

اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر عملکرد گیاه گلرنگ در شرایط تنش

خشکی

ایوب امیری^۱، علیرضا سیروس مهر^۱ و صدیقه اسمعیل زاده بهابادی^{۲*}

^۱ زابل، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

^۲ زابل، دانشگاه زابل، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۹

چکیده

در این پژوهش تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان در شرایط کم آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus thinctorius* L.) (رقم گلدشت)، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تنش خشکی شامل: (A1) آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد)، (A2) آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش متوسط)، (A3) آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید) به عنوان عامل اصلی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان به عنوان عامل فرعی بودند. تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع، شاخه فرعی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، پروتئین دانه، کربوهیدرات‌های محلول، میزان کلروفیل گردید. اسید سالیسیلیک و کیتوزان در شرایط غیر تنش به طور معنی داری موجب افزایش تمامی شاخص‌ها به جز کلروفیل و شاخص سطح برگ شد. نتایج نشان داد در شرایط تنش، محلول پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گیری کرد که اسید سالیسیلیک و کیتوزان در رفع آسیب اکسیداتیو ناشی از این تنش نقش دارد و قادر است به طور موثری باعث افزایش عملکرد گلرنگ شود.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، تنش کم آبیاری، کیتوزان، گلرنگ.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۵۴۳۱۲۳۲۱۸۷، پست الکترونیکی: esmaeilzadeh@uoz.ac.ir

مقدمه

جزو برترین روغنهای گیاهی محسوب می‌شود (۱۶). خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که منجر به کاهش گسترش سلولی و تغییرات در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌شود که بر رشد، تولید و عملکرد گیاه تاثیر می‌گذارد (۴۹). گیاهان در شرایط خشکی از راههای مختلف از جمله بستن روزنه‌ها، تنظیم اسمزی، تجمع مواد محلول سازگار از جمله قند و پرولین از خشکی بردباری می‌کنند (۱۹ و ۲۸). استفاده از محرکهای زیستی یکی از راهکارهای کاهش اثرات تنش های زیستی و غیر زیستی و افزایش عملکرد و کیفیت

گلرنگ (*Carthamus thinctorius* L.) گیاهی از خانواده کاسنی (Asteraceae) است که از دیرباز در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله هندوستان و ایران و دیگر نقاط خاورمیانه و شرق آفریقا کشت می‌شده است. همچنین این گیاه از گیاهان بومی و با ارزش ایران است که از سالیان دور در کشور کشت می‌گردد. وجود انواع تیپ‌های وحشی که در سراسر کشور پراکنده‌اند نشان از سازگاری بالای این گیاه روغنی به آب و هوای کشور دارد (۱). روغن گلرنگ با دارا بودن ۵۹ تا ۷۹ درصد اسید چرب لینولئیک در کاهش کلسترول خون نقش اساسی ایفا میکند و از لحاظ کیفیت

محتوی کلروفیل، تولید میوه، ایفا می‌کند و با تاثیر بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می‌دهد (۳۹).

گلرنگ گیاهی است که سازگار به شرایط خشکی بوده و می‌تواند شرایط تنش را تحمل کند. با توجه به اهمیت دارویی و غذایی گیاه گلرنگ، بررسی واکنش این گیاه به سطوح مختلف تنش خشکی و القای مقاومت بیشتر در برابر خشکی حائز اهمیت است در این پژوهش به منظور کاهش اثرات زیانبار تنش خشکی بر گیاه گلرنگ تاثیر کیتوزان و اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گلرنگ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روشها

آماده سازی زمین و طرح آزمایش: در این تحقیق، کاشت گیاه گلرنگ رقم گلدشت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در چانه نیمه انجام شد. بافت خاک محل آزمایش لومی رسی بود و میزان متوسط رطوبت قابل دسترس گیاه از تفاوت آب خاک در نقطه ظرفیت مزرعه برابر ۰/۲۳۲ متر مکعب خاک تعیین گردید. آزمایش به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد.

عملیات زراعی و اعمال تیمارها: تیمارهای آزمایش شامل ۳ تنش خشکی بود و تیمارهای خشکی شامل (A3) آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید)، (A2) آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش متوسط)، (A1) و آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد) به عنوان عامل اصلی بودند و محلول‌پاشی کیتوزان ۵ گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک ۰/۴۲۴ گرم در لیتر و کیتوزان و اسید سالیسیلیک باهم و تیمار عدم محلول‌پاشی (شاهد) نیز به

محصول است. از ترکیبات با خواص الیستوری که مکانیسم‌های دفاعی گیاه در برابر تنش‌ها را القا می‌کنند می‌توان به کیتوزان اشاره کرد (۲۵).

کیتوزان از ترکیبات اصلی دیواره سلولی بسیاری از گونه‌های قارچی، یکی از محرک‌های زیستی است که به منظور کاهش اثرات منفی تنش خشکی و افزایش عملکرد و کیفیت محصول کاربرد دارد (۲۵). کیتوزان اخیراً بدلیل فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی توجه محققین زیادی را به خود جلب کرده است (۲۷). فعالیت آنتی‌اکسیدانی کیتوزان از طریق مکانیسم‌های مختلف می‌باشد، از جمله باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت می‌شود، همچنین به عنوان یک حاروب‌گر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) عمل کرده (۴۸) و باعث مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های اکسیداتیو و تحریک رشد گیاه می‌شود (۸) و (۲۰). محلول پاشی با کیتوزان باعث افزایش رشد رویشی و بهبود کیفیت میوه در گیاهان مختلف شده است (۲۲). افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه، جوانه زنی، شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل نیز در گیاهان ذرت و لوبیا تحت تاثیر کیتوزان گزارش شده است (۲۶ و ۴۳).

به نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک (SA) نیز می‌تواند به عنوان یک راهکار برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش خشکی موثر بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد (۷ و ۳۱). اسید سالیسیلیک (SA) به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد و باعث طولی شدن سلول‌ها و افزایش تقسیم سلولی می‌شود که این کار با همکاری سایر تنظیم‌کننده‌ها از جمله اکسین انجام می‌شود. علاوه بر آن گسترش، تقسیم و مرگ سلولی را تنظیم کرده و بین رشد و پیری تعادل ایجاد می‌نماید (۴۰). استفاده از غلظت‌های مناسب اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرایند‌های فیزیولوژیکی مختلف مثل جوانه زنی بذر، بسته شدن روزنه، مهار بیوستنز اتیلن گیاه، افزایش میزان فتوسنتز و

تعداد ۵ بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و تعداد شاخه فرعی آن شمارش و میانگین آنها به عنوان تعداد شاخه فرعی در بوته ثبت گردید. تعداد ۵ بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و تعداد شاخه فرعی آن شمارش و میانگین آنها به عنوان تعداد شاخه فرعی در بوته ثبت گردید. شاخص سطح برگ توسط دستگاه Leaf area meter (Hayashi Denkoh Model AAM-7) تعیین شد.

به منظور تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، ۵ بوته از دو ردیف وسط هر کرت با رعایت حاشیه برداشت شده و دانه‌ها را برای عملکرد دانه جدا کرده و با وزن کردن و اعمال تناسب عملکرد دانه برحسب (کیلو گرم در هکتار) محاسبه شد.

به منظور تعیین عملکرد بیولوژیک، در هر کرت ۵ بوته تصادفی از دو ردیف وسط از ۲ تا ۳ سانتی متری زمین بریده شده و سپس به مدت ۲۴ ساعت درون آن در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفته تا خشک شوند سپس با وزن کردن و اعمال تناسب عملکرد بیولوژیک برحسب تن در هکتار محاسبه شد.

وزن هزار دانه نیز به عنوان یکی از اجزای عملکرد بعد از عملیات برداشت با ۳ نمونه تصادفی بذر در هر کرت محاسبه گردید. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه در هکتار بر عملکرد بیولوژیک در هکتار برای هر کرت محاسبه شد.

سنجش های بیوشیمیایی: روغن موجود در دانه ها با استفاده از دستگاه سوکسله و توسط حلال آلی N-هگزان استخراج شد (۳۰). به این ترتیب که مقدار ۲ گرم از بذر-های آسیاب شده را به همراه کاغذ صافی وزن کرده، در داخل قسمت استخراج دستگاه قرار داده شد و حدود ۲۵۰ سی سی حلال N-هگزان به آن اضافه شد. عمل عصاره-گیری نمونه‌ها به مدت ۴ الی ۵ ساعت ادامه یافت. چرخه

عنوان عوامل فرعی در نظر گرفته شدند. بعد از آماده سازی کرت‌های به طول ۴/۵ متر و عرض ۲/۵ متر و با فاصله ردیف ۳۵ سانتی متر و روی ردیف ۱۰ سانتی متر عملیات کاشت در ۳۰ آذر ۱۳۹۱ انجام گرفت. اولین آبیاری برای تمام تیمارها بلافاصله بعد از کاشت اعمال گردید. پس از آن آبیاری بر اساس دور آبیاری به روش نشتی انجام شد. پس از استقرار کامل بوته‌ها تقریباً ۶۰ روز پس از کاشت اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم آبیاری گردید. برای اعمال تیمارهای عدم تنش و تنش از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) استفاده شد که طی سه مرحله آن را در زمین فرو کردیم و بعد از نشان دادن عدد کاهش رطوبت آبیاری صورت می‌گرفت. محلول‌پاشی کیتوزان و اسید سالیسیلیک طی دو مرحله در فصل رشد گیاه (شروع گلدهی و گلدهی کامل) انجام شد. اعمال محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۵ بعد از ظهر و در هوای ملایم و صاف اعمال گردید. به طوری که برگ-های گیاه گل‌رنگ کاملاً خیس شده و به منظور بهبود جذب برگی کیتوزان، از تریتون X100 با میزان ۰/۰۱ درصد به عنوان روکشگر استفاده شد. گیاهان شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. برداشت نهایی در تاریخ ۳۰ خرداد ماه ۱۳۹۲ انجام شد. بعد از حذف اثر حاشیه، از هر کرت پنج گیاه برداشت شد و جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، شاخه فرعی فرعی، شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل، پروتئین، پروتئین، کربوهیدرات‌های محلول و درصد روغن مورد استفاده قرار گرفت.

شاخص های زراعی و مرفولوژیک: به منظور تعیین ارتفاع، با رسیدن محصول به مرحله بلوغ فیزیولوژیکی (گلدهی کامل)، ۵ بوته از هر کرت از دو ردیف وسط به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع آنها از سطح خاک با استفاده از متر استاندارد اندازه گیری شد.

یک میلی لیتر محلول ۵ درصد فنل اضافه و به خوبی هم زده شدند. در مرحله نهایی، ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به هر لوله اضافه شد. لوله‌ها به مدت نیم ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند و مقادیر جذب نوری آنها در طول موج ۴۸۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. با استفاده از منحنی استاندارد، مقدار قند برحسب گرم در ۱۰۰ گرم بافت خشک گیاه محاسبه شد.

