



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۴۶۶-۴۵۳

تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان بر رنگیزه‌های فتوستتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلرنگ

ایوب امیری^۱، علی‌رضا سیروس‌مهر^۲، پرویز یداللهی^۳، محمدرضا اصغری‌پور^{۴*} و صدیقه اسماعیل‌زاده بهابادی^۵

۱. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل - ایران
۲. استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل - ایران
۳. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، شهرکرد - ایران
۴. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل - ایران
۵. استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زابل، زابل - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۲۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان روی غلظت رنگیزه‌های فتوستتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلرنگ، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل، طی سال ۱۳۹۱ انجام شد. تیمارها تنش خشکی در سه سطح شامل آبیاری در زمان ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی خاک (Fc) به عنوان تیمار اصلی و چهار سطح محلول پاشی شامل عدم مصرف (تیمار شاهد)، محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۰/۴۲۴ گرم در لیتر)، محلول پاشی کیتوزان (۵ گرم در لیتر) و تلفیق اسید سالیسیلیک و کیتوزان به عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شد. با افزایش فاصله آبیاری، محتوای کلروفیل a، b، کل و فلورسانس کلروفیل کاهش معنی داری یافت. تنش خشکی آنزیم‌های اکسیدانی را افزایش داد، اما این افزایش فقط در میزان آنزیم پراکسیداز معنی دار بود. همچنین خشکی بر کارتنوئید، عملکرد پروتئین و میزان آنزیم‌های آسکوربات، گایاکول پراکسیداز و کاتالاز اثر معنی داری نداشت. تیمارهای محلول پاشی با تأثیر بر تمام صفات مورد مطالعه در مقایسه با شاهد باعث افزایش آن‌ها گردید. از بین تیمارهای مختلف محلول پاشی کاربرد توأمان اسید سالیسیلیک و کیتوزان در مقایسه با به کارگیری جداگانه آن‌ها اثربخش تر بود. برهمکنش تنش خشکی و محلول پاشی بر کلروفیل a و عملکرد پروتئین معنی دار شد. بنابراین، می‌توان با انجام تحقیقات تکمیلی محلول پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان را در افزایش پایداری غشای سلولی و کاهش خسارت ناشی از H_2O_2 حاصل از آبیاری محدود در گلرنگ دخیل دانست.

کلیدواژه‌ها: سیستم، کلروفیل، کم‌آبیاری، گیاهان روغنی، محلول پاشی

۱. مقدمه

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولیدات کشاورزی به شمار می‌رود که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول دهی باز می‌دارد [۳۱]. کشور ایران در بخشی از کره زمین قرار گرفته است که در بسیاری از نقاط آن نزولات آسمانی، نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی را تأمین نمی‌کند [۸]. بیش از نیمی از سطح کشور ایران دارای بارندگی‌های کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر و حدود ۷۵ درصد آن کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد، در نتیجه بخش عمده‌ای از آن از کم‌آبی رنج می‌برد [۳]. گزارشات بسیاری اثرات تنش خشکی در کاهش میزان کلروفیل [۸، ۱۰] و [۱۱]، تخریب پروتئین [۱۱] و افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی [۱۰ و ۱۱] را به اثبات رسانده است.

بروز تنش خشکی سبب ایجاد اختلالات متابولسمی در سلول‌های گیاهی می‌گردد که می‌توان به افزایش تولید فرم‌های فعال اکسیژن به عنوان یکی از فاکتورهای اصلی اختلالات متابولسمی سلول اشاره کرد [۳۲]. در شرایط تنش احیای ناقص اکسیژن اتمسفری، سبب تشکیل فرم‌های فعال اکسیژن نظیر رادیکال سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل می‌شود [۱۷]. فرم‌های فعال اکسیژن مولکول‌های زیستی حیاتی سلول همانند اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و لیپیدها را اکسید می‌نماید [۱۰]. در هنگام تنش خشکی، کلروپلاست یکی از مکان‌های اصلی تولید فرم‌های فعال اکسیژن محسوب می‌شود [۳۲]، زیرا در اثر بسته شدن روزنه‌ها نسبت $NADP^+/NADPH, H^+$ به دلیل عدم مصرف $NADPH, H^+$ جهت تثبیت دی‌اکسیدکربن در چرخه کالوین در این اندامک کاهش می‌یابد. افت نسبت مذکور سبب بسته شدن زنجیر انتقال الکترون شده و تولید فرم‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد [۳۲]. سلول‌های گیاهی جهت مقابله با اثرات منفی تنش‌های محیطی از مکانیسم‌های دفاعی

ویژه‌ای نظیر سنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوکاتایون ردوکتاز، پراکسیدازها و غیره) برخوردارند [۱۷].

باتوجه به اثرات مضر تنش خشکی بر رشد گلرنگ، یافتن راهکارهایی جهت تعدیل این اثرات ضروری به نظر می‌رسد [۷، ۸، ۱۱]. همچنین، استفاده از ترکیبات آلی نظیر اسید سالیسیلیک [۳۳] و کیتوزان [۲۱] اثرات ناشی از تنش خشکی را کاهش می‌دهد. کیتین و کیتوزان پلیمر ترکیبی گلوکز آمین و ان-استیل گلوکز آمین است که در کشاورزی از آن برای پوشش دادن بذر، برگ و میوه، به عنوان کود و در کنترل آزادسازی ترکیبات شیمیایی سموم و تحریک جوانه‌زنی و رشد گیاه استفاده می‌شود [۱۲، ۱۸ و ۲۲]. این ماده از ترکیبات اصلی دیواره سلولی بسیاری از گونه‌های قارچی هستند که نقش آن‌ها برای بهبود ساخت متابولیت‌های ثانویه در کشت سلولی بسیاری از گیاهان دارویی تأیید شده است [۱۸]. میزان کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد، اما مصرف کیتوزان سبب افزایش کلروفیل در گیاه می‌شود [۲۱].

اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید از ترکیبات فنلی در گیاهان است و به عنوان ماده شبه‌هورمونی که نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاه دارد، محسوب می‌شود [۲۴ و ۲۶]. این ماده یک مولکول پیام‌رسان مهم برای میانجی‌گری پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است [۳۶]. اثرات متابولیکی اسید سالیسیلیک و ترکیبات وابسته به آن باتوجه به نوع گیاه، میزان و نحوه کاربرد اسید سالیسیلیک تغییر می‌کند [۲۳]. استفاده از این ماده تأثیر خود را بر فتوسنتز از طریق تأثیر بر فاکتورهای روزنه‌ای، رنگیزه‌ها و ساختار کلروپلاست و آنزیم‌های دخیل در مراحل فتوسنتز اعمال می‌کند [۲۰]. گزارشات بسیاری نقش اسید سالیسیلیک جهت برطرف کردن اثرات تنش خشکی و بهبود رشد گیاه را به اثبات رسانده‌اند [۹ و ۳۶].

به‌زراعی کشاورزی

مواد و روش‌ها

برای مطالعه اثرات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان در شرایط آبیاری محدود بر عملکرد گلرنگ رقم 'گلدشت'، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، طی سال ۱۳۹۱ انجام شد. شهرستان زابل در 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 قرار دارد. آب و هوای منطقه براساس طبقه‌بندی کوپن جزء اقلیم‌های خشک و بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی - شنی بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پیش از اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یک گیاه چندمنظوره به شمار می‌آید که از دیرباز به دلیل استفاده از رنگیزه‌های موجود در گل‌های آن مورد کشت قرار گرفته است، اما امروزه به عنوان یک گیاه دانه روغنی کشت می‌شود [۱۱]. روغن گلرنگ با بیش از ۸۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع از لحاظ تغذیه‌ای بسیار باارزش می‌باشد [۱۱]. به دلیل محدودیتی که از لحاظ منابع آبی در کشور وجود دارد، امکان در اختیار گرفتن اراضی جدید برای توسعه کشت دانه‌های روغنی، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. از این رو، باید به دنبال راه‌حلی برای کاهش اثرات خشکی بود. با استناد به یافته‌های محققین مبنی بر کارایی بالای اسید سالیسیلیک [۴] و کیتوزان [۱۲] در شرایط تنش خشکی در برخی گیاهان، ضرورت انجام این تحقیق نمایان می‌باشد. لذا هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثرات سطوح مختلف تنش خشکی بر کلروفیل و آنزیم‌های ضد اکسنده گلرنگ در اثر کاربرد محلول پاشی کیتوزان و اسیدسالیسیلیک می‌باشد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	شن	رس	لیمون	سدیم	پتاسیم	فسفر	کربن	نیتروژن	EC
	(%)	(%)	(%)	(mg/Kg)			(%)		(dS m ⁻¹)
لومی - شنی	۴۱	۳۲	۲۷	۳۸/۷	۱۱۵	۹/۲	۰/۴۷	۰/۰۵	۸/۴

عدم محلول پاشی (شاهد) به عنوان عامل فرعی بودند. عملیات کاشت در تاریخ ۳۰ آذر و پس از آماده سازی کرت‌های به طول ۴/۵ و عرض ۲/۵ متر و نیز با فاصله ردیف ۳۵ و با فاصله کاشت روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر انجام گرفت. اولین آبیاری برای تمام تیمارها بلافاصله بعد از کاشت

تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش خشکی شامل آبیاری در حالت ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید)، آبیاری در حالت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش متوسط)، آبیاری در حالت ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد) به عنوان عامل اصلی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۰/۴۲۴ گرم در لیتر)، کیتوزان (۵ گرم در لیتر)، کاربرد توأم آن‌ها و

کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل و A جذب طول موج ویژه می‌باشد.

افزون بر این، آنزیم‌های کاتالاز (CAT) [۱۵]، پراکسیداز [۳۰]، گایاکول پراکسیداز (GPX) و آسکوربات پراکسیداز (APX) [۳۴] محاسبه و میزان آنزیم‌های استخراجی براساس میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید

تنش خشکی کلروفیل a، b و کل را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($P < 0/01$) (جدول ۲). کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی بر اثر افزایش دور آبیاری و ایجاد تنش در گلرنگ [۱] و [۱۱] و سایر گیاهان توسط محققان بسیاری به اثبات رسیده است [۲۳]. در این آزمایش نیز تأخیر در آبیاری تا ۲۵ درصد ظرفیت زراعی کلروفیل‌های b، کل و کارتنوئید را به ترتیب ۲۷/۶۵ و ۲۴/۰۳ درصد نسبت به عدم تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) کاهش داد. شایان ذکر است آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تغییر معنی‌داری را در میزان صفات مذکور نسبت به عدم تنش به‌وجود نیاورد (جدول ۳). کمبود آب باعث تجزیه کلروفیل گردیده و گلوتامات که پیش‌ماده کلروفیل پرولین است در اثر این تنش به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوی کلروفیل کاسته می‌گردد [۲۷]. کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و به‌طور خاص کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید در گلرنگ در اثر تنش خشکی به اثبات رسیده است [۱، ۷، ۱۱].

اعمال گردید. پس از استقرار کامل بوته‌ها و یک ماه بعد از کاشت اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری گردید. برای اعمال تیمارهای تنش خشکی از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) استفاده شد. اولین و دومین محلول‌پاشی با کیتوزان به ترتیب در ۶۳ و ۷۰ روز پس از کاشت و در مورد اسید سالسیلیک در ۶۵ و ۷۲ روز پس از کاشت و بعد از اطمینان از آشکار شدن آثار تنش خشکی بر گیاه صورت پذیرفت [۲۱]. محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۴ بعدازظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال شد، به طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند.

