

ارزیابی اثر اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک بر برخی صفات مورفو فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تیمارهای کم آبیاری

فاطمه محتشمی و محمود رضا تدین*

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۲/۱۱)

چکیده

به منظور بررسی تیمارهای کم آبیاری و محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک بر برخی صفات مورفو فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گلرنگ آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، طی دو سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶ انجام شد. در این آزمایش سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ) به عنوان فاکتور اصلی و سه ژنوتیپ گلرنگ (محلی اصفهان، فرامان و سینا) و محلول پاشی با سه سطح شامل (غلظت صفر، محلول پاشی با اسید جاسمونیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار و محلول پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی مولار) به عنوان فاکتور فرعی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که بیشترین محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن مربوط به ژنوتیپ سینا و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان این صفات مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گلرنگ بود. برهمکنش ژنوتیپ × محلول پاشی و تنش کم آبیاری در محلول پاشی تنها بر عملکرد روغن و کلروفیل a معنی دار شد. محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک نیز موجب افزایش کلیه صفات در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی شد. نتایج نشان داد که تفاوت‌های موجود در بین ژنوتیپ‌ها و همچنین تأثیر این محلول پاشی‌ها جهت افزایش میزان صفات مورد بررسی می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌ها و ترکیبات مناسب جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش کم آبی به منظور دستیابی به افزایش تولید از آنها استفاده کرد.

کلمات کلیدی: درصد روغن، دوام سطح برگ، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، عملکرد روغن

مقدمه

همچنین اصلاح این منابع روغنی به منظور دستیابی به بازدهی و کیفیت مطلوب‌تر از نظر تغذیه‌ای و عملکردی انجام شود (احمدزاده، ۱۳۸۸). گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به علت دارا بودن بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع، خصوصاً اسید لینولئیک و اسید اولئیک می‌تواند نقش مهمی در گسترش سطح زیر کشت گیاهان روغنی و تأمین دانه‌های

با توجه به مشکلات موجود در صنعت روغن‌های نباتی در داخل و اینکه بیش از ۹۳ درصد از نیاز مصرفی به روغن (به صورت دانه‌های روغنی و روغن خام) از طریق واردات تأمین می‌شود (احمدزاده، ۱۳۸۸)، لازم است تلاش‌های گسترده‌ای در جهت بهبود شرایط از جمله به کار بردن منابع روغنی جدید

*نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: mrtadayon@yahoo.com

تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد به منظور تفسیر چگونگی عکس العمل گونه‌های گیاهی به شرایط محیطی دارای اهمیت زیادی است در این راستا شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌گردد (لباسچی و همکاران، ۱۳۸۳). سرعت رشد محصول (CGR) به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت تولید را در واحد سطح زمین در زمان مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (Karimi and Siddique, 1991). از جمله سازوکارهای مرتبط با اجتناب از خشکی کاهش سطح برگ است (Levitt, 1980). گزارش شده که تنش خشکی بر شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در زمان گلدهی معنی‌دار است و تنش خشکی باعث افت شدید سطح برگ و در نتیجه سرعت رشد محصول گیاه گلرنگ می‌شود (Erie and French, 1987). با توجه به مشاهدات شالچی و همکاران (۱۳۸۶) و نادری درباغشاهی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش شده که تنش خشکی به‌طور معنی‌دار سرعت رشد محصول گیاه گلرنگ را در شرایط گلدهی کاهش می‌دهد.

یکی از راه‌های افزایش تحمل گیاهان به تنش‌ها، بالابردن میزان مواد آنتی‌اکسیدان درون سلولی مانند اسید آسکوربیک است. اسید آسکوربیک از مهم‌ترین ضد اکسیدان‌های گیاهی است که در بسیاری از فرآیندهای سلولی مانند فتوسنتز، حفاظت نوری و مقاومت به تنش‌های محیطی نقش اساسی دارد (Shigeoka et al., 2002). این ماده به‌عنوان سوبسترای اولیه در سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن از قبیل هیدروژن پراکسید و غیره نقش دارد. گزارش شده است که اسید آسکوربیک موجب بالابردن تحمل گیاهان در برابر سرمازدگی، تنش شوری و خشکی می‌شود و از طریق ارتباط با سلول و چربی‌های غشایی در گیاهان، نقش به‌سزایی در افزایش پایداری غشا و افزایش مقاومت گیاهان در برابر از دست دادن آب و تنش کم‌آبی دارد. اسید آسکوربیک با پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن سبب کاهش خسارت به اسیدهای چرب و پروتئین‌ها می‌شود و در نتیجه اثر مخرب

روغنی در کشور داشته باشد (Ashrafi and Razmjoo, 2010). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده ایجادکننده خسارت در گیاهان و به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید شناخته شده است (فتایی و همکاران، ۱۳۹۴). یاری و همکاران (۱۳۹۳) با ارزیابی گلرنگ بهاره تحت تأثیر تنش خشکی در اثر قطع آبیاری مشاهده کردند که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد غوره در بوته، تعداد دانه در غوزه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد روغن می‌شود.

تنش کم آبیاری محتوای روغن دانه و محتوای اسیدهای چرب اشباع پالمیتیک و اسید استئاریک را کاهش می‌دهد. بنابراین رژیم‌های مناسب آبیاری می‌تواند اثر برجسته‌ای بر کیفیت روغن استخراج‌شده از دانه داشته باشد (Ashrafi and Razmjoo, 2010).

عوامل محدودکننده فتوسنتز در تنش خشکی در دو گروه عوامل محدودکننده روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای قرار می‌گیرند. از عوامل محدودکننده غیر روزنه‌ای می‌توان به کاهش و یا توقف سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها اشاره کرد (Oliviera-Neto et al., 2009). به نظر می‌رسد که کاهش غلظت کلروفیل به دلیل اثر کلروفیل‌از، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (Silva et al., 2007).

برخی مطالعات حاکی از قابل اطمینان بودن محتوای نسبی آب برگ به‌عنوان شاخص تحمل به خشکی است (Sinclair et al., 1985)، زیرا بین میزان محتوای نسبی آب برگ با سرعت تعرق ارتباط وجود دارد و از این‌رو این صفت در موارد زیادی، جهت تعیین اختلاف ارقام از نظر تحمل به خشکی استفاده می‌شود (Sinclair et al., 1985). Schonfeld و همکاران (۱۹۸۸) بیان کردند که با افزایش تنش رطوبتی، محتوای نسبی آب برگ‌های گندم کاهش پیدا می‌کند که علت کاهش نسبی آب برگ، کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک است (Siddique et al., 2000).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد جهت مطالعه اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد گلرنگ به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌مدت دو سال (۱۳۹۵-۱۳۹۶ اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبیاری گیاه گلرنگ) که تیمارهای کم آبیاری گلرنگ از مرحله ساقه‌روی اعمال شد و فاکتور فرعی اول آزمایش شامل سه ژنوتیپ گلرنگ (محلی اصفهان، فرامان و سینا) بود که از شرکت توسعه کشت گیاهان روغنی اصفهان تهیه شد. فاکتور دوم مربوط به سه سطح محلول‌پاشی شامل (غلظت صفر، محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار) بود که در مرحله کمی قبل از گلدهی گلرنگ انجام گرفت که توسط سمپاش دستی تا زمان جاری‌شدن قطره‌های محلول مورد استفاده بر روی برگ‌های گیاه ادامه یافت. قبل از آماده‌سازی زمین، ۱۰ نمونه خاک به‌صورت زیک‌زاگ از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مزرعه برداشت و با یکدیگر مخلوط شدند سپس یک نمونه مرکب خاک از آنها تهیه شده و جهت به دست‌آوردن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه ارسال گردید نتیجه تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

