نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره ۱(۴۱)، بهار ۱۳۹۶، صفحه ۸۴ـ۶۹

نقش محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان در شرایط تنش کم آبی بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد روغن گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

ایوب امیری[۱]، صدیقه اسمعیل زاده بهابادی[۲*]،پرویز یدالهی ده چشمه[۳]و علیرضا سیروس مهر[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۶ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۴

چکیده

تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان روی گلرنگ طی آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه زابل بررسی شد. در این آزمایش سه سطح تنش خشکی شامل آبیاری در زمان تخلیه ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده خاک به عنوان عامل اصلی و چهار سطح محلول‌پاشی شامل بدون محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۰/۴۲۴ گرم در لیتر)، محلول‌پاشی کیتوزان (۵ گرم در لیتر) و تلفیق سالیسیلیک اسید و کیتوزان به‌عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شدند. تنش آب موجب کاهش عملکرد روغن، فسفر، پتاسیم و کلسیم اندام هوایی شد. عملکرد روغن با افزایش تنش خشکی نسبت به آبیاری کامل ۱۱ درصد کاهش یافت. همچنین، تنش خشکی شدید موجب افزایش میزان سدیم دانه شد ولی بر نیتروژن اندام هوایی، آهن اندام هوایی، شاخص پایداری غشاء و درصد رطوبت نسبی اثر معنی‌داری نداشت. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان موجب افزایش عناصر پرنیاز (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و کم‌نیاز (کلسیم، سدیم و آهن) گردید. عملکرد روغن دانه تحت تاثیر محلول‌پاشی قرار نگرفت. به‌طورکلی، کاربرد تلفیقی کیتوزان و سالیسیلیک اسید روی صفات مورد مطالعه اثر بخش‌تر بود، لذا می‌توان مصرف توامان این دو ماده را به‌صورت محلول‌پاشی به‌منظور توسعه کشت گلرنگ در منطقه سیستان مد نظر قرار داد.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، سالیسیلیک اسید، کیتوزان، گلرنگ، عملکرد.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲- استادیارگروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زابل، زابل، ایران. (* نگارنده‌ی مسئول) esmaeilzadeh@uoz.ac.ir

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه زابل و عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۴- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

مقدمه

گلرنگ گیاهی روغنی با نام علمی (*Carthamus tinctorius*) از تیره کاسنی (Asteraceae) است. این گیاه دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن می‌باشد که ۷۸ تا ۹۰ درصد روغن گلرنگ اسید چرب غیراشباع (اولئیک و لینولئیک) می‌باشد (Khajepour, 2007). تولید دانه‌های روغنی به حداقل رسیده، به‌طوری که بیش از سه میلیون تن در سال شامل دانه روغنی، روغن خام و کنجاله وارد کشور شده و بیش از ۲/۵ میلیارد دلار ارز از کشور خارج می‌شود (Anonymous, 2011).

دانه‌های روغنی و حجم بالای واردات روغن در ایران از یک سو و محدودیت منابع آبی در سر راه تولید بسیاری از دانه‌های روغنی از سوی دیگر، ضرورت شناسایی گونه‌ها و ارقام مقاوم به این شرایط پر تنش و تعیین حساس‌ترین مراحل نمو گیاه به تنش را آشکار می‌سازد (Mousavifar *et al*., 2010). تنش خشکی از مشکلات عمده تولید گیاهان زراعی در ایران و جهان به شمار می‌رود و تهدید جدی برای تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان است. گزارش‌های بسیاری، کاهش عملکرد و درصد روغن را با افزایش تنش خشکی به اثبات رسانده است (Arab *et al*., 2012).

یکی دیگر از مهم‌ترین تأثیرات منفی تنش خشکی، کاهش دسترسی و جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه می‌باشد، این عدم دسترسی به عناصر سبب می‌شود که کمبود عناصر غذایی در گیاه ایجاد و این کمبود عناصر باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، تنفس و سنتز ترکیبات آلی سنگین‌تر و همچنین در تولید و فعالیت آنزیم‌ها و به‌طورکلی اختلال در فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی می‌گردد (Misra and Srivastava., 2000; Pirzad *et al*., 2006). افزایش مقاومت به تنش‌های غیر زیستی در برخی گیاهان، از طریق کاربرد خارجی ترکیبات آلی گوناگون صورت می‌گیرد. این ترکیبات می‌توانند سبب حفاظت از گیاه در برابر عوامل محیطی تنش‌زا شده و در نهایت موجب افزایش محصول شوند (Ashraf and Foolad, 2007). سالیسیلیک اسید یا ارتو β هیدروکسی بنزوئیک اسید از مشتقات سینامیک ترکیب حد واسط سنتز شکیمیک اسید می‌باشد (Desen and Guchou, 2005). سالیسیلیک اسید به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند (Vicente and Plasencia, 2011). کاربرد سالیسیلیک اسید اگزوژن در تنش‌های مختلف غیرزیستی اثرات متفاوتی بر گیاهان دارد (Horvath *et al*., 2007). در همین راستا گزارش شده که کاربرد سالیسیلیک اسید در گوجه‌فرنگی و لوبیا می‌تواند با برطرف کردن تنش خشکی وضعیت گیاه رابهبود بخشد (Senaratna *et al*., 2000). یکی دیگر از جدیدترین ترکیباتی که می‌تواند باعث کاهش اثرات تنش خشکی شود، کیتوزان است (Amiri *et al*., 2013; Mahdavi *et al*., 2011). کیتوزان پلی ساکارید طبیعی است که به‌طور گسترده‌ای در پوست سخت‌پوستان مانند میگو، خرچنگ و قارچ‌ها یافت می‌شود (Amiri *et al*., 2013). کیتوزان یا پلی بتا-(۱-۴) ان- استیل - دی -گلوکزآمین پلیمر کاتیونی است که در اثر حرارت دادن کیتین در حضور هیدروکسید سدیم به‌وجود می‌آید (Croisier and Jérôme, 2013). نقش این ماده در افزایش رشد گیاهان مختلف به