صفات اندازه‌گیری شده شامل فلورسانس کلروفیل، عملکرد پروتئین، کلروفیل a، b، کل، کارتنوئیدها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز بود. جهت اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل در نمونه‌های برگ جوان و کاملاً توسعه یافته با استفاده از دستگاه قابل حمل کلروفیل‌سنج^۱ و با محاسبه و یادداشت مقادیر F_0 ، F_m ، F_v ، F_m/F_v و Tf_m صورت گرفت [۳۹]. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه، میزان نیتروژن کل به دست آمده توسط دستگاه کج‌دال [۶] را در عدد ثابت ۶/۲۵ ضرب و میزان پروتئین محاسبه شد [۶]، عملکرد پروتئین دانه نیز از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه به دست آمد. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل و کارتنوئید نمونه‌ها از دستگاه اسپکتروفتومتر و روابط زیر استفاده شد [۶]:

$$\text{Chl a} = (12.19 A_{665}) - (3.45 A_{645}) \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\text{Chl b} = (21.99 A_{645}) - (5.32 A_{665}) \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\text{Chl t} = \text{Chl a} + \text{Chl b} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\text{رابطه ۴}$$

$$\text{Carotenoid} = (1000 A_{470} - 2.14 \text{Chl a} - 70.16 \text{Chl b}) / 220$$

در این رابطه‌ها، Chl a، Chl b، Chl t و به ترتیب

1. Handy chlorophyll fluorometer (PEA)

تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان بر رنگیزه‌های فتوستتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلرنگ

جدول ۲. تجزیه واریانس کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید و فلورسانس کلروفیل گلرنگ تحت تأثیر محلول پاشی در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
فلورسانس کلروفیل	کارتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a		
۰/۲۵۹	۰/۰۰۵۹۶۹	۰/۰۰۵۸	۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۲۵	۲	تکرار
۰/۲۶۴**	۰/۰۰۴۰۴۴*	۰/۴۰۳۰**	۰/۱۹۵۵**	۰/۰۴۷۹**	۲	تنش خشکی
۰/۰۳۳	۰/۰۰۱۰۰۶	۰/۰۵۹۴	۰/۰۱۴۳	۰/۰۰۶۳	۴	a خطای
۰/۰۹۴**	۰/۰۰۵۲۱۷**	۰/۰۹۹۹*	۰/۰۴۸۲**	۰/۰۱۷۲*	۳	محلول پاشی
۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۶۳۷ ^{ns}	۰/۰۹۵۲ ^{ns}	۰/۰۲۲۶ ^{ns}	۰/۰۲۰۱**	۶	محلول پاشی × تنش خشکی
۰/۰۱۶	۰/۰۰۰۶۷۲	۰/۰۲۵۱	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۴۸	۱۸	b خطای
۱۴/۸۶	۱۰/۶۴	۱۱/۷۹	۱۱/۲۶	۱۲/۹۳		ضریب تغییرات (%)

ns، *، ** - به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی دار

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید و فلورسانس کلروفیل گلرنگ تحت تأثیر محلول پاشی در شرایط تنش خشکی

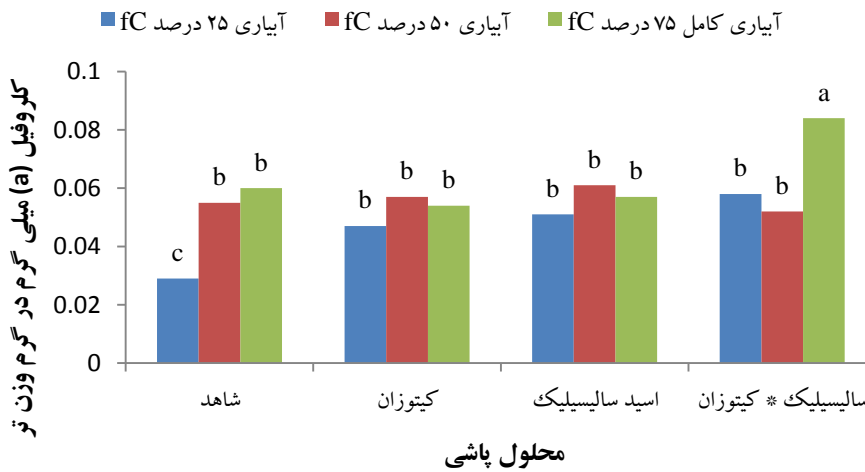
کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	فلورسانس کلروفیل	تیمارها
(mg/g fw)				
				تنش خشکی
۰/۹۴۰ ^a	۱/۵۲۷ ^a	۰/۲۶۲ ^a	۰/۹۲۲ ^a	آبیاری کامل ۷۵ درصد (Fc)
۰/۸۳۷ ^a	۱/۳۴۴ ^{ab}	۰/۲۴۲ ^a	۰/۸۰۳ ^b	آبیاری ۵۰ درصد (Fc)
۰/۶۸۶ ^b	۱/۱۶۰ ^b	۰/۲۲۵ ^a	۰/۷۳۹ ^b	آبیاری ۲۵ درصد (Fc)
				محلول پاشی
۰/۷۲۶ ^b	۱/۲۰۹ ^b	۰/۲۱۸ ^b	۰/۹۵۰ ^a	شاهد
۰/۸۲۰ ^a	۱/۳۴۹ ^{ab}	۰/۲۳۸ ^b	۰/۸۹۴ ^a	کیتوزان
۰/۹۰۴ ^a	۱/۴۶۶ ^a	۰/۲۴۰ ^b	۰/۸۶۴ ^a	اسید سالیسیلیک
۰/۸۳۴ ^a	۱/۳۵۱ ^{ab}	۰/۲۷۶ ^a	۰/۷۱۱ ^b	کیتوزان + اسید سالیسیلیک

حروف مشابه در هر ستون، نشانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد.