هر کرت شامل نه خط کاشت به طول سه متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر و تراکم بوته در هر کرت ۴۰ بوته در متر مربع بود. کشت در اوایل اردیبهشت و پس از رسیدن رطوبت مزرعه به حد ظرفیت زراعی و تأمین دمای پایه برای جوانه‌زنی بذرهای گلرنگ انجام شد. کلیه عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز و آفات، سله شکنی به‌صورت دستی به موقع اجرا شد. تغذیه گیاه گلرنگ براساس توصیه آزمون خاک (کود پایه: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل) و همچنین ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص) در سه نوبت (نوبت اول زمان دو تا چهار برگی، نوبت دوم زمان

تنش را کاهش می‌دهد. به‌طور مثال مصرف اسید آسکوربیک در گیاه کلزا سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر عملکرد گیاه مذکور گردیده است (Dolatabadian et al., 2009). همچنین با توجه به مشاهدات پازکی (۱۳۹۴) به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک از طریق افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدان موجب کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری بر سطح برگ گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) شده و موجب افزایش سطح برگ گیاه شده است. همچنین گزارش شده که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب بهبود رطوبت نسبی آب برگ و کلروفیل گیاه آلترناترا (*Alternanthera repens*) تحت تنش شوری شد (پورقاسمی و همکاران، ۱۳۹۴).

اسید جاسمونیک و مشتقات آن که معمولاً با عنوان جاسمونات‌ها شناخته می‌شوند، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی پیچیده‌ای هستند که بر طیف وسیعی از واکنش‌های فیزیولوژیکی و نمو گیاهان اثر گذاشته و در پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده عمل می‌کنند (Wasternack, 2007). با توجه به مشاهدات سلیمی و شکاری (۱۳۹۱) گزارش شد که محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک موجب افزایش سطح برگ گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla*) تحت شرایط شوری شد.

با توجه به اهمیت گیاه گلرنگ از نظر کمیت و کیفیت روغن، کاربردهای متنوع آن در صنایع روغن‌کشی، رنگرزی و مصارف دارویی به‌نظر می‌رسد که افزایش عملکرد در واحد سطح در شرایط کم آبیاری راهکار مناسبی برای دستیابی به افزایش تولید این گیاه و بهبود شرایط اقتصادی کشاورزان باشد. درمقایسه باروش‌های به‌نژادی که اغلب بلند مدت و هزینه‌بر هستند، برخی از روش‌های مدیریت زراعی مانند استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید آسکوربیک، اسید جاسمونیک و سایر ترکیبات آسان‌تر، ارزان‌تر و زود بازده‌تر هستند. بنابراین هدف از این پژوهش تعیین اثرات اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک مهم ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش خشکی تحت تیمارهای کم آبیاری بوده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

خصوصیات فیزیکی					خصوصیات شیمیایی		
۱۷ درصد رس، ۴۲ درصد سیلت و ۴۱ درصد شن					EC (dS/m)	pH	نیتروزن (%)
لومی رسی					۱/۱	۷/۷۰	۰/۰۹
						فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
						۷/۱	۲۹۶

ساقه‌دهی و نوبت سوم زمان گل‌دهی) بود.

آبیاری کرت‌های آزمایش تا قبل از اعمال تیمار کم آبیاری برحسب شرایط آب و هوایی و تخلیه رطوبتی خاک، و براساس تخلیه آب سهل الوصول که میزان آن برابر ۶۵ درصد آب قابل دسترس بود انجام شد. نیاز آبی گیاه بر پایه اندازه‌گیری تغییرات رطوبت خاک با دستگاه رطوبت‌سنج تتاپروب مدل SM300 و مطابق روش فرشی و همکاران (۱۳۸۲) برآورد شد. با استفاده از این دستگاه میزان رطوبت خاک تعقیب شده و زمان رسیدن به حد رطوبت تخلیه مجاز (Management Available Deficit) مشخص گردید. تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به‌ترتیب به میزان ۷۵ و ۵۰ درصد آب مصرفی تیمار شاهد، آب دریافت کردند. مقدار رطوبت MAD طبق رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\text{رابطه ۱: } \Theta_{\text{MAD}} = \Theta_{\text{FC}} - (\Theta_{\text{FC}} - \Theta_{\text{PWP}}) \text{ MAD}$$

دراین رابطه Θ_{FC} = رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی مزرعه Θ_{PWP} = رطوبت حجمی درنقطه پژمردگی دائم (%، MAD = ضریب تخلیه مجاز است.

زمانی که رطوبت خاک به حد پایینی رطوبت سهل‌الوصول (Θ_{MAD}) رسید، عمق آب آبیاری براساس کمبود رطوبت خاک مطابق با رابطه ۲ اعمال شد.

$$\text{رابطه ۲: } d = (\Theta_{\text{FC}} - \Theta_{\text{soil}}) D$$

$$\text{رابطه ۳: } V = d \times A \times 1000$$

دراین رابطه d = عمق آب مورد نیاز (m)، D : عمق مؤثر ریشه گیاه (m)، Θ_{soil} رطوبت خاک پیش از آبیاری (m/m)، A سطح کرت (m^2)، V حجم آبیاری (L) است.

جهت اندازه‌گیری روغن دانه، مقدار ۲ گرم نمونه آسیاب و خشک‌شده مربوط به هر کرت، توسط دستگاه سوکسله به‌مدت ۱۶ ساعت در مجاورت حلال پترولیوم اتر مورد استخراج

روغن قرار گرفت و پس از توزین توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم، مقدار روغن نمونه هر کرت براساس ماده خشک به‌صورت درصد تعیین گردید (Asghari and Gharibi, 2016). عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست آمد.

به‌منظور تعیین شاخص‌های رشد، نمونه‌برداری اول یک ماه بعد از کاشت صورت گرفت و نمونه‌برداری‌های بعدی با فواصل هر ۱۰ روز یکبار تا مرحله بلوغ فیزیولوژیک بوته‌های گلرنگ صورت پذیرفت. مساحت برگ بوته‌ها توسط عکس‌برداری و اسکن و محاسبه با نرم‌افزار Image processing اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی گیاه بافت‌های گیاهی به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار گرفتند. با اندازه‌گیری‌های فوق و رابطه‌های زیر شاخص‌های سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate) رابطه ۴، شاخص سطح برگ (Leaf Area Index) رابطه ۵، محاسبه شد (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰).

$$\text{رابطه ۴: } \text{CGR} = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) \text{GA}$$

$$\text{رابطه ۵: } \text{LAI} = \text{LA} / \text{GA}$$

GA سطح زمین اشغال‌شده توسط گیاه، W وزن خشک گیاه و T زمان نمونه‌برداری است.

به‌منظور تعیین محتوای نسبی آب برگ، برگ‌ها به قطعات یک سانتی‌متری تقسیم شدند و وزن تر آنها تعیین گردید. سپس قطعات برگگی ۱۸-۱۶ ساعت در دمای اتاق (تقریباً ۲۰ درجه سانتی‌گراد) در داخل آب‌مقطر قرار داده شدند. پس از این مدت وزن قطعات برگگی تعیین گردید. آنگاه قطعه‌های برگگی به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و وزن خشک آنها نیز اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر به‌دست آمد (Barrsu and

(Weatherley, 1962).