اندازه‌گیری پروتئین: اندازه‌گیری پروتئین به روش برادفورد انجام شد (۱۴). برای تعیین غلظت پروتئین‌های نمونه‌ها، از هر عصاره پروتئینی مقدار ۱۰۰ میکرولیتر در لوله آزمایش ریخته و یک میلی لیتر محلول برادفورد به آن اضافه شد و جذب هر یک از نمونه‌ها، بعد از مدت زمان حداقل ۵ دقیقه در دمای اتاق، در طول موج ۵۹۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر سنجیده شد. جهت رسم نمودار استاندارد محلول سرم آلبومین گاوی (BSA) با غلظت ۰/۵ میلی گرم در میلی لیتر با استفاده از محلول سدیم کلراید تهیه شد. سپس مقادیر ۰، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ میکرولیتر از محلول سرم آلبومین در لوله‌های آزمایش به طور جداگانه ریخته شد و حجم نهایی هر یک با افزودن بافر استخراج تریس به ۱۰۰ میکرولیتر رسید. غلظت پروتئین کل در محلول‌های حاصل به ترتیب ۰، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵، ۲۰۰ میکروگرم در میلی لیتر بود. سپس یک میلی لیتر محلول برادفورد به هر یک از لوله‌ها اضافه شد. جذب هر یک از محلول‌ها، بعد از مدت زمان حداقل ۵ دقیقه در دمای اتاق در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر سنجیده شد و منحنی استاندارد رسم شد.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

تبخیر و میعان طی مدت روشن بودن دستگاه باعث گرفتن چربی کامل نمونه‌ها گشت. بعد از گرفتن چربی، نمونه‌ها خارج و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه در آن قرار داده شد. نمونه‌ها بعد از خشک شدن دوباره وزن شدند و در نهایت درصد روغن با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{وزن کاغذ صافی بدون نمونه} = \frac{b-c}{b-a} \times 100$$

وزن کاغذ صافی بدون نمونه = a

وزن کاغذ + نمونه حاوی روغن = b

وزن کاغذ + نمونه بدون روغن = c

سنجش کلروفیل

میزان کلروفیل برگ با دستگاه (SPAD-502) انجام شد.

سنجش میزان پرولین: میزان پرولین برگ به روش بیتز و همکاران اندازه‌گیری شد (۱۲). ابتدا ۰/۵ گرم از اندام هوایی و ریشه توسط ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۳ درصد در هاون چینی کاملاً ساییده و در نهایت با کاغذ صافی صاف گردید. به ۲ میلی لیتر از محلول حاصل، ۲ میلی لیتر معرف ناین‌هیدرین اضافه و پس از قرارگیری در حمام آب جوش به مدت یک ساعت، لوله‌های محتوی محلول حاصل در یخ قرار گرفت تا سرد شدند. بعد از این مرحله، ۴ میلی لیتر تولوئن اضافه گردید. از فاز رویی برای اندازه‌گیری میزان پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده شد.

سنجش میزان کربوهیدرات: اندازه‌گیری کربوهیدرات با استفاده از روش کرسپی و همکاران صورت گرفت (۳۲). پس از ساییدن ۰/۲ گرم بافت خشک شده گیاه توسط ۳ میلی لیتر الکل ۸۰ درصد و سانتیفریوژ به مدت ۱۵ دقیقه، از محلول شناور برای سنجش قندهای محلول استفاده شد. بدین ترتیب که یک میلی لیتر از عصاره حاوی کربوهیدرات‌های محلول در لوله آزمایش ریخته و به آن

نتایج

پاشی و کم‌آبیاری، بر شاخص عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر تعداد شاخه فرعی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، درحالی‌که برهمکنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). کیتوزان ۲۰/۸۳ درصد تعداد شاخه فرعی را نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های برهمکنش کم-آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر شاخه فرعی اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کم‌آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان و برهمکنش آن‌ها بر شاخه فرعی از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱۲/۹۰ درصد تعداد شاخه فرعی را نسبت به شاهد افزایش نشان داد. مقایسه میانگین‌های برهمکنش آن‌ها نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی وجود نداشت (جدول ۱).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس شاخص برداشت فقط تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). به طوری که با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. بیشترین شاخص برداشت در محلول‌پاشی کیتوزان به میزان ۱۷/۱۲ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد. در برهمکنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر شاخص برداشت معنی‌دار نداشت (جدول ۲).

اثر تنش کم‌آبیاری بر وزن هزار دانه معنی‌دار گردید ($p < 0.01$) ولی محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). در بین تیمارهای کم‌آبیاری، تنش متوسط (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) و تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) در زمان گلدهی به ترتیب بیشترین و کم‌ترین وزن هزار دانه را دارا بودند که آبیاری تنش متوسط

شاخص‌های رشد: نتایج نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر شرایط کم‌آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). با افزایش تنش ارتفاع بوته کاهش یافت، به طوری‌که بیشترین ارتفاع (۹۹/۳۵۸ سانتیمتر) در تیمار آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد) و کم‌ترین آن در شرایط آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید) در زمان گلدهی بود. این کاهش ارتفاع بوته در تیمار تنش شدید ۳۴/۸۳ درصد کمتر از تیمار شاهد (آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه) بود (جدول ۱). اسیدسالیسیلیک باعث افزایش معنی‌داری بر ارتفاع گیاه شد، که ۱۰/۹۱ درصد ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۱). با توجه به نتایج این آزمایش اثر متقابل کم‌آبیاری و محلول‌پاشی بر ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌داری نداشت.

تنش خشکی تأثیر معنی‌دار ($p < 0.01$) بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۲)، به طوری‌که در شرایط آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید) عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد) ۵۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۱). اثر برهمکنش کم-آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر عملکرد بیولوژیک سبب معنی‌داری در سطح پنج درصد شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک در محلول‌پاشی توام اسید سالیسیلیک و کیتوزان در شرایط تنش متوسط مشاهده شد که سبب افزایش ۴۴/۰۶ درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد شد.