اثبات رسیده است (Guan *et al*., 2009). پیش از این، کاربرد این ماده آلی منجر به افزایش درصد روغن (Amiri *et al*., 2013) و پروتئین (Mahdavi *et al*., 2011) گلرنگ گردیده است.

این تحقیق به‌منظور بررسی اثرات سالیسیلیک اسید و کیتوزان به عنوان دو نمونه از ترکیبات آلی کاهش‌دهنده اثرات تنش، بر عملکرد روغن و همچنین جذب عناصر گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی به اجرا در آمده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی واقع در چاه نیمه شهرستان زابل با موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح دریا انجام شد. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن جزو اقلیم‌های خشک و بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت شنی- رسی- لومی بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در جدول ۱ ارایه شده است.

تیمارهای آزمایشی شامل ۳ سطح تنش خشکی شامل: (A_1) آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد)، (A_2) آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش متوسط)، (A_3) آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید) به‌عنوان عامل اصلی و سطوح عدم محلول‌پاشی (شاهد) و محلول‌پاشی سالسیلیک اسید (۰/۴۲۴ گرم در لیتر)، کیتوزان (۵ گرم در لیتر) و کاربرد توام آنها به‌عنوان عامل فرعی بودند. عملیات کاشت در تاریخ ۳۰ آذر ۱۳۹۱ و پس از آماده سازی کرت‌های به طول ۴/۵ متر و عرض ۲/۵ متر و با فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر انجام گرفت. اولین آبیاری برای تمام تیمارها بلافاصله بعد از کاشت اعمال گردید. پس از استقرار کامل بوته‌ها و یک ماه بعد از کاشت اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری گردید. برای اعمال تیمارهای تنش از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) استفاده شد. اولین و دومین محلول‌پاشی با کیتوزان به‌ترتیب در ۶۳ و ۷۰ روز پس از کاشت انجام و در مورد سالسیلیک اسید در ۶۵ و ۷۲ روز پس از کاشت (شروع گلدهی و گلدهی کامل) صورت پذیرفت. محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۴ بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال شد، طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل پایداری غشاء و میزان رطوبت نسبی در ۸۴ روز پس از کاشت و غلظت عناصر آهن، فسفر، نیتروژن، منیزیم، کلسیم و پتاسیم دانه در مرحله رسیدگی کامل گیاه بود. برای اندازه‌گیری پایداری غشاء به‌طور تصادفی چند گیاه از هر کرت انتخاب شد و از قسمت یک سوم بالایی کانوپی برگ‌های همسن برداشت گردیدند و به‌طور مجزا درون پاکت‌های پلاستیکی قرار داده شده و در داخل یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. با استفاده از دستگاه EC متر، هدایت الکتریکی مربوط به هر فالکون تیوپ اندازه‌گیری و در نهایت با استفاده از فرمول زیر شاخص پایداری غشاء محاسبه گردید.

رابطه (۱): $\text{شاخص پایداری} = (1 - c_1/c_2) \times 100$

در این رابطه c_1 و c_2 به ترتیب مقدار Ec در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سلسیوس می‌باشد. محاسبه مقدار آب نسبی برگ‌ها نیز با روش معرفی شده

کلاول و همکاران (Clavel *et al*., 2006) صورت گرفت.

در تاریخ ۳۰ خرداد ماه ۱۳۹۲ بعد از حذف اثر حاشیه، از هر کرت پنج گیاه برداشت شده و جهت اندازه‌گیری عناصر و عملکرد روغن استفاده گردید. پتاسیم به‌روش شعله سنجی (Knudsen *et al*., 1982) اندازه‌گیری شد. کلسیم به روش DTPA (Lindsay, 1972) و توسط دستگاه جذب اتمی محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری نیتروژن از دستگاه کجلدال (Page *et al*., 1982) استفاده شد. فسفر نیز از روش اسپکتوفتومتر و در طول موج ۴۲۰ نانومتر (Rayan *et al*., 2001) به‌دست آمد. جهت سنجش یون آهن با استفاده از روش جذب اتمی بود. عملکرد روغن توسط تعداد ۱۰ بوته برداشت شده از هر کرت در مرحله فیزیولوژیک تعیین گردید. روغن موجود در بذر گلرنگ با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید (Hashemi Tonekaboni *et al*., 1995).