رابطه ۶:

$$RWC\% = \frac{(\text{وزن تر} - \text{وزن خشک})}{(\text{وزن آماس} - \text{وزن خشک})} \times 100$$

میزان کلروفیل با استفاده از روش بدون لهیدگی صورت گرفت. نمونه‌های برگ ۰/۵ گرم در ۵ میلی‌لیتر از دی‌متیل سولفوکسید در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار کلروفیل تعیین شد. میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۵، ۶۴۵ نانومتر ثبت گردید و با رابطه ۷ و ۸ میزان کلروفیل a و b محاسبه گردید (Prochazka et al., 1998).

$$\text{رابطه ۷: } Chla = (12.19 A665) - (3.45 A645)$$

$$\text{رابطه ۸: } Chlb = (21.99 A645 - 5.32 A665)$$

تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) انجام گرفت و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم جداول نیز توسط نرم‌افزارهای Excel و word صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ: نتایج نشان داد که اثرات ساده سال، تیمارهای کم آبیاری، ژنوتیپ، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش تیمار کم آبیاری $\times$ ژنوتیپ بر میزان محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین نتایج نشان داد که در تیمار کم آبیاری بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ (۹۲/۱ درصد) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گلرنگ و ژنوتیپ سینا و کمترین میزان آن (۵۹/۳۸ درصد) مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گلرنگ و ژنوتیپ محلی اصفهان بود (جدول ۳). در اثر محلول‌پاشی بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ به ترتیب مربوط به محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی بود (جدول ۶).

در این پژوهش میزان محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ

سینا نسبت به ژنوتیپ فرامان و محلی اصفهان در شرایط کم آبیاری بیشتر بود. دلیل محتوای نسبی آب برگ بالاتر در ژنوتیپ سینا نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها می‌تواند به علت وجود سازوکارهای حفظ آب از طریق کاهش تعرق روزنه‌ای باشد. احتمالاً وجود خار بر روی برگ‌های این ژنوتیپ، سبب بازتابش میزانی از نور دریافتی توسط برگ‌ها شده و دریافت انرژی کمتر، سبب تعدیل دمای برگ‌ها گردیده که نتیجه آن کاهش تعرق از سطح برگ است در نتیجه رطوبت بیشتری در برگ‌ها باقی مانده و در نتیجه محتوای نسبی آب برگ این ژنوتیپ بیشتر بوده است. تفاوت محتوای رطوبت نسبی بین ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی توسط ظفری و همکاران (۱۳۹۶) نیز گزارش شده است.

در این پژوهش مشاهده شد که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ شد. گزارش شده که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش تجمع پرولین و قندها می‌شود و تجمع این ترکیبات به‌عنوان اسمولیت‌های آلی نقش به‌سزایی در تنظیم اسمزی و حفظ محتوای نسبی آب دارد و کاهش اثر تنش خشکی دارد (پورقاسمیان و مرادی، ۱۳۹۴).

در این پژوهش محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک محتوای نسبی آب برگ را تحت شرایط تنش کم آبیاری افزایش داد. قابلیت تنظیم اسمزی به‌میزان کاهش پتانسیل آب بستگی دارد و می‌توان گفت تنظیم اسمزی یکی از مکانیسم‌های مقاومت در برابر خشکی است که موجب حفظ محتوای نسبی آب برگ می‌شود (ظفری و همکاران، ۱۳۹۶). گزارش شده که محلول‌پاشی با متیل جاسمونات موجب افزایش مقدار قند و محلول پرولین در برگ گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) شد و محتوای نسبی برگ را تحت تنش شوری افزایش داد (وطن‌خواه و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین این احتمال وجود دارد که اسید جاسمونیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده می‌تواند تولید مواد تنظیم‌کننده اسمزی به‌ویژه ساخت قندها و پرولین را در جهتی القا کند که در نهایت موجب حفظ محتوای نسبی آب گیاه شود.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله (۱۳۹۵-۱۳۹۶) برخی از صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های گلرنگ

منابع تغییرات	df	محتوای نسبی آب برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	حداکثر شاخص سطح برگ
سال	۱	۲۵/۲۲*	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۵۴**
تکرار(سال)	۴	۲۰/۴۲	۰/۳۳۵	۰/۱۲	۶/۹۵
تنش کم آبی	۲	۹۰۰۵/۶۱**	۳/۶۷**	۱/۹۷**	۷/۰۴**
سال × تنش کم آبی	۲	۱/۵۸ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱*
خطای اصلی	۸	۳۷/۳۷	۰/۰۲۶	۰/۰۱۶	۰/۰۲
ژنوتیپ	۲	۴۸۶/۱۸**	۰/۷۰**	۰/۷۵**	۱۴/۱۶**
سال × ژنوتیپ	۲	۱/۴۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۱۲*
تنش کم آبی × ژنوتیپ	۴	۲۸/۳۴**	۰/۰۱۱*	۰/۰۲۴*	۰/۱۴**
سال × تنش کم آبی × ژنوتیپ	۴	۲/۴۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
محلول پاشی	۴	۳۳۶**	۰/۰۱۱**	۰/۳**	۱/۱۲**
سال × محلول پاشی	۲	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
تنش کم آبی × محلول پاشی	۲	۰/۹۶ ^{ns}	۰/۰۱۵*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
سال × تنش کم آبی × محلول پاشی	۴	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
ژنوتیپ × محلول پاشی	۴	۶/۸۲ ^{ns}	۰/۰۲۱**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
سال × ژنوتیپ × محلول پاشی	۴	۲/۵۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
تنش کم آبی × ژنوتیپ × محلول پاشی	۸	۳/۷۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
سال × تنش کم آبی × ژنوتیپ × محلول پاشی	۸	۲/۴۷ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
اشتباه فرعی	۹۵	۴/۴۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۳
ضریب تغییرات (%)		۲/۷۸	۵/۴۸	۱۲/۵۸	۶/۷۲

ns عدم تفاوت معنی دار و * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

محتوای کلروفیل: اثرات ساده سال، تیمارهای کم آبیاری،

ژنوتیپ و محلول پاشی بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b معنی دار شد و اثر برهمکنش تنش کم آبیاری × ژنوتیپ تنها بر کلروفیل a معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۶۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ژنوتیپ سینا و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان آن (۰/۹۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به دست آمد (جدول ۳). میزان کلروفیل a در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ اصفهان ۴۴/۳۷ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ژنوتیپ سینا کاهش یافت (جدول ۳). برهمکنش تیمار کم

آبیاری × محلول پاشی و همچنین برهمکنش ژنوتیپ × محلول پاشی بر کلروفیل a معنی دار شد (جدول ۲). تحت تأثیر برهمکنش تیمار کم آبیاری × محلول پاشی بیشترین میزان کلروفیل a از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و محلول پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰mM و کمترین آن از تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری و تیمار بدون محلول پاشی به دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که میزان کلروفیل a در تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری و بدون محلول پاشی ۴۰/۷۱ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و محلول پاشی با اسید آسکوربیک کاهش یافت (جدول ۴). همچنین تحت برهمکنش تیمار ژنوتیپ × محلول پاشی

