۸۶. تعیین آرایش کاشت در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره. دانش کشاورزی، ۱۷ (۱): ۶۲-۵۱.
- سودایی‌زاده، ح. و منصوری، ف. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک، غلظت عناصر غذایی و قندهای محلول در گیاه دارویی مریم گلی لوله‌ای (*Salvia macrosiphon* Boiss). دوفصلنامه علمی- پژوهشی خشک بوم، ۴ (۱): ۹-۱.
- فاضلی‌کاخکی، س. ف.، غیاث‌آبادی، م.، گلدانی، م. و توکلی، ع. ۱۳۹۲. اثر سالیسیلیک اسید در تخفیف تنش خشکی از طریق بهبود برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، عملکرد بوته و اجزای آن در گیاه خردل (*Brassica campestris* var. parkland) مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۷ (۱) نیمه اول (۹۳): ۷۷-۶۵.
- فراست، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و ارقام بیوشیمیایی گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، ۱۳۴ صفحه.
- کافی، م. و رستمی، م. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. پژوهش‌های زراعی ایران، ۵ (۱): ۱۳۱-۱۲۱.
- کافی، م.، کمندی، ع.، برزویی، ا.، صالحی، م.، معصومی، ع. و نباتی، ج. ۱۳۹۱. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. جهاد دانشگاهی (دانشگاه فردوسی مشهد). ۵۰۴ صفحه.
- محلوجی، م.، موسوی، س. ف. و کریمی، م. ۱۳۷۹. اثر تنش رطوبتی و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا چیتی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴ (۱): ۶۷-۵۷.
- مردانی، ح.، بیات، ح. و عزیزی، م. ۱۳۹۰. تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانه‌های خیار (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) تحت شرایط تنش خشکی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۳): ۳۲۶-۳۲۰.

- Abd El-Wahed, M. S. A., Amin, A. A. and El-Sh. Rashad, M. 2006. Physiological effect of some bio regulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow maize plants. World Journal of Agricultural Sciences, 2 (2): 149-155.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 4: 1-150.
- Balai, L. R. and Keshwa, G. L. 2011. Effect of thiourea on yield and nutrient uptake of coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties under normal and late sown conditions. Journal of Spices and Aromatic Crops, 20 (1): 34-37.
- Bhunia, S. R., Ratnool, S. D. and Kumawat, S. M. 2009. Effect of irrigation and nitrogen on water use, moisture extraction pattern, nitrogen uptake and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in North Western irrigated plains of Rajasthan. Journal of Spices and Aromatic Crops, 18 (2): 88-91.
- Bouchereau, A., Clossais, B. N., Bensaoud, A., Beport, L. and Renard, M. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy, 5: 19-30.
- Burman, U., Garg, B. K. and Kathju, S. 2004. Interactive effects of thiourea and phosphorus under simulated water stress. Biologia Plantarum, 48: 61-65.
- Esendal, E., Istanbuluoglu, A., Arslana, B. and Paşaa, C. 2008. Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). 7th International safflower conference. Australia. pp 71.
- Garg, B. K., Burman, U. and Kathju, S. 2003. Influence of thiourea on photosynthesis, nitrogen metabolism and yield of cluster bean under moisture deficit conditions. Proceedings of the 2nd International Congress of Plant Physiology, New Delhi. 158.