برای محاسبه عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه استفاده گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد دانه در طبق

تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان بر روی تعداد دانه در طبق به ترتیب تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد داشتند (جدول ۲). تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش تولید و ارسال مواد فتوسنتزی در مرحله ظهور و پر شدن طبق و موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود (جدول ۳)، توکلی‌زینالی (Tavakolee Zenialee, 2002) گزارش کرد عدم آبیاری گلرنگ در مرحله گلدهی و قبل از آن موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد، اثر بیشتری بر تعداد دانه خواهد گذاشت. نتایج آزمایش شکاری و همکاران (Shekari *et al*., 2010) روی لوبیا نشان می‌دهد که مصرف سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد دانه در غلاف لوبیا می‌شود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. نتایج تحقیق روی باقلا (Sheikha and AL-Malki, 2009) نشان می‌دهد که مصرف کیتوزان باعث افزایش تعداد دانه در غلاف باقلا می‌شود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

عملکرد روغن

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین میزان عملکرد روغن با میانگین ۱۰۵۸/۸۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمارشاهد می‌باشد (جدول ۳). عملکرد روغن با عملکرد دانه و درصد روغن رابطه مستقیمی نشان داد. گزارش شده است که تنش شدید خشکی سبب کاهش مقدار روغن تولیدی در گلرنگ می‌شود و با کاهش بیشتر مقدار اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه و افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع، در نهایت موجب بالا رفتن درجه اشباع بودن روغن گلرنگ می‌گردد (Hamrouni *et al*., 2001;). نتایج تعدادی از محققان (Kafi and Rostami, 2008; Arab *et al*., 2012) نیز در گلرنگ با نتایج این مطالعه کاملاً هم‌خوانی دارد.

نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام هوایی

تنش خشکی بر میزان فسفر و پتاسیم اندام هوایی تاثیر بسیار معنی‌داری ($p < ۰/۰۱$) داشتند

(جدول ۲). کاهش جذب فسفر در شرایط خشکی توسط محققان به اثبات رسیده است (Ge *et al.*, 2012). در تحقیق حاضر نیز تاخیر در آبیاری تا ۲۵ درصد ظرفیت زراعی موجب کاهش ۴۹/۰۱ درصدی در میزان فسفر نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). در شرایط کم آبیاری، کاهش سرعت انتشار فسفر در خاک به سطح ریشه نسبت به سایر عناصر غذایی بیشتر است، زیرا یون‌های فسفات به ذرات رس چسبیده و کمتر در دسترس ریشه قرار می‌گیرند. کاهش توانایی جذب فسفر توسط ریشه‌های سویا نیز در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Ge *et al.*, 2012). همچنین، تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) میزان پتاسیم اندام هوایی را ۲۵/۲۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داده است (جدول ۳). تحت تاثیر کاهش محتوای آب خاک، کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه‌های پیاز گزارش شده است (Kuchenbuch *et al.*, 1986). تنش خشکی با کاهش محتوای آب برگ بر فرایندهای فیزیولوژیکی متعددی تاثیر می‌گذارد. در خلال فصل رشد، محدود کننده‌ترین مرحله در جذب پتاسیم، پخشیدگی پتاسیم در محلول خاک به طرف ریشه می‌باشد. با خشک شدن خاک، آب کمتری جهت پخشیدگی پتاسیم موجود است و در این مسیرها، پیچیدگی بیشتری خواهند داشت، به‌همین علت تنش آبی شدیدتر باعث کاهش جذب پتاسیم شده است (Malakooti and Gheybi, 2000). در همین راستا، در آزمایشی میزان عنصر پتاسیم تحت تاثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Baligar *et al.*, 2008; Qasim *et al.*, 2003). علاوه بر این، تاثیر تنش خشکی در کاهش عناصر پتاسیم کلسیم و فسفر گزارش شده است (Sodaeizadeh and Mansouri, 2014).

درصد نیتروژن ($p<0/05$)، فسفر و پتاسیم اندام هوایی ($p<0/01$) تحت تاثیر محلول‌پاشی کیتوزان و سالیسیلیک اسید قرار گرفتند (جدول ۲). بیشترین میزان نیتروژن با میانگین ۴/۳۸ درصد را محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به خود اختصاص داد که باعث افزایش ۱۶/۴۳ درصدی میزان نیتروژن نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). همچنین، تغذیه تلفیقی گیاهان با هر دو تیمار کیتوزان و سالیسیلیک اسید با میانگین ۰/۰۴۲ درصد بیشترین فسفر اندام هوایی را دارا بود (جدول ۳). بیشترین پتاسیم اندام هوایی نیز در روندی مشابه با نیتروژن، با میانگین ۴۸/۸۱ میلی‌گرم در گرم ماده خشک برگ در تیمار استفاده از سالیسیلیک اسید به‌دست آمد (جدول ۳). شایان ذکر است کاربرد تلفیقی کودها و جداگانه سالیسیلیک اسید در هر سه عنصر در یک گروه آماری قرار گرفته و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را با هم نداشتند (جدول ۳). افزایش عناصر غذایی پرنیاز با کاربرد سالیسیلیک اسید (Nematollahi *et al.*, 2013) به اثبات رسیده است. سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی است که در ریشه گیاهان به میزان کم تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم تعدادی از فرآیندهای فیزیولوژیک از جمله فتوسنتز، تعرق، جذب و انتقال عناصر داشته و به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (Vicente and Plasencia, 2011). از سوی دیگر، تقریباً یک درصد از کل آبی که ریشه جذب می‌کند برای مصرف گیاه استفاده شده و بقیه آن به‌صورت بخار آب از گیاه خارج می‌شود. بنابراین، افزایش