ادامه جدول ۲-

منابع تغییرات	df	حداکثر سرعت رشد محصول	درصد روغن	عملکرد روغن	عملکرد دانه
سال	۱	۴۶/۹۰**	۰/۵ ^{ns}	۱۳۲۰/۶۳**	۳۱۶/۰۸ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۱۷۷۷/۱۵	۲/۳۶	۹۹۲/۱۰	۷۸۰۱/۸۸**
تنش کم آبی	۲	۲۱۰۴/۵۵**	۸/۴۳**	۹۶۲۳۸/۸۳**	۸۳۱۹۲۴/۳۷**
سال × تنش کم آبی	۲	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۱۴/۶۱ ^{ns}	۴۱۹۱/۱۹ ^{ns}
خطای اصلی	۸	۴۰/۱۶	۰/۴۱	۱۴۰/۰۳	۱۶۶۴۹/۹
ژنوتیپ	۲	۱۷۶۴/۶۰**	۸۱/۲**	۲۰۹۷۲/۷۱**	۱۷۱۱۸۶۳/۷۷**
سال × ژنوتیپ	۲	۱/۶۰ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۶/۷۵ ^{ns}	۱۲۶۸/۰۱ ^{ns}
تنش کم آبی × ژنوتیپ	۴	۳۱/۴۸**	۰/۶*	۴۶۶/۶۳**	۴۶۰۹/۲۱**
سال × تنش کم آبی × ژنوتیپ	۴	۰/۵۹ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۸/۸۴ ^{ns}	۲۹۳۴۳۴/۳۱ ^{ns}
محلول پاشی	۴	۲۲۹/۰۹**	۳/۵۵**	۱۷۰۱۴/۷۹**	۱۹۶۴۷۷/۸۶**
سال × محلول پاشی	۲	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۴/۷۲ ^{ns}	۶۲۷/۳۶ ^{ns}
تنش کم آبی × محلول پاشی	۲	۸/۵۷ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۱۳۹/۵۰**	۶۹۲/۵۹ ^{ns}
سال × تنش کم آبی × محلول پاشی	۴	۰/۵۰ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۸/۱۲ ^{ns}	۷۵۲/۶۹ ^{ns}
ژنوتیپ × محلول پاشی	۴	۷/۱۲ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۳۳۹/۸۲**	۱۰۰۹/۲۸ ^{ns}
سال × ژنوتیپ × محلول پاشی	۴	۱/۴۷ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۵/۶۸ ^{ns}	۶۶۶/۱۹ ^{ns}
تنش کم آبی × ژنوتیپ × محلول پاشی	۸	۱/۳۴ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۱۰/۶۰ ^{ns}	۲۵۰/۲۸ ^{ns}
سال × تنش کم آبی × ژنوتیپ × محلول پاشی	۸	۱/۹۲ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۷/۵۹ ^{ns}	۵۹۲/۷۷ ^{ns}
اشتباه فرعی	۹۵	۶/۴۱	۰/۱۹	۲۹/۷۶	۱۱۶۸/۷۲
ضریب تغییرات (%)		۸/۳۸	۲/۸۶	۳/۳۶	۲/۲۵

ns عدم تفاوت معنی دار و * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

۳. در اثر محلول پاشی بیشترین میزان کلروفیل b به ترتیب مربوط به محلول پاشی با اسید آسکوربیک و محلول پاشی با اسید جاسمونیک و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی بود و میزان کلروفیل b در اثر محلول پاشی با اسید آسکوربیک ۲۰/۵۴ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی افزایش یافت (جدول ۶).

گزارش شده که کاهش در میزان کلروفیل a و b تحت شرایط تنش خشکی به علت تخریب بیشتر کلروفیل نسبت به سنتز آن است (Thalooth et al., 2006). از دلایل دیگر کاهش مقدار رنگیزه های فتوسنتزی در وضعیت تنش، می توان عمدتاً به موارد تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی،

بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به ژنوتیپ سینا و محلول پاشی با اسید آسکوربیک و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار بدون محلول پاشی بود (جدول ۵). به طوریکه میزان کلروفیل a در ژنوتیپ اصفهان و بدون محلول پاشی ۲۳/۵۲ درصد در مقایسه با ژنوتیپ سینا و محلول پاشی با اسید آسکوربیک کاهش یافت (جدول ۵).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۹۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به برهمکنش تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و ژنوتیپ سینا و کمترین آن (۰/۳۸ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و ژنوتیپ محلی اصفهان بود (جدول

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش کم آبیاری و ژنوتیپ بر برخی صفات فیزیولوژیکی، شاخص‌های رشد، درصد روغن و عملکرد روغن

آبیاری	ژنوتیپ	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	حداکثر شاخص سطح برگ
۱۰۰ درصد نیاز آبی	سینا	۹۲/۱ ^a	۱/۶۹ ^a	۰/۹۵ ^a	۳/۴۶ ^a
	فرامان	۸۹/۰۵ ^b	۱/۵۶ ^b	۰/۸۹ ^a	۳/۱۶ ^b
	محلی اصفهان	۸۳/۶۹ ^c	۱/۴۹ ^c	۰/۸۴ ^b	۲/۸۲ ^c
۷۵ درصد نیاز آبی	سینا	۷۸/۲۵ ^d	۱/۵۵ ^b	۰/۸۰ ^b	۲/۹۲ ^c
	فرامان	۷۶/۲۶ ^e	۱/۴۶ ^c	۰/۷۰ ^c	۲/۵۹ ^d
	محلی اصفهان	۷۴/۵۸ ^f	۱/۳۱ ^d	۰/۶۴ ^d	۲/۱۲ ^f
۵۰ درصد نیاز آبی	سینا	۶۵/۳۲ ^g	۱/۱۸ ^e	۰/۵۵ ^e	۲/۳۸ ^e
	فرامان	۶۲/۷۳ ^h	۱/۱ ^f	۰/۴۵ ^f	۲/۱ ^f
	محلی اصفهان	۵۹/۳۸ ⁱ	۰/۹۴ ^g	۰/۳۸ ^g	۱/۶۱ ^g

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول ۳-

آبیاری	ژنوتیپ	محصول (گرم بر متر مربع بر روز)	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
۱۰۰ درصد نیاز آبی	سینا	۳۹/۹۵ ^a	۲۷/۸۸ ^a	۲۳۲۵ ^a	۶۴۸ ^a
	فرامان	۳۵/۳۳ ^b	۲۷/۴۷ ^b	۲۲۸۲ ^b	۶۱۶ ^b
	محلی اصفهان	۲۸/۲۴ ^d	۲۵/۲۴ ^c	۱۹۲۴ ^c	۴۸۱ ^d
۷۵ درصد نیاز آبی	سینا	۳۲/۷۱ ^c	۲۷/۳۴ ^b	۲۰۲۰ ^d	۵۴۵ ^c
	فرامان	۲۷/۵۴ ^d	۲۷/۰۸ ^c	۱۵۲۳ ^e	۴۱۱ ^e
	محلی اصفهان	۲۱/۹۰ ^e	۲۵/۲۶ ^e	۱۶۲۴ ^f	۴۰۶ ^f
۵۰ درصد نیاز آبی	سینا	۲۶/۳۲ ^d	۲۶/۷۷ ^d	۱۵۹۱ ^g	۴۱۳ ^d
	فرامان	۲۱/۱۲ ^e	۲۶/۷۰ ^d	۱۵۰۱ ^h	۳۰۹ ^e
	محلی اصفهان	۱۶/۶۲ ^f	۲۴/۷۸ ^f	۱۰۲۰ ⁱ	۲۴۴ ^f

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

(Neocleous and Vasilakakis, 2007). کاهش میزان کلروفیل a و b تحت شرایط تنش خشکی در گیاه گلرنگ توسط اشرفی و رزمجو (۱۳۸۸) نیز گزارش شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی با اسید

فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها واکنش آنها با اکسیژن یکتایی، تخریب پیش‌ماده‌های سنتزکننده کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال‌شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل از جمله کلروفیل‌از و اختلالات هورمونی اشاره کرد

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی بر کلروفیل a و عملکرد روغن

عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	محلول پاشی	آبیاری
۴۱۵ ^b	۱/۴۵ ^c	بدون محلول پاشی	۱۰۰ درصد نیاز آبی
۴۵۴ ^a	۱/۶۷ ^a	اسید آسکوربیک	
۴۵۵ ^a	۱/۶۳ ^a	اسید جاسمونیک	
۳۸۰ ^d	۱/۳۶ ^d	بدون محلول پاشی	۷۵ درصد نیاز آبی
۴۱۳ ^b	۱/۵۱ ^b	اسید آسکوربیک	
۴۰۸ ^c	۱/۴۵ ^c	اسید جاسمونیک	
۳۴۱ ^g	۰/۹۹ ^f	بدون محلول پاشی	۵۰ درصد نیاز آبی
۳۷۰ ^e	۱/۱۲ ^e	اسید آسکوربیک	
۳۶۴ ^f	۱/۱۱ ^e	اسید جاسمونیک	

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ و محلول پاشی بر کلروفیل a و عملکرد روغن

عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	محلول پاشی	ژنوتیپ
۴۳۳ ^b	۱/۴۸ ^b	بدون محلول پاشی	سینا
۴۷۳ ^a	۱/۵۳ ^a	اسید آسکوربیک	
۴۷۰ ^a	۱/۵۱ ^a	محلول پاشی	
۳۸۸ ^e	۱/۳۹ ^d	بدون محلول پاشی	فرامان
۴۲۰ ^c	۱/۴۸ ^b	اسید آسکوربیک	
۴۱۶ ^d	۱/۴۳ ^c	اسید جاسمونیک	
۳۱۶ ^h	۱/۱۷ ^f	بدون محلول پاشی	محلی اصفهان
۳۴۵ ^f	۱/۲۹ ^e	اسید آسکوربیک	
۳۴۰ ^g	۱/۲۷ ^e	اسید جاسمونیک	

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

(۲۰۰۹) مبنی بر اینکه محلول پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش میزان کلروفیل a و b در گیاه ذرت شد مطابقت دارد. با توجه به نتایج این پژوهش مشاهده شد که محلول پاشی با اسید جاسمونیک نیز میزان کلروفیل را افزایش داد. به نظر می‌رسد کاربرد خارجی اسید جاسمونیک نیز مانند محلول پاشی با اسید آسکوربیک به دلیل خواص ضد اکسیداسیونی، موجب

آسکوربیک موجب افزایش میزان کلروفیل a و b شد. احتمالاً اسید آسکوربیک به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان از طریق جاروب نمودن ترکیبات اکسیدکننده از آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تجمع انواع گونه‌های فعال اکسیژن رنگیزهای فتوسنتزی مانند کلروفیل می‌کاهد (Dolatabadian et al., 2009). نتایج این پژوهش با نتایج Dolatabadian و همکاران

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار محلول‌پاشی بر برخی از شاخص‌های رشد، درصد روغن و عملکرد دانه

محتوای نسبی آب	کلروفیل b	حداکثر شاخص	حداکثر سرعت	درصد	عملکرد دانه
برگ	(میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	سطح برگ	رشد محصول	روغن	(کیلوگرم در هکتار)
محلول‌پاشی	(درصد)		(گرم بر متر مربع بر روز)		
بدون محلول‌پاشی	۷۲/۸۵ ^b	۰/۵۸ ^c	۲/۵۵ ^b	۲۷/۸۲ ^b	۲۶/۲۱ ^b
اسید جاسمونیک	۷۶/۷۵ ^a	۰/۶۸ ^b	۲/۷۹ ^a	۳۱/۲۲ ^a	۲۶/۵۹ ^a
اسید آسکوربیک	۷۷/۴۹ ^a	۰/۷۳ ^a	۲/۸۱ ^a	۳۱/۵۳ ^a	۲۶/۷۰ ^a

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

حفاظت از رنگیزه‌های فتوسنتزی در برابر ترکیبات اکسیدکننده شده و از تخریب آنها جلوگیری کرده است. درآزمایشی، کاربرد اسید جاسمونیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در چند گونه از جنس براسیکا که به مدت ۱۰ روز در معرض تنش خشکی قرار گرفته بودند سبب افزایش وزن تر، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ تمام گونه‌های مورد آزمایش در مقایسه با شاهد گردید (Mahabub Alam et al., 2014).

شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول: اثرات ساده تیمارهای کم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی بر شاخص سطح برگ (قبل از گلدهی) و حداکثر سرعت رشد گیاه (قبل از گلدهی) معنی‌دار بود، اما اثرات ساده سال تنها بر شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که اثر برهمکنش تیمار کم آبیاری و ژنوتیپ بر حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر سرعت رشد محصول معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نتایج نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۴۶) و سرعت رشد محصول (۳۹/۹۵ گرم بر متر مربع بر روز) مربوط به ژنوتیپ سینا و رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گلرنگ و کمترین میزان شاخص سطح برگ (۱/۶۱) و سرعت رشد محصول (۱۶/۶۲ گرم بر متر مربع بر روز) مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان و ۵۰ درصد نیاز آبیاری بود (جدول ۴). میزان شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ اصفهان به ترتیب ۵۳/۴۶ درصد و ۵۸/۳۹ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ سینا

کاهش یافتند (جدول ۴). بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول مربوط به محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰mM و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی بود (جدول ۵). میزان شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک به ترتیب ۱۰/۱۹ درصد و ۱۱/۷۶ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی افزایش یافتند. تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول طی محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی وجود داشت.

نتایج این پژوهش با نتایج بالجانی و شکاری (۱۳۹۱) مبنی بر اینکه تنش کم‌آبی موجب کاهش شاخص سطح برگ در ژنوتیپ‌های گلرنگ می‌شود، مطابقت دارد. احتمالاً کم آبیاری موجب کاهش رشد از طریق کاهش توسعه سلولی ناشی از کاهش فشار تورژسانس و تقسیم سلولی و کاهش فتوسنتز ناشی از بسته‌شدن روزنه‌ها شده است و در نهایت موجب کاهش سطح برگ است. گزارش شده که تنش خشکی از طریق افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز سبب کاهش سرعت رشد محصول می‌گردد (Jamali, 2013). با توجه به نتایج این پژوهش بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر شاخص سطح برگ تفاوت وجود داشت که احتمالاً به دلیل تفاوت ژنتیکی ژنوتیپ‌ها و از سوی دیگر بهره‌برداری بیشتر از عوامل محیطی توسط ژنوتیپ سینا بوده است که موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به آغازه‌های برگ و افزایش تعداد

برگ در ژنوتیپ سینا در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان شده است. بیشتر بودن شاخص سطح برگ و احتمالاً دوام سطح برگ در ژنوتیپ سینا در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان سبب افزایش میانگین سرعت رشد محصول و حفظ این سرعت برای زمان طولانی‌تری در دوره رشد گیاه شده و سرانجام عملکرد دانه بیشتری را تولید کرده است.

اسید آسکوربیک به عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان احتمالاً از طریق جارونمودن ترکیبات اکسیدکننده مانند هیدروژن پراکسید از بسته شدن روزنه‌ها توسط هیدروژن پراکسید کاسته و همچنین از آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تجمع انواع گونه‌های فعال اکسیژن بر آنزیم‌های چرخه کالوین و رنگیزهای فتوسنتزی مانند کلروفیل می‌کاهد (Dolatabadian *et al.*, 2009). بنابراین به نظر می‌رسد که این ترکیب آنتی‌اکسیدانی با بهبود وضعیت فتوسنتز و کاهش ترکیبات اکسیدکننده می‌تواند در افزایش توسعه سلولی، کاهش تنفس و در نهایت در افزایش سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول مؤثر باشد. افزایش سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول در ژنوتیپ‌های گلرنگ طی محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی به علت افزایش جذب عناصر غذایی ضروری (Mady, 2009) و نقش اسید جاسمونیک به عنوان یک جاروب‌کننده ترکیبات اکسیدکننده که موجب بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی و میزان فتوسنتز می‌شود، بر می‌گردد (Joseph *et al.*, 2010). تأثیر محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک در بهبود شاخص سطح برگ در گیاه گلرنگ توسط (Ghassemi-Golezani and Hosseinzadeh, 2015) نیز گزارش شده است.