نیز منجر به افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). طبق نتایج دیگر تحقیقات، مصرف کیتوزان باعث افزایش کلروفیل a، b و کل در باقلا می‌شود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد [۳۷].

اثر متقابل عامل اصلی و فرعی بر کلروفیل a در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲)، به طوری که تیمار ترکیبی عدم تنش خشکی (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و محلول پاشی تلفیقی ترکیبات آلی با میانگین ۰/۸۴ میلی گرم در گرم وزن تر بیشترین کلروفیل a و کاربرد همزمان تنش شدید خشکی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و عدم کاربرد ترکیبات آلی با ۶۵/۴۷ درصد کاهش کمترین صفت مذکور را به خود اختصاص داد (شکل ۱).

محلول پاشی ترکیبات آلی کلروفیل a، کل ($P < 0.05$)، b و کارتنوئید ($P < 0.01$) را به طور معنی داری افزایش داد (جدول‌های ۲ و ۳). اگرچه بیشترین کلروفیل b و کل در تیمار کاربرد جداگانه محلول پاشی اسید سالیسیلیک مشاهده شد، اما محلول پاشی ترکیبات آلی به صورت جداگانه و تلفیقی در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین، میزان بیشترین کارتنوئید با میانگین ۰/۲۷ میلی گرم در گرم وزن تر از تیمار تلفیق محلول پاشی کیتوزان و اسید سالیسیلیک به دست آمد (جدول ۳). نتایج دیگر گزارشات اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی [۲۴] و غیرفتوسنتزی (کارتنوئید و گزانتوفیل) [۲۵] را تأیید می‌کند. در این آزمایش، محلول پاشی کیتوزان



شکل ۱. برهمکنش تنش خشکی و محلول پاشی ترکیبات آلی بر کلروفیل a

حمایت می‌کند [۱۴]. همچنین این ترکیب آلی به دلیل داشتن خواص آنتی‌اکسیدانی سبب جاروب کردن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده توسط تنش خشکی گردید و در نتیجه میزان کلروفیل را در گیاه افزایش داد [۴]. علاوه بر این، کیتوزان در غلظت‌های پایین، با از بین بردن

در اکثر پژوهش‌های انجام شده، مهمترین عمل اسید سالیسیلیک [۳۱] و کیتوزان [۱۲، ۲۱ و ۳۱] را پاسخ و مقاومت نسبت به برخی تنش‌ها نظیر خشکی بیان کرده‌اند. اسید سالیسیلیک از طریق افزایش توان آنتی‌اکسیدان‌های سلولی و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی

می‌شود. بنابراین، تنش‌های محیطی با تأثیر بر فتوسیستم II باعث کاهش این نسبت می‌شود [۲۹]. در همین راستا، یافته‌های دیگر محققان نشان داد که محدودیت آبی گلرنگ، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل را کاهش می‌دهد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد [۱۱].

در تحقیق حاضر، محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان موجب کاهش فلورسانس کلروفیل گردید (جدول ۲). اگرچه تیمارهای شاهد و کاربرد جداگانه کیتوزان و اسید سالیسیلیک از لحاظ آماری در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما تغذیه تلفیقی گیاهان با میانگین ۰/۷۱۱ و کاهش ۲۵/۱۵ درصدی صفت مذکور نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد و به تنهایی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳).

آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز (GPX)، آسکوربات پراکسیداز (APX)، کاتالاز (CAT) و پراکسیداز (PRO)

اگرچه تنش خشکی سبب افزایش تمام آنزیم‌های مورد اندازه‌گیری شد، اما این افزایش از لحاظ آماری فقط بر پراکسیداز معنی‌دار بود ($P < 0/05$) (جدول ۴). بالاترین میزان آنزیم پراکسیداز با میانگین ۰/۰۰۲۴ میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین در شرایط آبیاری در ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد، به‌طوری‌که با کاهش دور آبیاری تا تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) افزایشی معادل ۳۳/۳۳ درصد در این صفت ایجاد شد (جدول ۵). آنزیم پراکسیداز به عنوان جمع‌کننده پراکسید هیدروژن، سبب افزایش تحمل به تنش اکسیداتیو می‌شود [۱ و ۱۱]. عدم تعادل در بین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سبب کاهش کارایی مکانیسم‌های جمع‌آوری‌کننده فرم‌های فعال اکسیژن می‌شود [۱۱]. در همین ارتباط، افزایش آنزیم‌های ضد اکسند بر اثر تنش خشکی در گلرنگ [۱ و ۱۱] و

رادیکال‌های آزاد به‌طور مستقیم و یا توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری نموده و باعث کاهش پرولین و قندهای محلول در گیاه آفتابگردان می‌گردد [۱۲]، در نتیجه با توجه به پیش‌ماده مشترک پرولین و کربوهیدرات با رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش کلروفیل قابل توجهی می‌باشد.