محتوای آب گیاه به هر شکل ممکن است باعث بهبود رشد گیاه و افزایش جذب عناصر به‌خصوص درشرایط کم آبی شود. در همین راستا در آزمایشی گزارش گردید سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار تیمارهای محتوای نسبی آب نسبت به شاهد گردیده است (Nematollahi *et al*., 2013). علاوه بر این، محققین اظهار داشتند تیمار کیتوزان باعث افزایش عملکرد، جوانه‌زنی و رشد در گیاهان آفتابگردان (Amiri *et al*., 2013)، گلرنگ (Mahdavi *et al*., 2011) و ذرت (Guan *et al*., 2009) شده است. با توجه به این واقعیت که رشد گیاه با جذب بیشتر عناصر غذایی افزایش می‌یابد (Raissi *et al*., 2013)، لذا نقش مثبت کیتوزان در بهبود رشد ریشه و اندام‌های هوایی (Mahdavi *et al*., 2011; Amiri *et al*., 2013; Boonlertnirunt *et al*., 2007) می‌تواند بر تاثیر مستقیم این ماده در جذب عناصر دلالت داشته باشد.

کلسیم، سدیم و آهن اندام هوایی

میزان کلسیم به‌طور معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۱) تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۴). با افزایش دور آبیاری کلسیم اندام هوایی کاهشی معادل ۳۱/۸۰ درصد نسبت به عدم تنش (آبیاری در ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده) نشان داد (جدول ۵). توضیح اینکه کاهش رطوبت خاک باعث اختلال در جذب عناصر توسط گیاه می‌شود و سطوح عناصر معدنی را در اندام‌های هوایی گیاهان کاهش می‌دهد (Baligar *et al*., 2008). کلسیم در خاک عمدتاً به روش توده‌ای و کمی هم به روش انتشار حرکت می‌کند، بنابراین توانایی جذب آن تحت تأثیر رطوبت خاک قرار می‌گیرد و کاهش تبخیر-تعرق از جذب آن می‌کاهد (Tabatabaei, 2009).

کلسیم و آهن اندام هوایی به‌طور معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۵) تحت تأثیر انواع مختلف سالیسیلیک اسید و کیتوزان قرار گرفتند (جدول ۴). بیشترین مقادیر کلسیم در تیمار تغذیه تلفیقی با میانگین ۰/۳۵۴ درصد مشاهده گردید (جدول ۵). تفاوت تیمار کاربرد توأم کیتوزان و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نسبت به کاربرد جداگانه کیتوزان و سالیسیلیک اسید بر کلسیم معنی‌دار نبود، اما هر یک در مقایسه با شاهد ۱۶/۹۴، ۸/۹۷ و ۱۴/۵۳ درصد موجب افزایش صفت مذکور گردید (جدول ۵). در مورد آهن اندام هوایی نیز تغذیه گیاه با تیمار تلفیقی تیمارهای مذکور با میانگین ۳۷۳/۲۱ پی‌پی‌ام بیشترین میزان آهن را به خود اختصاص داد و موجب افزایش ۱۹ درصدی صفت مذکور نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). سالیسیلیک اسید نقش محوری در تنظیم مراحل مختلف مانند رشد و تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند (Vicente and Plasencia, 2011). علاوه بر این، مصرف خارجی سالیسیلیک اسید بر محدوده وسیعی از فرایندها از جمله انتقال یون‌ها و نفوذ پذیری غشا تأثیر گذار است (Metwally *et al*., 2003). گزارش آرفان و همکاران (Arfan *et al*., 2007) تایید کننده نتیجه ما در نقش سالیسیلیک اسید بر بهبود جذب و انتقال عناصر و همچنین افزایش افزایش نفوذ پذیری غشا می‌باشد.

در مطالعه حاضر سدیم تحت تاثیر عوامل اصلی و فرعی درصد قرار گرفت (جدول ۴). تنش خشکی برخلاف سایر عناصر مورد مطالعه در این آزمایش سدیم دانه را افزایش داد، به‌طوری‌که، تیمار تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) با میانگین ۷/۹۶ پی‌پی‌ام و افزایش ۲۱/۷۹ درصدی نسبت به تیمار عدم تنش (۷۵ درصد ظرفیت