- Garg, B. K., Burman, U. and Kathju, S. 2006. Influence of thiourea on photosynthesis, nitrogen metabolism and yield of clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) under rainfed conditions of Indian arid zone. *Plant Growth Regulation*, 48: 237-45.
- Gharib, F. A. L. 2007. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal of Agriculture Biological*, 9: 294-301.
- Gopal, J. and Iwama, K. 2007. In vitro screening of potato against water stress mediated through sorbitol and polyethylene glycol. *Plant Cell Reports*, 26: 693-700.
- Hernandez-Nital, A. J., Rodriguez, D., Matilla, A. and Nicolas, G. 1983. Effect of thiourea on ionic content and dark fixation of CO₂ in embryonic axes of *Cicer arietinum* seeds. *Journal of Plant Physiology*, 57: 273-278.
- Hussain, M., Malik, M. A., Farooq, M., Ashraf, M. Y. and Cheema, M. A. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194: 193-199.
- Idrees, M., Khan, M. M. A., Aftab, T., Naeem, M. and Hashmi, N. 2010. Salicylic acid-induced physiological and biochemical changes in lemongrass varieties under water stress. *Journal of Plant Interactions*, 5 (4): 293-303.
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiolgy Plant*, 84: 55-60.
- Kameli, A. and Losel, D. M. 1996. Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. *New Hytol*, 132: 57-62.
- Kar, G., Ktimar, A. and Martha, M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oil seed crops. *Agricultural Water Management*, 87: 73-82.
- Khan, N., Zandi, P., Ali, S., Mehmood, A. and Adnan Shahid, M. 2018. Impact of salicylic acid and PGPR on the drought tolerance and phytoremediation potential of *Helianthus annuus*. *Frontiers in Microbiology*, 9: 1-15
- Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. L. 2003. Photosynthetic response of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, 160: 485-492.
- Khanna Chopra, R and Selote, D. S. 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than susceptible wheat cultivar under field conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 60: 276-283.
- Kim, T. J. and Choo, Y. S. 2007. Photosynthetic patterns of 3 crassulacean plants under drought conditions. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, 30: 187-193.
- Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K. and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of preanthesis assimilates to safflower yield. *Field Crops Research*, 90: 263-274.
- Lopez, C. G., Banowetz, G. M., Peterson, C. J. and Kronstad, W. E. 2003. Dehydrin expression and drought tolerance in seven wheat cultivars. *Journal of Crop Science*, 43: 577-582.
- Lovelli, S., Perniola, M., Ferrara, A. and Tommaso, T. D. 2007. Yield response factor to water and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agricultural Water Management*, 92: 73-80.
- Mathur, N., Singh, J., Bohra, S., Bohra, A. and Vyas, A. 2006. Improved productivity of mung bean by application of thiourea under arid conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2 (2): 185-187.
- Misra, A. N. and Misra, M. 1991. Physiological responses of pearl millet to agroclimatic conditions. In: Prakash, R. and Ali, A. (eds.), *Environmental Contamination and Hygiene*, pp: 165-75. Jagmandir Books, New Delhi.
- Misra, A. N., Murum, N., Singh, P. and Mirsa, M. 1997. Growth and proline accumulation in mungbean seedling as effected by NaCl. *Biologia Plantarum*, 38: 531-536.
- Mohd Idrees, M., Masroor, M., Khan, A., Tariq Aftab., Naeem, M. and Nadeem H. 2010. Salicylic acid-induced physiological and biochemical changes in lemongrass varieties under water stress. *Journal of Plant Interactions*, 5 (4): 293-303.
- Parhiar, G. N., Sahu, M. P. and Joshi, N. L. 1998. Nitrogen, sulphur and thiourea nutrition of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.)] II. Effect on yield and yield components. *Annals of Arid Zone*, 37: 59-67.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular*, 43: 439-463.
- Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants *Journal of Plant Physiology*, 161: 1189-1202.
- Sahu, M. P. and Singh, D. 1995. Role of thiourea in improving productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 14: 169-173.
- Sahu, M. P. and Solanki, N. S. 1991. Role of sulphhydryl compounds in improving dry matter partitioning and grain production of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 167: 356-359.
- Sahu, M. P., Solanki, N. S. and Dashora, L. N. 1993. Effects of thiourea, thiamine and ascorbic acid on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy Crop Science*, 171: 65-69.
- Sakhubudinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue*: 314-319.
- Shahrokhnia, M. and Sepaskhah, A. R. 2017. Physiologic and agronomic traits in safflower under various irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization. *Industrial Crops and Products*, 95: 126-139
- Sharma, G. K. 1988. Effect of soil applied sulphur and select chemicals on dry matter partitioning and grain production efficiency of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) Rajasthan Agriculture. University Bikaner, India MSc Thesis.

- Sharma, M., Gupta, S. K., Majumder, B., Maurya, V. K., Deeba, F., Alam, A. and Pandey, V. 2017. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress. *Journal of Proteomics*, 163: 28-51.
- Simon, J. E., Reiss-Buhenheinra, D., Joly, R. J. and Charles, D. J. 1992. Water stress induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. *Jeor Mormont*, 4: 71-75.
- Souza, R. P., Machado, E. C., Silva, J. A. B., Lagoa, A. M. M. A. and Silveria, J. A. G. 2003. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic change in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 51: 1-13.
- Srivastava, A. K., Srivastava, S., Penna, S. and D'Souza, S. F. 2011. Thiourea orchestrates regulation of redox state and antioxidant responses to reduce the NaCl-induced oxidative damage in Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern). *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 49: 676-686.

Effect of Salicylic Acid and Thiourea on Growth, Yield and Some of Physiological Characteristics of Safflower under Drought Stress

Rahmani Sarbanani¹, H., Mahdavi^{2*}, B., Azari³, A. and Safae Torghabeh⁴, M.

Abstract

In order to investigate the effects of salicylic acid and thiourea on yield and morphophysiological characteristics of safflower under drought stress, an experiment was conducted as split plot factorial based on randomized complete block design with three replications. The main factor was three levels (80 (non-stress), 110 and 140mm evaporation from evaporation pan) and sub-factor was three levels of thiourea (zero, 500 and 1000ppm) and two levels of salicylic acid (zero and 1mM). The highest plant length (71.38cm), number of seed per head (32.37), weight of one thousand seeds (22.38g) and oil percentage (22.54%) was obtained under non-stressed condition. Application 1000 ppm thiourea s increased 17.91% number of seed per head, 12% weight of one thousand seeds and 14.03% oil percentage as compared to non-application of thiourea. Also, 1mM salicylic acid showed a 6.05% oil percentage increase as compared to non-application of salicylic acid. The highest of leaf area (2599mm²) and biological yield (8656kg/ha) were observed at 1000ppm thiourea and 1mM salicylic acid under non-stressed condition. In non-stressed and 140mm evaporation condition, there was no significant difference in seed yield among application of thiourea and non-application of thiourea. In 110mm evaporation condition, application of thiourea increased seed yield. In non-stressed and 140mm evaporation condition, 1000ppm thiourea increased chlorophyll a compared to non-application of thiourea. In 140mm evaporation condition, application of thiourea decreased total carbohydrate compared to non-application of thiourea.

Keywords: Oil percentage, Photosynthetic pigments, Seed yield, Total carbohydrate

1, 4, 2 and 3. MSc Graduate and Assistant Professors, Respectively, Department of Genetic and Crop Production, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

✉: Corresponding author Email: b.mahdavi@vru.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's MSc thesis under the guidance of Batol Mahdavi and Arman Azari.