افزایش تنش خشکی عملکرد دانه را کاهش داد. به طوری که کمترین عملکرد در تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) با میانگین ۵۷۴/۴۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که باعث کاهش ۴۲/۷۳ درصدی نسبت به شاهد (۱۰۰۳/۱ کیلوگرم در هکتار) شد (جدول ۱). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد ۴۰/۰۸ درصد افزایش داد (جدول ۱). برهمکنش محلول-

۱۵/۲۷ درصد افزایش وزن هزار دانه را نسبت به تنش شدید در زمان گلدهی داشت (جدول ۱). وزن هزار دانه با محلول‌پاشی کیتوزان حدود ۸/۱۸ درصد نسبت به شاهد

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های تاثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان در شرایط کم‌آبایی بر شاخص‌های رشد

تیمارها	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی
کم‌آبایی					
آبیاری ۷۵ درصد (Fc)	۴۸/۷۴ a	۳۶۰/۵ a	۱۰۰۳/۱ a	۹۹/۳۵۸ a	۱۱/۴۳ a
آبیاری ۵۰ درصد (Fc)	۴۹/۶۸ a	۳۲۱۹/۳ a	۹۸۲/۳ b	۸۸/۳۰۰ a	۱۱/۳۱ a
آبیاری ۲۵ درصد (Fc)	۴۲/۰۹ b	۱۷۸۳/۲ b	۵۷۴/۴۰ c	۶۴/۷۵۰ b	۱۰/۳۸ a
محلول‌پاشی					
شاهد	۴۴/۶۵ a	۲۱۲۵/۸ c	۶۳۳/۲۳ b	۷۷/۱۸۹ b	۹/۳۱ b
اسیدسالیسیلیک	۴۸/۶۳ a	۲۷۲۹/۲ b	۸۷۴/۳۱ a	۸۶/۶۴۴ a	۱۱/۶۱ a
کیتوزان	۴۶/۱۰ a	۲۸۲۵/۴ b	۹۸۲/۴۹ a	۸۵/۵۱۱ a	۱۱/۷۶ a
کیتوزان*اسیدسالیسیلیک	۴۷/۹۶ a	۳۸۰۰/۸ a	۱۰۵۶/۸ a	۸۷/۲۰۰ a	۱۱/۴۸ a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

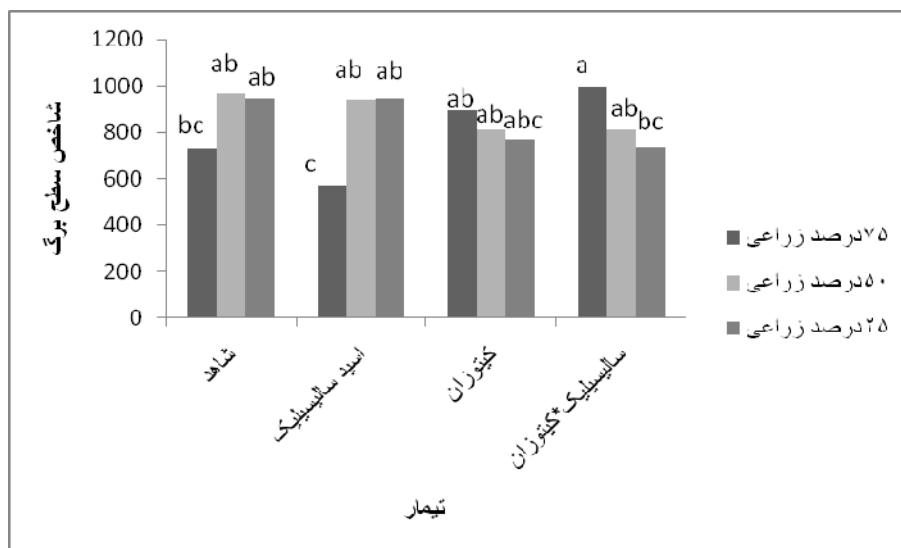
جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان در شرایط کم‌آبایی بر شاخص‌های رشد

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	میانگین مربعات			تعداد شاخه فرعی	تعداد شاخه فرعی	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه برداشت
				ارتفاع	تعداد شاخه	شاخص سطح				
تکرار	۲	۱۲/۰۲	۳۸۴۴۱۸/۷۸	۱۱/۲۱	۰/۵۹۱	۲/۲۲	۵۸۹۱۹/۵۲	۷۱۲۷۲/۱	۱۰/۸۰	
کم‌آبایی	۲	۲۰۵/۷۲**	۱۱۰۹۱۳۸۵/۳**	۳۷۴۹/۲۵**	۳/۹۷۴ ns	۲/۵۵*	۲۱۳۲۲/۶۹ ns	۲۶۶۷۳۲۱/۲**	۵۷۲/۳**	
خطای a	۴	۶/۷۳	۶۴۶۱۰۹/۷۸	۱۶۰/۶۴	۲/۷۴۱	۰/۳۳	۱۲۷۴۷/۱۵	۶۶۵۴۵/۰	۲۶/۳۸	
محلول‌پاشی	۳	۲۹/۳۹ ^{ns}	۷۵۱۳۶۵/۷۷**	۱۹۷/۵۰*	۱۲/۱۳*	۱/۰۶*	۶۹۳۵/۸۷ ns	۳۰۷۵۴۵/۲**	۶۸/۹۴*	
محلول‌پاشی	۶	۳۶/۰۰ ^{ns}	۴۳۲۶۰۵۱/۵۸*	۲۳/۹۶ ns	۱/۲۸۰ ns	۰/۶۲ ns	۷۷۸۷۲/۲۱ *	۳۰۷۵۴۵/۲ ^{ns}	۲۲/۹۵ ^{ns}	
*کم‌آبایی	۱۸	۲۹/۱۳	۷۸۲۷۸۴/۶۹	۵۸/۸۴	۳/۱۹	۰/۶۳۱	۱۴۴۰۳/۱۲	۳۹۶۲۹/۶	۲۰/۸۷	
خطای b										
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۵۲	۱۸/۴۷	۹/۱۱	۱۶/۱۷	۱۴/۱۰	۱۴/۲۴	۲۲/۴۵	۱۴/۶۳	