فلورسانس کلروفیل

فلورسانس کلروفیل تحت تأثیر تنش خشکی و محلول-پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان قرار گرفت ($P < 0/01$) (جدول ۲). تأخیر در آبیاری تا ۲۵ درصد ظرفیت زراعی باعث کاهش ۱۷/۲۴ درصدی در صفت مذکور نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). از آنجایی‌که فلورسانس کلروفیل به عنوان یک معیار سنجش برای بررسی تأثیر تنش‌های محیطی، از جمله تنش آب بر گونه‌های زراعی و تعیین میزان مقاومت به خشکی می‌باشد و یک علامت مفید برای ارزیابی وضعیت فتوشیمی گیاه به کار می‌رود، مشاهده شد که در تنش شدید میزان فلورسانس کلروفیل کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. در واقع، تنش خشکی با تأثیر سوئی که بر همانندسازی کربن می‌گذارد، ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون را کاهش داده، در نتیجه سیستم به سرعت به فلورسانس حداکثر (Fm) می‌رسد که نتیجه آن کاهش فلورسانس متغیر (Fv) خواهد بود. از طرف دیگر، با افزایش شدت نور، سیستم فتوسنتزی با یک روش تنظیمی برای کاهش انرژی القاء شده تحریکی، انرژی مازاد را به طریق افزایش خاموشی غیرفتوشیمیایی به صورت فرآیند غیرتشنه‌شعی از دست می‌دهد. با این مکانیسم تنظیمی، ضمن حفاظت از مرکز واکنش، موجب می‌گردد که حداقل صدمه به این مرکز وارد شود [۱۶]. از این‌رو، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II به صورت نسبت Fv/Fm (نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس ماکزیمم) بیان

کنجد [۱۰] گزارش شده است. با افزایش دور آبیاری و اعمال تنش بیشتر آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز نیز افزایش یافتند، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود و کلیه میانگین‌ها در یک کلاس

آماری قرار گرفتند (جدول ۵). در همین ارتباط، محققان در بررسی تنش خشکی بر روی گلرنگ به نتایج مشابهی دست یافتند [۱۱].

جدول ۴. تجزیه واریانس کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات، گایاکول و عملکرد پروتئین گلرنگ تحت تأثیر محلول‌پاشی در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
گایاکول	آسکوربات	پراکسیداز	کاتالاز		
۰/۰۰۰۲۸۵	۴/۲۱۸	۱/۸۳۲	۶/۰۰۸	۲	تکرار
۰/۰۰۰۲۸۳ ^{ns}	^{ns} ۲/۵۳۳	۱/۹۳۰*	۳/۱۷۵ ^{ns}	۲	تنش خشکی
۰/۰۰۰۰۶۷	۹/۶۳۶	۱/۵۱۳	۹/۸۷۹	۴	a خطای
۰/۰۰۰۵۱۹**	۱/۹۵۸*	۱/۵۹۶**	۱/۶۴۶*	۳	محلول‌پاشی
۰/۰۰۰۰۲۳ ^{ns}	۳/۲۵۴ ^{ns}	۷/۰۴۹ ^{ns}	۲/۰۵۴ ^{ns}	۶	محلول‌پاشی × تنش خشکی
۰/۰۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۰۰۶۰	۰/۰۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۰۳۷	۱۸	b خطای
۱۲/۰۷	۲۱/۲۳	۱۵/۱۵	۱۸/۴۳		ضریب تغییرات (%)

ns، *، ** - به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات، گایاکول و عملکرد پروتئین گلرنگ تحت تأثیر محلول‌پاشی در شرایط تنش خشکی

گایاکول (μM/mg protein)	آسکوربات (μM/mg protein)	پراکسیداز (μM/mg protein)	کاتالاز (μM/mg protein)	تیمارها
۰/۰۴۱۸ ^a	۰/۰۰۳۲ ^a	۰/۰۰۱۶ ^b	۰/۰۰۲۸ ^a	تنش خشکی
۰/۰۴۷۵ ^a	۰/۰۰۳۵ ^a	۰/۰۰۱۹ ^{ab}	۰/۰۰۳۱ ^a	آبیاری کامل ۷۵ درصد (Fc)
۰/۰۵۱۵ ^a	۰/۰۰۴۱ ^a	۰/۰۰۲۴ ^a	۰/۰۰۳۸ ^a	آبیاری ۵۰ درصد (Fc)
				آبیاری ۲۵ درصد (Fc)
۰/۰۳۹۰ ^b	۰/۰۰۳۰ ^b	۰/۰۰۱۵ ^b	۰/۰۰۲۷ ^b	محلول‌پاشی
۰/۰۴۱۸ ^b	۰/۰۰۳۷ ^{ab}	۰/۰۰۱۷ ^b	۰/۰۰۳۱ ^{ab}	شاهد
۰/۰۵۳۳ ^a	۰/۰۰۳۷ ^{ab}	۰/۰۰۲۳ ^a	۰/۰۰۳۵ ^a	کیتوزان
۰/۰۵۳۵ ^a	۰/۰۰۴۱ ^a	۰/۰۰۲۴ ^a	۰/۰۰۳۶ ^a	اسید سالیسیلیک
				کیتوزان + اسید سالیسیلیک

حروف مشابه در هر ستون، نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد.

تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان بر رنگیزه‌های فتوستتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلرنگ

صدمات ناشی از آن‌ها را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، اسید سالیسیلیک با اثر روی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر کاتالاز، سوپراکسیدازها، اثرات ناشی از تنش‌های خشکی را کاهش می‌دهد [۱۹]. در همین راستا، در شرایط تنش کم‌آبی، کاربرد اسید سالیسیلیک در ذرت [۲۸] باعث افزایش سطح ترکیبات آنتی‌اکسیدان گردید.

عملکرد دانه

تنش خشکی و محلول پاشی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه شد، به طوری که آبیاری کامل (۷۵ درصد ظرفیت مزرعه) با میانگین ۱۰۰۳/۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و تنش شدید (آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) با ۴۲/۷۳ درصد کاهش کمترین میزان صفت مذکور را به خود اختصاص (جدول ۷).