زراعی) بیشترین میزان را به خود اختصاص داد (جدول ۵). یکی از روش‌های بررسی میزان تحمل بافت‌ها، میزان عناصر موجود در آن به‌خصوص غلظت سدیم است (Veraplakorn *et al.*, 2013). همچنین، میزان سدیم جذب شده را به دلیل اینکه کمتر تحت شرایط محیطی قرار می‌گیرد، یکی از بهترین عامل‌های بررسی میزان تحمل یاد شده است (Munns and James, 2003) تجمع سدیم در بافت بیشتر به علت جذب بیشتر توسط ریشه و تخلیه بیشتر آوند چوب به برگ است. در واقع گیاه با جذب سدیم بیشتر تعادل اسمزی را انجام می‌دهد که باعث می شود گیاه آب بیشتری را جذب نماید (Munns and James, 2003). در مطالعه دیگر نیز تنش خشکی میزان جذب سدیم را در گیاه مریم گلی افزایش داد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Sodaeizadeh and Mansouri, 2014). سدیم به طور معنی‌داری ($p >$۰/۰۵) تحت تأثیر انواع مختلف محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان قرار گرفت (جدول ۴). گزارش شده است سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری نشت یونی و تجمع یون‌های سمی را در گیاهان کاهش می‌دهد و همچنین سبب افزایش سیتوکینین‌ها می‌شود (Krantev *et al.*, 2008).

شاخص پایداری غشاء

صفت مذکور تنها تحت تاثیر معنی‌دار ($p<$۰/۰۱) محلول‌پاشی کود آلی قرار گرفت (جدول ۴)، به‌طوری‌که، تیمارهای کاربرد توام سالیسیلیک اسید و کیتوزان، کاربرد جداگانه سالیسیلیک اسید و کیتوزان به‌ترتیب با میانگین ۳۴/۶۵، ۳۰/۵۹ و ۲۵/۷۳ درصد بیشترین درصد شاخص پایداری غشاء را نشان دادند (جدول ۵). سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی است و با داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد (Mehrabian Moghadam *et al.*, 2011). نقش سالسیلیک اسید در افزایش پایداری غشاء در گیاه نخود تحت تنش خشکی (Ramazannejad *et al.*, 2013) گزارش شده است.

درصد رطوبت نسبی

اثر تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود که احتمالاً به‌دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آناتومیکی برگ و ضمن اینکه شاخص پایداری غشا نیز در این وضعیت تقریباً یکسان بوده است. محلول‌پاشی کودهای آلی درصد رطوبت نسبی ($p <$۰/۰۵) را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۴). گرچه بیشترین صفت یاد شده با میانگین ۷۴/۶۲ درصد در تیمار کاربرد تلفیقی محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان مشاهده شد، اما محلول‌پاشی به‌صورت جداگانه (کیتوزان و سالیسیلیک اسید) و تلفیقی به‌ترتیب با ۱۳/۰۳، ۱۵/۹۸ و ۱۸/۶۲ درصد افزایش نسبت به شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). پیش از این محققان گزارش کردند سالیسیلیک اسید سبب افزایش محتوای نسبی آب در ریحان در شرایط تنش خشکی (Ramroudi and Khamar, 2013) و لوبیا چشم‌بلبلی (Shekari *et al.*, 2010) گردیده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد افزایش تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد روغن، فسفر، پتاسیم و کلسیم اندام هوایی در گلرنگ گردید. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان با تأثیر بر عناصر ماکرو (نیتروژن، پتاسیم، فسفر) و میکرو (کلسیم و آهن)، شاخص پایداری غشاء و درصد رطوبت نسبی منجر به

بهبود شرایط رشدی در گیاه روغنی گلرنگ گردید. از میان تیمارهای به کار رفته، تیمار توام کیتوزان با سالیسیلیک اسید دارای اثر کارآتری بود. بنـابراین، با مصـرف توأم سـالیسیلیک اسید و کیتوزان به‌صورت محلول‌پاشی، علاوه بر بهبود صفات فیزیولوژی گلرنگ می‌توان در راستای افزایش عملکرد گیاه گام برداشت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil

EC	pH	N	C	C/N	Na	K	P		Loam	Clay	Sand	Texture
(ds/m)		(%)			(Mg/Kg)					(%)		
1.46	8.4	0.05	0.47	9.4	115	9.2		38.7	27	32	41	Loam Sandy

جدول ۲- تجزیه واریانس درصد روغن، عملکرد روغن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه گلرنگ تحت تاثیر محلول پاشی در شرایط تنش خشکی

Table 2- Analysis of variance of oil content, oil yield, nitrogen, phosphorus and potassium of Safflower seed influenced by foliar spray in drought condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات				
		تعداد دانه در طبق Seeds per head no.	عملکرد روغن Oil yield	نیتروژن اندام هوایی N	فسفر اندام هوایی P	پتاسیم اندام هوایی K
تکرار Repeat	2	61.185	12072/33	0.247	0.000230	629.74
تنش خشکی Drought stress	2	*03.1034	53824.00**	0.087$^{n.s}$	0.001979**	499.12**
خطای a Error a	4	62.138	917.83	0.742	0.000182	26.56
محلول پاشی Foliar application	3	**39.219	9459.00 ^{ns}	0.837*	0.000182**	163.94**
محلول پاشی×تنش خشکی ×Foliar application Drought stress	6	48 ^{ns}.40	4387.11 ^{ns}	0.077 ^{ns}	^{ns} 0.000015	18.82 ^{ns}
خطای b Error b	18	91.40	3461.85	0.253	0.000023	26.45
ضریب تغییرات C.V. (%)		17.08	5.99	12.48	12.69	11.47