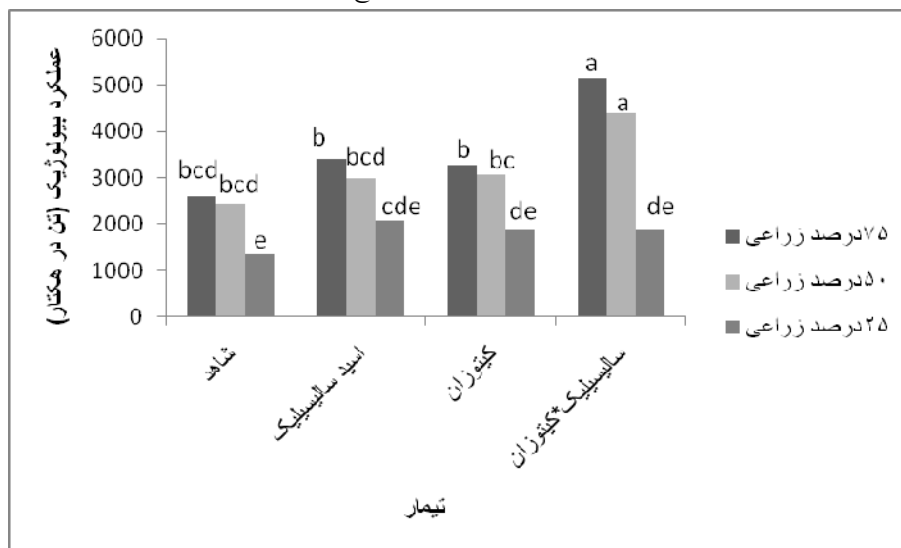
ns، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد

سطح برگ را در گیاهان شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد ولی در شرایط تنش تاثیر معنی‌داری نداشت. (شکل ۲).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که شاخص سطح برگ تحت تاثیر کم‌آباری معنی‌دار نبود. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان نیز بر شاخص سطح برگ معنی‌دار نبود. محلول‌پاشی توأم اسید سالیسیلیک و کیتوزان شاخص



شکل ۱- تاثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان در شرایط مختلف آبیاری روی شاخص سطح برگ میانگین‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ۲- تاثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کیتوزان در شرایط مختلف آبیاری روی عملکرد بیولوژیک عملکرد بیولوژیک (Chl) میانگین‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

شد (جدول ۴). بیشترین میزان هیدرات‌های کربن محلول دانه در تیمار آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید) مشاهده که ۳۳/۲۰ درصد بیشتر از تیمار آبیاری

شاخص‌های بیوشیمیایی: نتایج نشان داد که کم‌آباری و محلول‌پاشی بر میزان هیدرات‌های کربن محلول دانه به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار

سطح یک درصد معنی‌دار شد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) بیشترین میزان پرولین مربوط به تیمار تنش شدید در زمان گلدهی بود که باعث افزایش ۱۲/۸۱ درصد میزان پرولین نسبت به شرایط تنش متوسط شد. محلول‌پاشی توام اسید سالیسیلیک و کیتوزان ۴۴/۶۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش پرولین نشان داد (جدول ۳). اثر برهمکنش تنش کم‌آبایی و محلول‌پاشی بر میزان پرولین معنی‌داری نگردید (جدول ۴).

کم‌آبایی به طور معنی‌داری میزان کلروفیل را کاهش داد. محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل نسبت به شاهد نشان نداد.

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نشان می‌دهد هیچ‌کدام از تیمارهای اعمال شده بر درصد روغن از لحاظ آماری تاثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

کامل ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه بود (جدول ۳). برهمکنش اسید سالیسیلیک و کیتوزان به میزان ۱۲/۲۸ درصد باعث افزایش هیدرات‌های کربن محلول دانه نسبت به شاهد شد. مقایسه میانگین‌های برهمکنش محلول‌پاشی و کم‌آبایی بر شاخص هیدرات‌کربن تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

بیشترین میزان پروتئین در تیمار آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد) و کمترین آن در تیمار آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید) مشاهده شد (جدول ۳). محلول‌پاشی کیتوزان به میزان ۱۴/۳۲ درصد باعث افزایش پروتئین دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۳). برهمکنش کم‌آبایی و محلول‌پاشی بر درصد پروتئین اثر معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر میزان پرولین در

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های تاثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان در شرایط کم‌آبایی بر شاخص‌های بیوشیمیایی

تیمارها	پروتئین (میلی-گرم بر میلی لیتر)	کربوهیدرات های محلول (میلی-گرم بر میلی لیتر)	تعداد شاخه فرعی فرعی	کلروفیل	پرولین (میلی گرم بر گرم)	روغن (درصد)
کم‌آبایی						
آبیاری ۷۵ درصد (Fc)	۲۵/۶۹ a	۱۰/۱۶ b	۶/۱۵ a	۷۱/۷۴۵ b	۰/۷۰ ab	۳۰/۵۷ a
آبیاری ۵۰ درصد (Fc)	۲۴/۸۴ a	۱۴/۰۸ a	۵/۴۵ b	۶۷/۹۳۵ b	۰/۶۶ b	۳۱/۶۹ a
آبیاری ۲۵ درصد (Fc)	۲۳/۲۷ a	۱۵/۲۱ a	۵/۲۹ b	۷۹/۲۶۹ a	۰/۷۵ a	۳۰/۲۳ a
محلول‌پاشی						
شاهد	۲۲/۳۶ b	۱۲/۳۹ b	۵/۳۳ a	۷۴/۸۸۱ a	۰/۴۹۲ c	۲۹/۹۹ a
اسید سالیسیلیک	۲۶/۱۰ a	۱۲/۳۵ b	۶/۱۲ a	۷۳/۲۳۳ a	۰/۶۵۵ b	۳۰/۸۹ a
کیتوزان	۲۴/۰۵ ab	۱۳/۷۷ ab	۵/۶۰ a	۷۱/۰۵۳ a	۰/۸۰۰ a	۳۰/۹۷ a
کیتوزان* اسید سالیسیلیک	۲۵/۸۹ a	۱۴/۰۸ a	۵/۴۷ a	۷۲/۷۶۵ a	۰/۸۸۹ a	۳۱/۴۷ a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