محلول پاشی ترکیبات آلی بر آنزیم‌های پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز ($P < 0/01$) کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز ($P < 0/05$) اثر معنی داری داشت (جدول ۴). تیمارهای جداگانه اسید سالیسیلیک و تلفیق کیتوزان و اسید سالیسیلیک در کلیه صفات مذکور در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما بیشترین میزان آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب با ۲۶/۴۱، ۲۶/۸۲، ۲۵ و ۳۷/۵ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در محلول پاشی تلفیقی ترکیبات آلی به دست آمد (جدول ۵). اسید سالیسیلیک [۹] و کیتوزان [۱] در شرایط تنش منجر به افزایش آنزیم‌های ضد اکسنده می‌شوند. کیتوزان ترکیبی با منشأ زیستی است که از طریق القای سیستم دفاعی باعث بیوستتزی و انباشت متابولیت‌های ثانویه می‌شوند [۳۱]. کیتوزان با فعال نمودن تعدادی از آنزیم‌ها نظیر کیتینازها [۱۸]، کاتالاز [۱ و ۹] گایاکول پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز [۹] مقاومت گیاه را در برابر شرایط نامساعد محیطی و تنش‌ها افزایش داده و

جدول ۶. تجزیه واریانس درصد پروتئین، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین گلرنگ تحت تأثیر محلول پاشی در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد پروتئین	عملکرد دانه	درصد پروتئین		
۴۵۶/۹۷	۷۱۲۷۲/۱	۱۲/۷۸	۲	تکرار
۴۸۱/۲۶ ^{ns}	۲۶۶۷۳۲۱/۲ ^{**}	۱۸/۱۲	۲	تنش خشکی
۱۸۷/۹۶	۶۶۵۴۵/۰	۲۳/۶۰	۴	a خطای
۱۶۹۶/۹۲ ^{**}	۳۰۷۵۴۵/۲ ^{**}	۲۷/۶۵ [*]	۳	محلول پاشی
۳۶۱/۳۸ [*]	^{ns} ۳۰۷۵۴۵/۲	۵/۹۵ ^{ns}	۶	محلول پاشی x تنش خشکی
۱۲۳۸/۲۰	۳۹۶۲۹/۶	۸/۷۴	۱۸	b خطای
۸/۵۸	۲۲/۴۵	۱۲/۰۱		ضریب تغییرات (%)

ns و ** - به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های درصد پروتئین، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین گلرنگ تحت تأثیر محلول‌پاشی در شرایط تنش خشکی

تیمارها	درصد پروتئین	عملکرد دانه (kg/ha)
<u>تنش خشکی</u>		
آبیاری کامل ۷۵ درصد (Fc)	۲۵/۶۹ ^a	۱۰۰۳/۱ ^a
آبیاری ۵۰ درصد (Fc)	۲۴/۸۴ ^a	۹۸۲/۳ ^b
آبیاری ۲۵ درصد (Fc)	۲۳/۲۷ ^a	۵۷۴/۴۰ ^c
<u>محلول‌پاشی</u>		
شاهد	۲۲/۳۶ ^b	۶۳۳/۲۳ ^b
کیتوزان	۲۶/۱۰ ^a	۸۷۴/۳۱ ^a
اسید سالیسیلیک	۲۴/۰۵ ^{ab}	۹۸۲/۴۹ ^a
کیتوزان + اسید سالیسیلیک	۲۵/۸۹ ^a	۱۰۵۶/۸ ^a

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد.

گیاهی نظیر جیبرلین‌القائه کند و رشد و نمو گیاه توسط بعضی مسیرهای سیگنالینگ مربوط به بیوستر اکسین، از طریق مسیر وابسته به تریپتوفان افزایش دهد [۱۲].

درصد پروتئین

درصد پروتئین به طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان قرار گرفت ($P < 0.05$) (جدول ۶). محلول‌پاشی کیتوزان به میزان ۱۴/۳۲ درصد باعث افزایش پروتئین دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۷). تأثیر اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر میزان پروتئین بسته به گونه گیاهی، شدت تنش و غلظت سالیسیلیک و اندام گیاهی متفاوت است، به طوری که در برخی تحقیقات افزایش و یا کاهش میزان پروتئین گزارش شده است [۳۸]. در تحقیق حاضر، کیتوزان و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش بر میزان پروتئین تأثیر معنی‌داری نداشت که احتمالاً به دلیل شدت تنش و غلظت تیمار استفاده شده باشد.

به نظر می‌رسد بروز تنش خشکی در مرحله رشد رویشی گیاه منجر به کوچک شدن سطح برگ فتوسنتزکننده و کاهش شاخص سطح برگ می‌شود. کاهش عملکرد در این مرحله ممکن است به واسطه کاهش تعداد دانه در طبق حاصل شود [۸] و چنانچه تنش در مرحله زایشی رخ دهد، کاهش عملکرد به واسطه کاهش دوره پر شدن و وزن دانه‌ها می‌باشد [۷]. عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی به میزان ۲۰/۵۸ درصد دچار افت می‌شود [۱۳].