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و عدم معنی‌داری

ns, * and ** not significant and significant difference at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های درصد روغن، عملکرد روغن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه گلرنگ تحت تاثیر محلول پاشی در شرایط تنش خشکی

Table 3- Comparison of means of oil content, oil yield, nitrogen, phosphorus and potassium of Safflower seed influenced by foliar spray in drought condition

تیمارها Treatments	تعداد دانه در طبق Seeds per head no.	عملکرد روغن Oil yield (kg/ha)	نیتروژن اندام هوایی N (%)	فسفر اندام هوایی P (%)	پتاسیم اندام هوایی K (Mg/gr)
تنش خشکی drought stress					
آبیاری کامل ۷۵ درصد (Fc) Complete sets watering 75%	44.00 a	1058.83 a	4.12 a	0.051 a	51.024 a
آبیاری ۵۰ درصد (Fc) Complete sets watering 50%	41.40 a	942.83 b	4.03 a	0.036 b	45.345 a
آبیاری ۲۵ درصد (Fc) Complete sets watering 25%	26.80 b	942.83 b	3.94 a	0.025 b	38.155 b
محلول پاشی Folair application					
شاهد (Control)	30.20 b	940.89 b	3.66 b	0.032 b	39.536 c
کیتوزان chitosan	40.60 a	972.89 ab	3.95 ab	0.035 b	43.292 bc
سالیسیلیک اسید salicylic acid	37.90 a	995.67 ab	4.38 a	0.040 a	48.817 a
کیتوزان+ سالیسیلیک اسید salicylic acid and chitosan	40.80 a	1016.56 a	4.14 ab	0.042 a	47.721 ab

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن، معنی‌دار نمی‌باشد

* Values followed by the same letter within the same columns do not differ significantly at p =1% according to DMRT

جدول ۴- تجزیه واریانس کلسیم، سدیم، آهن، شاخص پایداری غشاء و RWC گلرنگ تحت تاثیر محلول پاشی در شرایط تنش خشکی

Table 4- Analysis of variance of calcium, sodium, iron, membrane stability index and RWC of Safflower influenced by foliar spray in drought condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات				
		کلسیم Ca	سدیم Na	آهن Fe	شاخص پایداری غشا GSI	درصد رطوبت نسبی RWC
تکرار Repeat	2	0.0306	17.288	13752.7	38.26	16.16
تنش خشکی Drought stress	2	0.0469**	8.651*	3907.8 ^{ns}	29.27^{ns}	597.92^{ns}
خطای a Error a	4	0.0014	1.151	3150.7	12.95	301.88
محلول پاشی Foliar application	3	0.0063*	5.974*	10730.9 *	140.73**	332.66*
محلول پاشی×تنش خشکی Foliar application× Drought stress	6	0.0007 ^{ns}	2.062 ^{ns}	6851.9 ^{ns}	11.42 ^{ns}	20.48 ^{ns}
خطای b Error b	18	0.0015	1.652	2590.48	7.14	74.64
ضریب تغییرات C.V. (%)		11.93	17.94	15.77	9.04	12.45

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و عدم معنی‌داری

ns, * and ** not significant and significant difference at p<0.05 and p<0.01, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های کلسیم، سدیم، آهن، شاخص پایداری غشاء و RWC گلرنگ تحت تاثیر محلول پاشی در شرایط تنش خشکی

Table 5- Comparison of means of calcium and sodium, iron, membrane stability index and RWC of Safflower influenced by foliar spray in drought condition

تیمارها Treatments	کلسیم (%) Ca	سدیم (ppm) Na	آهن (ppm) Fe	شاخص پایداری غشا (%) GSI	درصد رطوبت نسبی (%) RWC
تنش خشکی drought stress					
آبیاری کامل ۷۵ درصد (Fc) Complete sets watering 75%	0.393 a	7.25 b	343.36 a	27.78 a	77.46 a
آبیاری ۵۰ درصد (Fc) Complete sets watering 50%	0.325 b	7.96 ab	313.54 a	30.15 a	66.03 a
آبیاری ۲۵ درصد (Fc) Complete sets watering 25%	0.268 c	9.27 a	310.85 a	30.72 a	64.55 a
محلول‌پاشی Foliar application					
شاهد (Control)	0.294 b	6.88 ab	302.27 b	27.21 c	60.72 b
کیتوزان chitosan	0.323 ab	6.27 b	299.00 b	25.73 c	69.82 a
سالیسیلیک اسید salicylic acid	0.344 a	7.26 ab	315.86 b	30.59 b	72.27 a
کیتوزان+اسید سالیسیلیک salicylic acid and chitosan	0.354 a	8.22 a	373.21 a	34.65 a	74. 62a

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن، معنی‌دار نمی‌باشد

* Values followed by the same letter within the same columns do not differ significantly at p =1% according to DMRT