درصد روغن: اثرهای ساده سال، تنش کم‌آبی، ژنوتیپ و محلول‌پاشی و برهمکنش تیمار کم آبیاری و ژنوتیپ بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوریکه بیشترین درصد روغن (۲۷/۸۸) از ژنوتیپ سینا و رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان درصد روغن (۲۴/۷۸) از ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به دست آمد (جدول ۳). میزان درصد روغن در تیمار ۵۰ درصد نیاز

آبیاری و ژنوتیپ اصفهان ۱۱/۱۱ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ سینا کاهش یافت (جدول ۳). در اثر محلول‌پاشی بیشترین درصد روغن دانه از محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰mM و کمترین آن از تیمار بدون محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۶). همچنین نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر درصد روغن دانه در تیمار محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک و تیمار بدون محلول‌پاشی وجود دارد (جدول ۶).

گزارش شده که درصد روغن دانه گلرنگ در اثر تیمارهای مختلف آبیاری تغییر اندکی می‌کند اما این تغییر معنی‌دار است (Ashrafi and Razmjoo, 2010). از جمله دلایلی که برای تغییرات اندک درصد روغن دانه در شرایط تیمارهای مختلف آبیاری آورده شده این است که مقدار روغن دانه صفتی کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و بنابراین احتمال آسیب دیدن تمامی ژن‌های کنترل‌کننده این صفت بسیار کم است (Jensen *et al.*, 1996). نکته دیگر این که درصد روغن دانه عبارت است از نسبت روغن موجود در دانه به کل وزن دانه که شامل پوست و فیبر نیز می‌شود. چون در شرایط اعمال تنش، کل وزن دانه نیز کاهش می‌یابد این نکته باعث می‌شود که با وجود کاهش میزان روغن دانه، درصد روغن دانه تغییر زیادی نداشته باشد (توکلی، ۱۳۸۱).

در این پژوهش تفاوت معنی‌دار درصد روغن دانه در ژنوتیپ سینا و فرامان با ژنوتیپ محلی اصفهان احتمالاً به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی در رابطه با ژن‌های کنترل‌کننده میزان روغن دانه و همچنین سازگاری بیشتر ژنوتیپ سینا و فرامان با شرایط محیطی بوده است که موجب افزایش بهره‌برداری از پتانسیل‌های محیطی و افزایش سنتز مواد فتوسنتزی و تخصیص آن به دانه شده و میزان سنتز روغن را افزایش داده است. از سوی دیگر به نظر می‌رسد که طول دوره پرشدن دانه در ژنوتیپ سینا و فرامان در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان بیشتر بوده و فرصت بیشتری جهت سنتز روغن ایجاد نموده است. نتایج به دست آمده با نتایج گزارش شده اشرفی و رزمجو (۱۳۸۸) مبنی بر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت

رژیم‌های کم آبیاری از نظر درصد روغن مطابقت دارد. تحت تأثیر محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک درصد روغن دانه افزایش پیدا کرد. مطابق با نتایج این پژوهش محققان مختلفی (Helmy, 2014; Osman et al., 2014) نتایج مشابهی در رابطه با اثر اسید آسکوربیک بر افزایش درصد روغن دانه گیاهان مختلف گزارش کرده‌اند. محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک نیز موجب افزایش درصد روغن دانه شد. به نظر می‌رسد که اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک از طریق کاهش ترکیبات اکسیدکننده و افزایش جذب عناصر غذایی موجب بهبود شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول شده و در نهایت با افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه میزان سنتز روغن را افزایش داده‌اند.

عملکرد دانه: اثرات ساده سال، تیمار کم آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که برهمکنش تنش کم آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه (۲۳۲۵ کیلوگرم در هکتار) از ژنوتیپ سینا و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان عملکرد دانه (۱۰۲۰ کیلوگرم در هکتار) از ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به دست آمد (جدول ۳). میزان عملکرد دانه در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ اصفهان ۵۶/۱۲ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ سینا کاهش یافت (جدول ۳). در تیمار محلول‌پاشی بیشترین عملکرد دانه (۲۰۱۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و کمترین آن (۱۹۲۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی بود (جدول ۶). به طوریکه محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۴/۴۲ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی شد (جدول ۶).

کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تیمار کم آبیاری در گیاه گلرنگ به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان برای آب و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غوزه و وزن هزار دانه گیاه است (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین کم آبیاری باعث ایجاد

تنش اکسیداتیو و اختلال در ساختار کلروپلاست و کاهش محتوی کلروفیل شده و در نتیجه منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی و عملکرد دانه گیاه شده است (Amini et al., 2013). بین ژنوتیپ‌های گلرنگ تفاوت‌های معنی‌داری از نظر عملکرد دانه در واحد سطح گزارش شده است (بهدانی و جامی‌الاحمدی، ۱۳۸۹؛ کافی و رستمی، ۱۳۸۶). عملکرد دانه حاصل ضرب اجزا عملکرد، یعنی تعداد واحد زایشی در واحد سطح، تعداد دانه در واحد زایشی و متوسط وزن هزار دانه است ژنوتیپ سینا دارای تعداد واحد زایشی و وزن دانه بیشتری است که زمینه را جهت افزایش عملکرد این ژنوتیپ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی ایجاد نموده است. به نظر می‌رسد علت افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک به علت خواص آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات بوده که با جاروب کردن ترکیبات اکسیدکننده موجب بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی و میزان فتوسنتز شده‌اند و احتمالاً با بهبود وضعیت فتوسنتز و کاهش ترکیبات اکسیدکننده میزان توسعه سلولی افزایش و میزان تنفس کاهش یافته و در نهایت سطح برگ و سرعت رشد محصول افزایش یافته و موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به آغازه‌های رویشی شاخه‌ها شده و تعداد شاخه‌ها افزایش یافته و زمینه را جهت افزایش تعداد غوزه در بوته گلرنگ فراهم نموده است و از سوی دیگر افزایش میزان مواد فتوسنتزی موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به غوزه و دانه شده و موجب حفظ غوزه‌ها شده و از سقط دانه‌ها نیز جلوگیری کرده و طول دوره پرشدن دانه را نیز افزایش داده و در نهایت با توجه به موارد بیان‌شده این ترکیبات (اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک) موجب افزایش عملکرد دانه شده‌اند.

عرب و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه گلرنگ شد. همچنین مرادی توچایی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش درصد روغن در گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) شد.

گزارش شده که محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک موجب افزایش عملکرد دانه گلرنگ می‌شود (Ghassemi-Golezani and Hosseinzadeh, 2015).