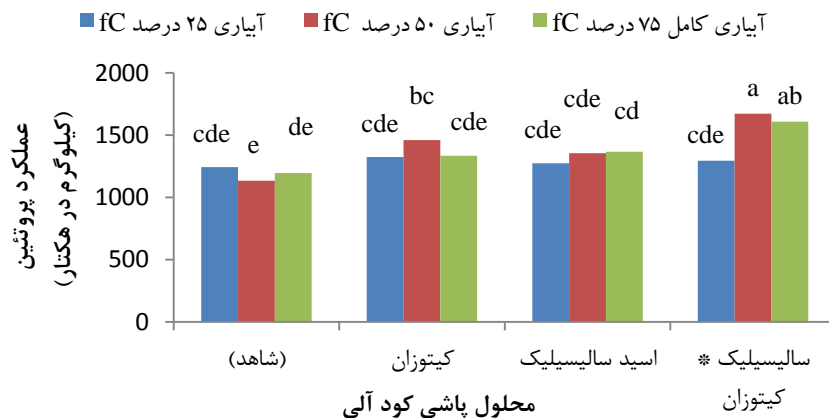
محلول‌پاشی تلفیقی اسید سالیسیلیک و کیتوزان منجر به افزایش ۴۰/۰۸ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید (جدول ۷). طبق گزارش‌های دیگر محققین با افزایش مصرف کیتوزان [۱۲] و اسید سالیسیلیک [۵] عملکرد دانه در گیاه افزایش می‌یابد. تا به حال سازوکار عمل کیتوزان روی رشد ناشناخته مانده است. احتمالاً این ترکیب ممکن است سیگنالی را برای سنتز هورمون‌های

تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلرنگ

عملکرد پروتئین

عملکرد پروتئین به طور معنی داری تحت تأثیر محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان ($P < 0/05$) و برهمکنش تنش خشکی و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان قرار گرفت ($P < 0/05$) (جدول ۴). کاربرد ترکیبات آلی در شرایط تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) کارایی بالا و معنی داری در کاهش اثرات تنش و افزایش پروتئین از خود نشان ندادند، اما کاربرد محلول پاشی این ترکیبات آلی موجب کاهش اثرات مضر تنش متوسط (۵۰ درصد ظرفیت

زراعی) بر عملکرد پروتئین گردید، به طوری که در شرایط تنش خشکی متوسط (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) کاربرد تلفیق ترکیبات آلی با میانگین ۲۶۷/۶ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش (۳۲/۱۸ درصد) صفت مذکور نسبت به عدم کاربرد محلول پاشی گردید. در شرایط عدم تنش نیز (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) کاربرد تلفیقی اسید سالیسیلیک و کیتوزان با میانگین ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان صفت مذکور را به خود اختصاص داد (شکل ۲).



شکل ۲. برهمکنش تنش خشکی و محلول پاشی کود آلی بر عملکرد پروتئین

[۴، ۹ و ۳۵]. اسید سالیسیلیک از طریق افزایش توان آنتی‌اکسیدان‌های سلولی و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند. در ضمن این اسید از طریق غیرروزیه ای و با کاهش فعالیت آنزیم رابیسکو و همچنین اثر بر بیوسنتز پروتئین‌های فتوسنتزی، باعث مهار فتوسنتز می‌گردد [۱۴].

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که با افزایش تنش خشکی ناشی از افزایش فواصل آبیاری، رنگیزه‌های

تنش خشکی به‌ویژه در هنگام رسیدگی در گیاه گلرنگ، میزان درصد روغن را کاهش، ولی درصد پروتئین را افزایش داد که این حالت به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه می‌باشد [۲]. به نظر می‌رسد کاهش پتانسیل آب در برگ‌ها موجب کاهش قابل توجهی در پلی‌ریبوزوم‌ها و مونوریبوزوم‌ها می‌شود که این امر بیانگر کاهش سنتز پروتئین‌ها می‌باشد. همچنین رادیکال‌های آزاد اکسیژن میل ترکیبی بالایی با پروتئین‌ها دارند و سبب اکسید شدن آن‌ها می‌شود. گزارشات متعددی مبنی بر نقش اسید سالیسیک در کاهش اثرات ناشی از تنش‌ها و بهبود رشد وجود دارد

به‌زراعی کشاورزی

۵. سیبی م، میرزاخانی م و گماریان م (۱۳۸۹) مطالعه بی‌ثباتی غشای سلولی گلرنگ تحت فشار آب، با استفاده از ژئولیت و سالیسیلیک اسید. زراعت و اصلاح نباتات. ۸(۲): ۱۱۹-۱۳۶.
۶. طباطبایی ج (۱۳۸۸) اصول تغذیه معدنی گیاهان. چاپ اول. چاپ و افست خوارزمی، تبریز، ۳۸۹ ص.
۷. عرب ص، برادران فیروزآبادی م، اصغری ح ر، غلامی ا و رحیمی م (۱۳۹۱) بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات گلرنگ بهاره تحت تأثیر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید و اسیدآسکوربیک. اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی (غیرزیستی). دانشگاه اصفهان. ۱۰-۱۱ آبان.
۸. فرخی‌نیا م، رشدی م، پاسبان اسلام ب و ساسان‌دوست ر (۱۳۹۰) بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۳): ۵۴۵-۵۵۳.
۹. کاظمی ن، خاوری نژاد ر، فهیمی ح، سعائتمند س و نژادستاری ط (۱۳۸۹) تأثیر سالیسیلیک اسید برون‌زا بر پراکسیداسیون لیپید و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ‌های گیاهان کلزا تحت تنش نیکل. علوم زیستی (دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان). ۳(۳): ۷۱-۸۰.
۱۰. نوری پورسخت ج و احسان‌زاده پ (۱۳۹۱) تغییر برخی آنتی‌اکسیدانت‌ها در کنگد و ارتباط آن با صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه تحت رژیم مختلف آبیاری. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳(۱): ۸۱-۹۱.
۱۱. یدالهی ده‌چشمه پ، اصغری‌پور م ر، خیری ن و قادری ا (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی و کودهای آلی بر عملکرد روغن و ویژگی‌های بیوشیمیایی گلرنگ. تولید گیاهان روغنی. ۱(۲): ۲۷-۴۰.
- فتوستتزی و عملکرد پروتئین کاهش ولی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (پراکسیداز) افزایش می‌یافت. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار پروتئین و کلیه آنزیم‌های ضد‌اکسنده مورد بررسی شد. نکته کاربردی در این مطالعه کاهش گیاهان آسیب دیده از تنش خشکی با کاربرد محلول‌پاشی کیتوزان و اسید سالیسیلیک بود. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴۲۴ گرم در لیتر و کیتوزان به صورت توأم از طریق افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین و کلروفیل a سبب کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی در گلرنگ گردید. لذا با انجام مطالعات تکمیلی می‌توان کاربرد این دو ماده آلی را برای کاهش تنش خشکی در شرایط آب و هوایی مشابه در گلرنگ پیشنهاد کرد.