References منابع مورد استفاده

- Amiri, A., S. Esmaeilzadeh Bahabadi, and A.R. Sirus Mehr. 2013. The effect of chitosan spraying on crop yield under drought stress. First National Conference of Agricultural Engineering and Natural Resources, Hamedan. (In Persian).
- Anonymous. 2011. Iranian Vegetable Oil Industry Association (IVOI). Available at Web site http://dpea.moc.gov.ir/shownews.asp?News-id=531821572. (Verified 10 June 2012)
- Arab, S., M. Brothers Firoozabadi, H.R. Asghari, A. Gholami, and M. Rahimi. 2012. Effects of drought stress on yield and yield of spring safflower under the influence of sodium nitroprusside and ascorbic acid spray. 2012. First National Conference on Stress-vegetarian (non-biological), Isfahan. (In Persian).
- Arfan, M., H.R. Athar, and M. Ashraf. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted sp ring wheat cultivars under salt stress. *Journal of Plant Physiology*. 164: 685-694.
- Ashraf, M., and M.R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 59: 206-216.
- Baligar, V.C., N.K. Fageria, and Z.L. He. 2008. Nutrient use efficiency in plants. *Communication in soil Science and Plant Analysis.* 32: 921- 950.
- Boonlertnirunt, S., E.D. Sarobol, S. Meechoui, and I. Sooksathan. 2007. Drought recovery and grain yield potential of rice after chitosan application. *Kasetsart Journal*. 41: 1-6.
- Clavel, D., O. Diouf, J.L. Khalfaoui, and S. Braconnier. 2006. Genotypes variations in fluorescence parameters among closely related groundnut (*Arachis hypogaea* L.) lines and their potential for drought screening programs. *Field Crops Research*. 96: 296-306.
- Croisier, F., and C. Jérôme. 2013. Chitosan-based biomaterials for tissue engineering. *European Polymer Journal.* 49: 780- 792.
- Desen, K., and S. Guchou. 2005. The effect of reactive oxygen species on ethylene production induced by osmotic stress in etiolated mung bean seedling. *Plant Growth Regulation*. 443: 573-508.
- Guan, Y.J., J. Hu, X.J. Wang, and C.X. Shao. 2009. Seed priming with chitosan improves maize stress germination and seedling growth in relation to physiology changes under low temperature. *Journal of Zhejiang University- Science*. 10: 427-433.
- Ge, T., N. Sun, L. Bai, C. Tong, and F. Sui. 2012. Effects of drought stress on phosphorus and potassium uptake dynamics in summer maize (*Zea mays*) throughout the growth cycle. *Acta Physiology Plantarum*. 34 (6): 2179–2186.
- Hamrouni, I., H. Ben Salah, and B. Marzouk. 2001. Effect of water deficit on lipids of safflower aerial parts. *Journal Phytochemistry*. 58: 277-280.
- Hashemi Tonekaboni, M. 1995. Testing for Chrbohydrats and Lipids. Publishing Center, University of Tehran. (In Persian).

- Horvath, E., G. Szalai, and T. Janda. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Plant Growth Regulation*. 26: 290-300.
- Kafi, M., and M. Rostami. 2008. Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. *Iranian Agronomy Reaserch*. 5(1): 121-131. (In Persian).
- Khajepour, M.R. 2007. Industrial production plants. Isfahan University of Technology. 580 pages. (In Persian).
- Knudsen, D., G.E. Peterson, and P.E. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. P. 225- 246. In: A.L. Page (ed). Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Medison, WI.
- Krantev, A., R. Yordanova, T. Janda, G. Szalai, and L. Popova. 2008. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. *Journal of Plant Physiology*. 165(9): 920-931.
- Kuchenbuch, R., N. Claasen, and A. Jungk. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture. I. Effect of soil moisture on potassium diffusion, root growth and potassium uptake of onion plants. Plant and Soil. 95: 221-231.
- Lindsay, W.L. 1972. Zinc in soils and plant nutrition. *Advance Argonomy Discoverer*. 24: 147- 186.
- Mahdavi, B., S.A.M. Modarres Sanavy, M. Aghaalikhani, M. Sharifi, and A. Dolatabadian. 2011. Chitosan improves osmotic potential tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seedlings, *Journal of Crop Improvement*. 25: 728–741.
- Malakooti, M.J., and M.N. Gheybi. 2000. Determination of the critical nutrients in the soil, plants and fruit. Agricultural Education Publishing Center, Karaj, Iran. (In Persian).
- Mehrabian Moghadam, N., M.J. Arvine, GH.R. Khajuyi Nejad, and K. Maghsudi. 2011. Effect salicylic acid on the growth and yield of corn in drought conditions in the field. *Journal Seedlings and Seeds*. 2-27(1): 41-55. (In Persian).
- Metwally, A., I. Finlemeier, M. Georgi, and K.J. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedling. *Physiology and Biochemistry of Plant*. 132: 272 -281.
- Misra, A., and N.K. Srivastava. 2000. Influence of water stress on Japanese Mint. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plant*. 7(1): 51-58.
- Mousavifar, B.A., M.A. Behdani, M.J. Jam alahmadi, and M.S. Hosseini bajd. 2010. Effects of limited irrigation on growth and yield of spring genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Birjand. *Journal of Agricultural Ecology*. 2(4):639-627. (In Persian).
- Munns, R., and R. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Journal of Plant and Soil*. 253: 201-218.
- Nematollahi, A., A. Jafari, and A. Bagheri. 2013. Effects of drought and salicylic acid on photosynthetic pigment and nutrient uptake of the cultivated sunflower

(*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant EchoPhysiology*. 5(12): 86-102. (In Persian).

- Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. (2nd edition). 345 pp.
- Pirzad, A., H. Alyari, M. R. Shakiba, S. Zehtab-Salmasi, and A. Mohammadi. 2006. Essential oil content and composition of german chamomile (*Matricariachamomilla* L.) at different irrigation regimes. *Journal of Agronomy*. 5(3): 451-455. (In Persian).
- Qasim, M., M. Ashraf, M.A. Jamil, M.Y. Ashraf, S.U. Rehman, and E.S. Rha. 2003. Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. *Annals of Applied Biology*. 142: 307-316.
- Raissi, A., M. Galavi, M. Zafaraneieh, M. Soluki, and R. Mousavi. 2013. Biochemical change of seeds and yield of Isabgol (*Plantago ovata*) under bio-fertilizer, organic manure and chemical fertilizer. *Bulletin of Environment Pharmacology and Life Sciences*. 2: 112-117.
- Ramazannejad, R., M. Lahooti, and A. Ganjali. 2013. Effect of salicylic acid spraying on some physiological and biochemical indices of susceptible and resistant chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Journal of Plant Echophysiology*. 5(12): 46-62. (In Persian).
- Ramroudi, M., and A.R. Khamar. 2013. Interaction of salicylic acid spraying and irrigation treatments on some properties of quantitative, qualitative and basil osmotic regulator. *Journal Applied Research EchoPhysiology plants*. 1(1): 19- 32. (In Persian).
- Rayan, J.R., G. Estefan, and A. Rashid. 2001. Soil and plant analysis laboratory manual, (2nd edition). ICARDA, Syria. pp: 231.
- Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn, and K. Dixon. 2000. Acetyl (salicylic acid Asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*. 30 :157-161.
- Sheikha, S.A.K., and F.M. AL-Malki. 2009. Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications European. *Journal of Scientific Research*. 50: 124-134.
- Shekari, F., A. Pakmehr, M. Rastgo, J. Saba, M. Vazayefi, and E. Zengani. 2010. Effect of salicylic acid priming on characteristies some morphological bean (*Vigna unguiculata* L.) under water steress on stage sheath packaging. *Journal of Agricultural Sciences*. 4(1): 10-26. (In Persian).
- Sodaeizadeh, H., and F. Mansouri. 2014. Effect of drought stress on dry matter, nutrients and soluble sugars tube herb sage (*Salvia macrosiphon* Boiss). *Dry Canvas Journal*. 4(1): 1-9. (In Persian).
- Tabatabai, J. 2009. Mineral nutrition of plants. Tabriz University, 389 pp. (In Persian).

- Tavakolee Zenialee, A. 2002. Study of irrigation cutting during growth stages on seed and oil yield and its components in safflower. M.Sc. Thesis University of Tehran, Iran. (In Persian).
- Veraplakorn, V., M. Nanakorn, L. Kaveeta, S. Suwanwong, and I. Bennett. 2013. Variation in ion accumulation as a measure of salt tolerance in seedling and callus of *Stylosanthes guianensis. Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 25(2): 106-115.
- Vicente, M., and J. Plasencia. 2011 .Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botani*. 62(10): 3321-3338.

The Role of Salicylic Acid and Chitosan Foliar Applications under Drought Stress Condition on Some Physiological Traits and Oil Yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Ayoub Amiri[1], Sedigheh Esmaeilzadeh Bahabadi[2*], Parviz Yadollahi Dehcheshmeh[3], and Alireza Sirousmehr[4]

Received: May 2015, Revised: 1 January 2017, Accepted: 24 April 2017

Abstract

To study the effects of drought and foliar applications of salicylic acid and chitosan on some physiological traits and oil yield of safflower under drought a split plot experiment with three replications based on a randomized complete block design was conducted at the University of Zabol, Iran. Treatments were three levels irrigations at 25, 50 and 75% of soil available water assigned to main plots, and four levels of foliar applications of salicylic acid and chitosan (control, 0.424 g/liter of salicylic acid, 5 g/liter of chitosan and mixed application of salicylic acid and chitosan) to sub-plots. Water stress reduced oil yield and phosphorus, potassium and calcium contents of shoot. Oil yield was decreased with increasing drought stress by 11% as compared to that of control. Severe water stress also increased the amount of sodium in seed, but its effects on nitrogen and iron control of shoot, membrane stability index and relative humidity were not significant. Foliar application of salicylic acid and chitosan increased macronutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) and micronutrients (calcium and iron). Seed oil yield was not affected by foliar spray. In general, combined application chitosan and salicylic acid on traits under study was effective. It can be suggested that combined application of chitosan and salicylic acid could be effective in growing safflower at this region.

Key words: Chitosan, Irrigation, Safflower, Salicylic acid, Yield.

1- M.Sc. Agronomy, Department of Agronomy, Zabol University, Zabol, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Biology, Zabol University, Zabol, Iran.
3- M.Sc. Agronomy, Faculty of Agriculture, Zabol University and member of elite club of Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Agronomy, Zabol University, Zabol, Iran.
**** Corresponding Author:*** *esmaeilzadeh@uoz.ac.ir*