عملکرد روغن: اثرات ساده سال، ژنوتیپ، تیمار کم آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد روغن معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که اثر برهمکنش تنش کم آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد روغن (۶۴۸ کیلوگرم در هکتار) از ژنوتیپ سینا و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گلرنگ و کمترین میزان عملکرد روغن (۲۴۴ کیلوگرم در هکتار) از ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به‌دست آمد (جدول ۳). میزان عملکرد روغن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ اصفهان ۶۲/۳۴ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ سینا کاهش یافت (جدول ۳). برهمکنش تیمار آبیاری و محلول‌پاشی و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و محلول‌پاشی بر عملکرد روغن معنی‌دار شد (جدول ۲). تحت تأثیر برهمکنش تیمار کم آبیاری و محلول‌پاشی بیشترین عملکرد روغن از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰mM و کمترین آن از تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی و تیمار بدون محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که عملکرد روغن در تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری و بدون محلول‌پاشی ۱۷/۸۳ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک کاهش یافت (جدول ۴). همچنین تحت برهمکنش تیمار ژنوتیپ و محلول‌پاشی بیشترین عملکرد روغن مربوط به ژنوتیپ سینا و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار بدون محلول‌پاشی بود (جدول ۵). به طوریکه عملکرد روغن در ژنوتیپ محلی اصفهان و بدون محلول‌پاشی ۳۳/۱۹ درصد در مقایسه با ژنوتیپ سینا و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک کاهش یافت (جدول ۵). نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی، موجب افزایش عملکرد روغن شد (جدول ۵). با در نظر گرفتن اینکه

عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد روغن حاصل می‌شود می‌توان دریافت که علت کاهش عملکرد روغن به‌علت کاهش درصد و عملکرد روغن تحت تیمارهای کم آبیاری بوده است. در آزمایشی که با تیمارهای سطوح مختلف آبیاری براساس ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی بر روی ژنوتیپ‌های گلرنگ انجام گرفت، بیشترین عملکرد روغن به مقدار (۴۰۷ کیلوگرم در هکتار) با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین عملکرد روغن نیز به مقدار (۲۹۷/۷ کیلوگرم در هکتار) با تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (فراست و همکاران، ۱۳۸۷). این احتمال وجود دارد که تفاوت معنی‌دار درصد روغن و به‌خصوص عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های سینا و فرامان با ژنوتیپ محلی اصفهان موجب تفاوت معنی‌دار عملکرد روغن این دو ژنوتیپ با ژنوتیپ محلی اصفهان شده است. تفاوت عملکرد روغن بین ژنوتیپ‌های گلرنگ توسط پاسبان اسلام (۱۳۹۰) نیز گزارش شده است. با توجه به اینکه عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد روغن حاصل می‌شود به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک از طریق افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدان و کاهش ترکیبات اکسیدکننده و همچنین افزایش بهره‌برداری از پتانسیل‌های محیطی موجب افزایش میزان فتوسنتز شده‌اند و با افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه و همچنین به‌نظر می‌رسد که این ترکیبات از طریق افزایش طول دوره پرشدن دانه درصد روغن دانه گلرنگ را افزایش داده‌اند. همچنین احتمالاً این ترکیبات با کاهش فعالیت ترکیبات اکسیدکننده و کاهش اکسیداسیون سلول‌ها و افزایش فتوسنتز موجب افزایش وزن دانه، تعداد دانه در غوزه و تعداد غوزه در بوته و درنهایت موجب افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گیاه گلرنگ شده‌اند بنابراین با افزایش درصد روغن و عملکرد دانه عملکرد روغن نیز افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تفاوت‌های موجود در بین ژنوتیپ‌ها و همچنین تأثیر محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک و اسید

آسکوربیک جهت افزایش میزان صفات مورد بررسی می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌ها و ترکیبات مناسب جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش کم آبیاری به منظور دستیابی به افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن مورد استفاده قرار گیرد. احتمالاً این ترکیبات با افزایش فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدان و کاهش اکسیداسیون سلول‌ها و افزایش فتوسنتز موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن در ژنوتیپ‌های گیاه گلرنگ شده‌اند. بنابراین محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر گیاه گلرنگ پیشنهاد می‌شود.

منابع

- احمدزاده، ص.، کدیور، م. و سعیدی، ق. ا. (۱۳۸۸) بررسی خصوصیات روغن و ترکیب دانه در تعدادی از لاین‌ها و واریته‌های گلرنگ. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ایران ۵: ۱۵۰-۱۳۶.
- اشرفی، ا. و رزمجو، ج. (۱۳۸۸) بررسی هیدروپرایمینگ بر خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گلرنگ تحت تنش خشکی. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۱: ۴۳-۳۵.
- امام، ی. و نیک‌نژاد، م. (۱۳۹۰) مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز.
- بهدانی، م. و جامی‌الاحمدی، م. (۱۳۸۹) عکس‌العمل ارقام بهاره گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به فواصل مختلف آبیاری در شرایط بیرجند. پژوهش‌های زراعی ایران ۸: ۳۲۳-۳۱۵.
- بالجانی، ر. و شکاری، ف. (۱۳۹۱) تأثیر پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۲: ۸۷-۱۰۷.
- پازکی، ع. (۱۳۹۴) بررسی اثر محلول‌پاشی آسکوربات و جیبرلین بر میزان پرولین و برخی صفات رویشی گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) در شرایط تنش شوری. مجله پژوهش‌های به‌زراعی ۷: ۶۷-۵۴.
- پاسبان اسلام، ب. (۱۳۹۰) تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۲: ۲۸۳-۲۷۵.
- پورقاسمی، د.، رضایی‌نژاد، ع. الف. و چهارزی، م. (۱۳۹۴) اثر اسید آسکوربیک بر خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های برگ موجی و برگ صاف آلترنانترا (*Alternanthera repens*) تحت تنش شوری. مجله تولیدات گیاهی ۳۸: ۷۶-۶۶.
- پورقاسمیان، ن. و مرادی، ر. الف. (۱۳۹۴) بررسی اثر تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی در گیاه همیشه‌بهار. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۶: ۸۸-۷۸.
- توکلی، ا. (۱۳۸۱) بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران.
- خلیلی، م.، تقوی، م. و پور ابوقدره، ع. (۱۳۹۲) ارزیابی عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی و مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) در شرایط آبیاری و دیم. اصلاح گیاهان زراعی ۱۶: ۱-۱۴۸.
- شالچی، م.، سپهری، ع. و احمدوند، گ. (۱۳۸۶) ویژگی‌های رشد، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و میزان روغن سه رقم گلرنگ تحت تنش خشکی در همدان. پژوهش کشاورزی (آب خاک و گیاه در کشاورزی) ۷: ۸۵-۷۱.
- سلیمی، ف. و شکاری، ف. (۱۳۹۱) تأثیر متیل جاسمونات و تنش شوری روی برخی خصوصیات ریخت‌شناسی و عملکرد گل در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilia* L.). مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران ۴: ۳۸-۲۷.

ظفری، م.، عبادی، ع.، جهانبخش، س. و صدقی، م. (۱۳۹۶) اثر براسینواستروئیدها بر تحمل ارقام گلرنگ به تنش خشکی در اردبیل. نشریه تولید گیاهان زراعی ۱۰: ۳۱-۱۷.

عرب، ص.، برادران فیروز آبادی، م. و اصغری، ح. (۱۳۹۴) تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپرو ساید بر رنگیزه های فتوسنتزی و برخی صفات گلرنگ بهاره در شرایط تنش کم آبیاری. مجله تولیدات گیاهی ۳۸: ۹۴-۱۰۴.

فراست، م.، ساجدی، ن. و میرزاخانی، م. (۱۳۸۷) واکنش صفات گیاهی چهار ژنوتیپ گلرنگ در شرایط تنش کمبود آب. یافته های نوین کشاورزی ۳: ۸۱-۶۷.

فرشی، ع.، سیادت، ح.، دربندی، ص.، انصاری، م.، خیرابی، ج.، میرلطیفی، م.، سلامت، ع. و سادات میری، م. ح. (۱۳۸۲) مدیریت آب آبیاری در مزرعه. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

فناپی، ح. ر. و پیری، ع. (۱۳۹۴) اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد دانه و روغن گلرنگ تحت شرایط کم آبیاری. علوم و تحقیقات بذر ایران ۲: ۵۹-۴۹.

کافی، م. و رستمی، م. (۱۳۸۶) اثر خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش های زراعی ایران ۵: ۱۳۱-۱۲۱.