منابع

۱. امیری ا، باقری ع ا، خواجه م، نجف‌آبادی ن و یدالهی ده‌چشمه پ (۱۳۹۲) تأثیر محلول‌پاشی سیلیکون بر عملکرد و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلرنگ در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های به‌زراعی. ۵(۴): ۳۶۱-۳۷۲.
۲. آلیاری ه و شکاری ف (۱۳۷۹) دانه‌های روغنی (زراعت و فیزیولوژی). انتشارات عمیدی. تبریز. ۱۸۲ ص.
۳. دانشور م ر، تلوری ع، توکلی م و دانائیان م ر (۱۳۸۶) بررسی منطقه‌ای خشکسالی در مرکز، جنوب و جنوب شرق کشور. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۶: ۱۵۸-۱۶۶.
۴. رمرودی م و خمرع ر (۱۳۹۲) اثرات متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان. ۱(۱): ۱۹-۳۲.

- content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL-1). *Phytomorphology*. 52: 83-87.
21. Gornik K, Grzesik M and Duda BR (2008) The Effect of chitosan on rooting of grapevine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 16: 333-343.
22. Guan YJ, Hu J, Wang XJ and Shao CX (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.
23. Hayat S, Hayat Q, Irfan M and Ahmad A (2010) Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*. 68(1): 14-25.
24. Kang GZ, Wang CH, Sun GC and Wang ZX (2003) Salicylic acid changes activities of H₂O₂-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*. 50: 9-15.
25. Kaydan D, Yagmur M and Okut N (2007) Effects of salicylic Acid on the Growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Tarim Bilimleri Dergisi*. 13(2): 114-119.
26. Khan W, Prithviraj B and Smith DL (2003) Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*. 160: 485-492.
27. Lawlor DW and Cornic G (2002) Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*. 25: 275-294.
۱۲. یدالهی ده چشمه پ، باقری ع، امیری ا و اسمعیل زاده ص (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی و محلول پاشی کیتوزان بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی آفتابگردان. *فیزیولوژی گیاهان زراعی*. ۶(۲۱): ۷۳-۸۳.
13. Abolhasani K and Saeni G (2006) Investigation of Agronomic traits for safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 13(4): 100-108.
14. Alfonso LV and Martin-Mex R (2007) Effect of Salicylic Acid on the Bioproductivity of Plant. *Salicylic Acid- a Plant Hormone*. Pp. 15-23.
15. Beers GR and Sizer IV (1952) Aspectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *Biological Chemistry*. 195: 133-140.
16. Bhardway R and Singhal G (1981) Effect of water stress on photochemical activity of chloroplasts during greening etiolated barley seedlings. *Plant Cell Physiology*. 22(2): 155-162.
17. Blokhina O, Virolainen E and Fagerstedt KV (2003) Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. *Anns of Botany*. 91: 179-194.
18. Cheng X, Zhou U and Cui X (2006) Improvement of phenylethanoid glycosides biosynthesis in *Cistanche deserticola* cell suspension cultures by chitosan elicitor. *Biotechnology Journal*. 121: 253-260.
19. Choundhury S and Panda SK (2004) Role of salicylic acid in regugating cadmium induced oxidative stress in *oryza Sativa* L root. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 30(3-4): 95-110.
20. Ghai N, Setia RC and Setia N (2002) Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll

28. Li L, Vanstaden J and Jager AK (1998) Effects of plant growth regulators on the antioxidant system in seedlings of two maize cultivars subjected to water stress. *Plant Growth Regulators*. 25: 81-87.
29. Ma BL, Morison MJ and Videng HD (1995) Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. *Crop Science*. 35: 1411-1414.
30. Mac-Adam JW, Nelson CJ and Sharp RE (1992) Peroxidase Activity in the leaf elongation zone of tall fescue. *Plant Physiology*. 99: 872-878.
31. Mahdavi B, Modarres Sanavy SAM, Aghaalikhani M, Sharifi M and Dolatabadian A (2011) Chitosan Improves Osmotic Potential Tolerance in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seedlings. *Journal of Crop Improvement*. 25: 728-741.
32. Mittler R, Vanderauwera S, Gollery M and Breusegem FV (2004) Reactive oxygen gene network of plants. *Trend in Plant Science*. 9: 490-498.
33. Munne-Bosch S and Penuelas J (2003) photo- and antioxidative protection, and a role for salicylic acid during drought and recovery in field-grown *Phillyrea angustifolia* plants. *Planta*. 217: 758-766.
34. Nakano Y and Asada K (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidases in spinach chloroplasts. *Plant Cell and Physiology*. 22: 867-880.
35. Popova L, Krante A, Janda R and Szalai G (2008) Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on Photosynthesis in maize. *Journal of Plant Physiology*. 165: 920-931.
36. Senaratna T, Touchell D, Bunn E and Dixon K (2000) Acetyl salicylic acid (Asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*. 30: 157-161.
37. Sheikha SAK and AL-Malki FM (2009) Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. *European Journal of Scientific Research*. 50: 124-134.
38. Singh VD, Verma SK and Singh BL (1990) Effect of irrigation and phosphorus on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield in Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Science*. 40: 644-647.
39. Soltani A (2004) Chlorophyll fluorescence and its application. Internal press. University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.