جدول ۴- تجزیه واریانس تاثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان در شرایط کم‌آب‌باری بر شاخص‌های بیوشیمیایی

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین	کربوهیدرات‌های محلول	کلروفیل	پروکلین	روغن
تکرار	۲	۱۲/۷۸	۲۲/۰۲	۲۰۳/۶۱	۰/۰۰۰۳	۴/۳۸
کم‌آب‌باری	۲	۱۸/۱۲ ^{ns}	۸۴/۲۵ ^{**}	۳۹۹/۲۰ ^{**}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۶/۹۹ ^{ns}
خطا a	۴	۲۳/۶۰	۴/۰۵	۲۸/۴۷	۰/۰۰۶۵	۴/۵۷
محلول‌پاشی	۳	۲۷/۶۵ [*]	۷/۴۱ [*]	۲۲/۳۱ ^{ns}	۰/۲۷۲ ^{**}	۳/۴۰ ^{ns}
محلول‌پاشی* کم‌آب‌باری	۶	۵/۹۵ ^{ns}	۱/۲۰ ^{ns}	۱۸/۱۰ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۴/۲۲
خطا b	۱۸	۸/۷۴	۲/۲۶	۵۹/۷۹	۰/۰۰۸	۲/۱۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۰۱	۱۱/۴۳	۱۰/۵۹	۱۳/۲۷	۴/۷۶

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

بحث

دانه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت تحت تاثیر تنش خشکی کاهش یافت.

در مطالعه ای اثر خشکی بر ارقام مختلف گلرنگ مورد بررسی قرار گرفت و کاهش اندازه گیاه، وزن خشک اندام‌ها، تغییر رنگ برگ‌ها و کاهش عملکرد و شاخص برداشت گزارش شده است (۶). مکانیسم عمل کیتوزان در کاهش اثرات مضر خشکی به خوبی شناخته نشده است و مطالعات کمی در این زمینه انجام شده است. در تحقیقات معدودی افزایش شاخص‌های رشد تحت تاثیر کیتوزان گزارش شده است (۲۰ و ۲۱). شاید اثر تحریک‌کنندگی کیتوزان بر رشد گیاه به دلیل افزایش جذب آب و عناصر ضروری و کاهش انباشت رادیکال‌های آزاد اکسیژن از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت می‌باشد (۲۶). افزایش عملکرد تحت تاثیر کیتوزان به دلیل تاثیر آن بر تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی، بهبود رشد رویشی و افزایش تثبیت CO_2 می‌باشد. گوان و همکاران در آزمایشی بر روی ذرت به این نتیجه رسیدند که کیتوزان باعث افزایش رشد و ارتفاع و عملکرد گیاهان زراعی نظیر ذرت می‌شود و همچنین در فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان مختلف، موثر است (۲۶). محلول‌پاشی کیتوزان به

تنش آب باعث تغییرات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی زیادی می‌شود که بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارد (۱۹ و ۲۸). تاثیر مهاری تنش آب بر رشد گیاهان گزارش شده است (۹). عقیده بر این هست که اثر مهاری تنش خشکی بر شاخص‌های رشد به دلیل کاهش میزان آب برگ و تثبیت ترکیبات نیتروژنی می‌باشد که بر تقسیم سلولی و طول‌شدن تاثیر می‌گذارد (۴۲). تنش خشکی باعث کاهش جذب عناصر ضروری و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، در نتیجه باعث تخریب اکسیداتیو DNA، پروتئین و لیپیدها شده و منجر به کاهش رشد می‌شود (۴۷). همچنین تنش خشکی باعث افزایش هورمون آبسزیک اسید و مهار رشد می‌شود (۹). مطالعات گذشته نشان می‌دهد تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بسیاری از گیاهان می‌شود (۴۶ و ۲۱). کاهش عملکرد به دلیل اثرات منفی تنش خشکی بر تعداد شاخه‌ها و برگ‌ها و سطح برگ می‌باشد که منجر به کاهش تثبیت کربن و فتوسنتز و در نتیجه کاهش بیومس می‌شود (۳۳). در مطالعه حاضر، شاخص‌های رشد از جمله ارتفاع، شاخه فرعی، عملکرد

کاهش میزان رنگیزه و آنزیم‌های فتوسنتزی بویژه روبیسکو می‌باشد (۴۵). تنش خشکی در مرحله گلدهی موجب عدم رشد دانه در طبق و کاهش دانه‌های تشکیل یافته می‌شود و همچنین اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها بسیار بارز است، چون عملکرد بالقوه وابسته به وزن هزار دانه می‌باشد که این موضوع مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها می‌باشد. در آزمایشی که روی ذرت انجام شد، بیان گردید که با افزایش مصرف کیتوزان وزن هزار دانه نیز افزایش می‌یابد (۲۶). کاهش وزن هزار دانه لوبیا در اثر تنش کم‌آبیاری و افزایش آن با مصرف اسیدسالیسیلیک گزارش شده است (۴). در مطالعه بر روی گیاه گلرنگ با مصرف اسید سالیسیلیک عملکرد دانه بیشتری نسبت به تیمار شاهد بدست آمده است (۳).