لباسچی، م. ح. و شریفی عاشور آبادی، ا. (۱۳۸۳) استفاده از شاخص های فیزیولوژی رشد در بهره برداری مناسب از گل راعی. پژوهش و سازندگی ۶۵: ۷۵-۶۵.

مرادی توچالی، م.، سیف زاده، س.، ذاکرین، ح. ر. و ولدآبادی، ع. ر. (۱۳۹۶) بررسی اثر محلول پاشی متانول و اسید آسکوربیک بر رشد و عملکرد بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) در شرایط دیم. فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان زراعی ۹: ۸۲-۶۵.

نادری درباغشاهی، م. ر.، نور محمدی، ق.، مجیدی، ا.، دویش، ف.، شیرانی راد، ا. ح. و مدنی، ح. (۱۳۸۴) بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر صفات اکوفیزیولوژیکی سه الین گلرنگ در کاشت تابستانه در اصفهان. مجله نهال و بذر ۲۷: ۲۸۱-۲۶۱.

وطن خواه، الف.، کلانتری، ب. و عندلیبی، ب. (۱۳۹۵) اثر متیل جاسمونات بر برخی پاسخ های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L.) تحت تنش شوری. فرایند و کارکرد گیاهی ۵: ۱۷۱-۱۵۸.

یاری، پ.، کشتکار، ا. م. و سپهری، ع. (۱۳۹۳) بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر رشد و عملکرد گلرنگ بهاره. فناوری تولیدات گیاهی ۱۴: ۱۱۶-۱۰۲.

- Amini, H., Arzani, A. and Bahrami, F. (2013) Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress. International Journal of Plant Production 7: 598-614.
- Asghari, B. and Gharibi asl, S. (2016) The oil and protein content of Isfahan's safflower in different periods of irrigation, levels of humic acid and superabsorbent. International Journal of Life Science and Pharma Research 1: 56-63.
- Ashrafi, E. and Razmjoo, K. H. (2010) Effect of irrigation regimes on oil content and interspecific variation and environmental control. New Phytologist 193: 30-50.
- Barrsu, H. D. and Weatherley, P. E. (1962) A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Sciences 15: 413-428.
- Dolatabadian, A., Modares Sanavy, A. M. and Asilan, K. (2009) Effect of ascorbic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. Notulae Scientia Biologicae 2: 45-50.
- Erie, L. J. and French, O. F. (1987) Growth yield, and yield components of safflower as affected by irrigation regimes. Agronomy Journal 61: 111-113.
- Ghassemi-Golezani, k. and Hosseinzadeh-Mahootchi, A. (2015) Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. Walia Journal 31: 104-109.
- Helmy, A. M. (2014) Seed and oil productivity upon foliar spray of soybean (*Glycine max* L.) With humic and ascorbic acids with or without seed irradiation. Egypt Journal Soil Science 54: 1-20.

- Jamali, M. M. (2013) Investigate the effect of drought stress and different amount of chemical fertilizers on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). International Journal of Farming and Allied Sciences 2: 872-879.
- Jensen, C. R., Morgensen, V. O., Mortensen, G. and Fieldsend, J. K. (1996) Lucosinolate G, oil and protein of field grown rape affected by soil drying and evaporative demands. Field Crop Research 47: 693-705.
- Joseph, B., Jini, D. and Sujatha, S. (2010) Insight into the role of exogenous salicylic acid on plants grown under salt environment. Asian Journal of Crop Science 2: 226-235.
- Karimi, M. M. and Siddique, K. H. M. (1991) Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal Agricultural Research 42: 13-20.
- Levitt, J. (1980) Response of plants to environmental stresses. 2nd Ed. Academic Press, New York.
- Mady, M. A. (2009) Effect of foliar application with salicylic acid and vitamin E on growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Plant Journal of Agricultural Science 34: 6735-6746.
- Mahabub Alam, M. D., Kamrun, N., Hasanuzzaman, M. and Masayuki, F. (2014) Exogenous jasmonic acid modulates the physiology, antioxidant defense and glyoxalase systems in imparting drought stress tolerance in different Brassica species. Plant Biotechnology Reports 8: 279-293.
- Neocleous, D. and Vasilakakis, M. (2007) Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L.). Scientia Horticulturae 112: 282-289.
- Oliviera-Neto, C. F., Silva-Lobato, A. K., Goncalves-Vidigal, M. C., Costa, R. C. L., Santos.Filho, B. G., Alves, G. A. R., Silva-Maia, W. J. M., Cruz, F. J. R., Neres, H. K. B. and Santos Lopes, M. J. (2009) Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Science and Technology 7: 588-593.
- Osman, E. A. M., El-Galad, M. A., Khatab, K. A. and El-Sherif, M. A. B. (2014) Effect of compost rates and foliar application of ascorbic acid on yield and nutritional status of sunflower plants irrigated with saline water. Global Journal of Scientific Researches 2: 193-200.
- Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J. (1998) Plant physiology. Academia Praha.
- Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. and Morhinweg, D. W. (1988) Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Science 28: 526-531.
- Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tami, M. and Miagawa, Y. (2002) Regulation and function of ascorbic peroxidase isoenzymes. Journal Experiment Botany 53: 1305-1319.
- Siddique, M. R. B., Hamid, A. and Islam M. S. (2000) Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin-Academia Sinica 41: 35-39.
- Silva, M. A., Jifon, J. L., Silva, J. A. G. and Sharma, V. (2007) Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology 19: 193-201.
- Sinclair, T. R. and Ludlow, M. M. (1985) Who thought plant thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Australia Journal Plant Physiology 33: 312-317.
- Thalooth, A. T., Tawfik, M. M. and Magda Mohamed, H. (2006) A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plant grown under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences 2: 37-46.
- Wasternack, C. (2007) Jasmonates: An update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response. Growth and development. Annals of Botany 74: 1090-1093.

Evaluation of the effect of jasmonic acid and ascorbic acid on some morphophysiological traits of safflower genotypes Under deficit irrigation regimes

Fateme mohtashami and Mahmoud reza tadayon*

Department of agronomy, Faculty of agriculture, University of shahrekord

(Received: 24/04/2018, Accepted: 01/05/2019)

Abstract

In order to evaluate the effect of deficit irrigation treatment and foliar application of ascorbic and jasmonic acids on morphophysiological traits of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.), an experiment was set out in a split plot factorial in a randomized complete block design with three replications at Shahrekord University Agricultural Research Station during the two years, i.e. 2016-2017. The main factor consisted of three levels of irrigation of 100%, 75% and 50% of the plant's water requirement of safflower and sub-factor including safflower genotypes including Sinai, Isfahan local, Faraman and foliar application with three levels including (0 concentration, foliar application of jasmonic acid with 0.5 mM concentration and foliar application of ascorbic acid with 20 mM concentration). The results showed that the highest chl_a, chl_b, relative water content, leaf area index, crop growth rate, oil percentage, grain yield and oil yield related to Sinai genotype and 100% of the plant's water requirement and the least of these traits were related to the Isfahan local genotype and 50% of the plant's water requirement. Also, the results of this study showed that the interaction effects of genotype × deficit irrigation and genotype × foliar application were significant only on chl_a and oil yield. Also, foliar application of Jasmonic and ascorbic acids increased all traits compared to the non foliar application treatment. The results of this study showed that the differences between the genotypes and also effect of foliar application of jasmonic and ascorbic acids to increase of these traits were important components that could be used to select genotypes and suitable compounds to reduce undesirable effects of water stress in order to achieve increased economic performance.

Keywords: Crop growth rate, Leaf area durability, Leaf area index, Oil percentage, Oil yield.

Corresponding author, Email: mrtadayon@yahoo.com