کاهش محتوی کلروفیل در تنش خشکی گزارش شده است (۳۴). گورنیک و همکاران گزارش کردند تحت شرایط تنش خشکی میزان کلروفیل قلمه گیاه انگور کاهش یافته اما با مصرف کیتوزان میزان کلروفیل افزایش پیدا کرده است (۲۵). در تحقیقات دیگری نیز تاثیر کیتوزان بر افزایش میزان کلروفیل، کربوهیدرات کل و پروتئین گزارش شده است (۳۴ و ۳۷). تاثیر اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر میزان پروتئین بسته به گونه گیاهی، شدت تنش و غلظت سالیسیلیک و اندام گیاهی متفاوت است به طوریکه در بعضی مطالعات افزایش و یا کاهش میزان پروتئین گزارش شده است (۴۵). در تحقیق حاضر کیتوزان و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش بر میزان پروتئین تاثیر معنی داری نداشت، که احتمالاً به دلیل شدت تنش و غلظت تیمار استفاده شده باشد.

در مورد تاثیر تنش خشکی بر درصد روغن گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد. اصولاً درصد روغن یک صفت کمی است و توسط چندین ژن کنترل می‌شود، که ممکن است در اثر تنش خشکی همه ژن‌های کنترل کننده آسیب ببینند و بنابراین کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی جزئی

طور معنی داری باعث افزایش تعداد، وزن و کیفیت میوه فلفل شده است (۲۲). طبق گزارشها با افزایش مصرف کیتوزان، عملکرد دانه در گیاه باقلا افزایش یافت (۳۶). طی آزمایشی که روی بامیه انجام شد افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف کیتوزان به میزان ۱۲۵ ppm گزارش شد (۳۶). افزایش ارتفاع، سطح برگ و عملکرد گیاه سیر در شرایط تنش خشکی تحت تاثیر اسید سالیسیلیک به میزان ۰/۵ mM در شرایط کنترل و تحت تنش خشکی گزارش شده است (۱۳). محلول پاشی اسید سالیسیلیک احتمالاً از طریق بهبود تثبیت کربن، سنتز متابولیت‌ها و حفظ وضعیت آب بافتهای گیاهی باعث افزایش رشد می‌شود (۱۸). همچنین باعث حفظ محتوای آب نسبی (RWC) و فتوسنتز شده و در نتیجه باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (۳۵).

در مطالعه دیگری روی گیاه گلرنگ با مصرف اسید سالیسیلیک با غلظت مشابه عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به تیمار شاهد بدست آمده است (۳). در مطالعه حاضر نیز افزایش عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر محلول پاشی توأم کیتوزان و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش متوسط مشاهده شد. در توافق با نتایج این پژوهش محققین دیگری نیز افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان مختلف را گزارش کرده اند (۱۳). افزایش این شاخص‌ها به دلیل القای پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانت، انباشت پرولین و نگه داشتن محتوای آب نسبی و فتوسنتز است (۱۷).

کاهش عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی به میزان ۲۰/۵۸ درصد گزارش شده است (۱۰). نتایج آزمایش حاضر با پژوهش‌های محققین مبنی بر عملکرد دانه سازگاری دارد (۲۳). تنش خشکی در زمان پر شدن غلاف باعث کاهش طول مدت این دوره و در نتیجه کوچک شدن دانه‌ها خواهد شد و دلیل کاهش وزن هزار دانه کاهش میزان فتوسنتز است و کاهش انتقال مواد به دانه‌ها که از مهمترین دلایل آن کاهش دوره پر شدن دانه،

متفاوت بود. تنش کم-آبیاری باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع، شاخه فرعی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، پروتئین دانه، کربوهیدرات‌های محلول و کلروفیل گردید. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان در شرایط غیر تنش به طور معنی‌داری موجب افزایش تمامی شاخص‌ها به جز کلروفیل و شاخص سطح برگ شد. در شرایط تنش، محلول-پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان به طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک را افزایش داد ولی بر سایر شاخص‌ها اثر نداشت.

باشد (۲۹). محققین گزارش کرده‌اند درصد روغن تحت تأثیر تنش خشکی و عوامل محیطی قرار نمی‌گیرد. افت درصد روغن در اثر تنش خشکی شدید در مقایسه با تنش خشکی ملایم نسبتاً بالاتر است که نشان می‌دهد، اگر شدت تنش زیاد نباشد، تأثیر چندانی بر درصد روغن دانه نخواهد داشت (۵).

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که اگرچه دور آبیاری می‌تواند بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه گلرنگ تأثیر گذارد، ولی میزان تأثیر آن بر هر یک از ویژگی‌ها

منابع

- ۱- امیدوی تبریزی، آ.ح. احمدی، م.ر. شهبواری، م.ر. و کریمی س. ۱۳۷۹. بررسی پایداری عملکرد دانه و روغن در چند رقم و لاین گلرنگ زمستانه. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. جلد ۱۶، شماره ۲: ۱۴۵-۱۳۰.
- ۲- بالچانی، ر. و شکاری، ف. ۱۳۸۹. اثر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد روابط در گیاه زراعی گلرنگ (*Cartamus tinctorius L.*) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. مجله کشاورزی و تولید پایدار است. جلد ۴، شماره ۱: ۹۱-۱۰۳.
- ۳- سیبی، م. میرزاخانی، م. و گماریان، م. ۱۳۸۹. مطالعه بی‌ثباتی غشای سلولی گلرنگ تحت فشار آب، با استفاده از زئولیت و سالیسیلیک اسید. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸، شماره ۲: ۱۱۹-۱۳۶.
- ۴- شکاری، ف.، پاکمهر، آ.، راستگو، م.، صبا، ج.، وظیفی، م. و زنگانی، آ. ۱۳۸۸. اثر پرایمینگ اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیکی لوبیا (*Vigna unguiculata L.*) در مرحله غلاف بندی تحت شرایط تنش خشکی. فناوری‌های نوین کشاورزی (به ویژه در کشاورزی و باغبانی). جلد ۱، شماره ۱: ۱۰-۲۶.
- ۵- فرخی‌نیا، م.، رشدی، م.، پاسان‌اسلام، ب. و ساسان‌دوست، ر. ۱۳۹۰. بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۴۲، شماره ۳: ۵۴۵-۵۵۳.
- ۶- کافی، م. و رستمی، م. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۵، شماره ۱: ۱۳۲-۱۲۱.
- ۷- دانشمند، ف.، آروین، م.ج. و کرامت، ب. ۱۳۹۱. تغییرات ایجاد شده توسط سالیسیلیک اسید در گیاهان گلرنگ (*Cartamus tinctorius L.*) تحت تنش شوری. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) جلد ۲۷، شماره ۲: ۲۱۵-۲۰۴.
- ۸- مهدوی، ب.، مدرس‌نانوی، س.م.ع.، آقا علیخانی، م. و شریفی، م. ۱۳۹۰. اثر غلظت‌های مختلف کیتوزان بر جوانه زنی بذر و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گلرنگ (*Cartamus tinctorius L.*) در شرایط تنش کم‌آبی. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) جلد ۲۶، شماره ۳: ۳۶۵-۳۵۲.
- 9- Abdalla, M.M. 2011. Beneficial effects of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. Agriculture and Biology Journal of North American. 2: 207-220.
- 10- Abolhasani, K. Saeni G. 2006. Investigation of agronomic traits for safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan. Journal of Agriculture Science and natural resources. 13(4): 100-108. Acad. Press. New York.
- 11- Banon S.J, Ochoa J, Franco J.A, Alarcon J.J, Sanchez-Blanco MJ. 2006. Hardening of coleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. Environmental and Experimental Botany. 56: 36-43.

- 12- Bates, L. S., Waldern., S. P. Teave, I. D. 1973. Rapid determination of proline for water stress studies. *Journal of Plant and soil*. 39: 205-207.
- 13- Bideshki, A., Arvin, M.J. 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. *Journal of Plant Ecophysiol*. 2: 73-79.
- 14- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities in utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72: 248-254.
- 15- Cheng, X., Zhou U. Cui, X. 2006. Improvement of phenylethanoid glycosides biosynthesis in *Cistanche deserticola* cell suspension cultures by chitosan elicitor. *Journal of Biotechnology*. 121: 253-260.
- 16- Dajue L. I and Mundel H. H. 1996. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) safflower aerial parts. INRST, Adaptation and plant improvement laboratory, BP 95 2050, Hammam-Lif, Tunisia. 95: 21-52.
- 17- Hussain, M., Malik, M.A, Farooq, M., Ashraf, M.Y. Cheema, M.A. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Journal of Agriculture Crop Science*. 194: 193-199.
- 18- Farooq, M, Wahid, A., Lee, D.J, Cheema S.A, Aziz, T. 2010. Comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. *Journal of Agriculture Crop Science*. 196: 336-345.
- 19- Farouk, S., A.R Amany. 2012. Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress. *Egyptian Journal of Biology*. 14: 14-26.
- 20- Farouk, S., Ghoneem K.M, Ali Abeer, A. 2008. Induction and expression of systematic resistance to downy mildew disease in cucumber plant by elicitors. *Egyptian Journal of Phytopathology*. 1-2: 95-111.
- 21- Farouk, S., Mosa, A.A, Taha, A.A, Ibrahim Heba, M., EL-Gahmery, A.M. 2011. Protective effect of humic acid and chitosan on radish (*Raphanus sativus* L. var. sativus) plants subjected to cadmium stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 7(2):99-116.
- 22- Ghoname, A.A., EL-Nemr, M.A., Abdel-Mawgoud, AMR, El-Tohamy, W.A. 2010. Enhancement of sweet pepper crop growth and production by application of biological, organic and nutritional solutions. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*. 6(7): 349-355.
- 23- Gifford, R.M and Evans, L.T. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. *Journal of Annual Review of Plant Physiology*. 32: 485-509.
- 24- Gong, H, J. Chen, K. M., Zhao, Z. G., Chen G. C. Zhou, W. J. 2008. Effects of silicon on defense of wheat against oxidative stress under drought at different developmental stages. *Journal of Biological Plantarum*. 52(3): 592-596.
- 25- Gornik, k., M. Grzesik, and B R, Duda. 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.
- 26- Guan, Y.J., Hu, J., Wang, X.J., Shao, C.X. 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.
- 27- Guo, Z.Y., R.E. Xing, S. Liu, H.H. Yu, P.B. Wang, C.P. Li, and P.C. Li. 2005. The synthesis and antioxidant activity of the Schiff bases of chitosan and carboxymethyl chitosan. *Journal of Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 15: 600-4,603.
- 28- Hefny, M.M .2011. Agronomical and biochemical responses of white lupin *Lupinus albus* L. genotypes to contrasting water regimes and inoculation treatments. *Journal of American Science* 7(3):187-198.
- 29- Johnson, R.R. and Wax, L.M. 1978. Relationship of soybean germination and vigor tests of field performance. *Journal of Agronomy*. 75: 859-803.
- 30- Joshi, N. L., P. C. Mali. Sexena, A. 1998. Effect of nitrogen and sulphur application on yield and fatty acid composition of mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of Oil Agronomy and Crop Science*. 180: 59-63.
- 31- Kang, C., Wang, Ch. 2003. Salicylic acid changes activities of H₂O₂ metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Journal of Environment and Experimental Botany*. 9-15.

- 32- Kerepsi, I., Toth, M. Boross, L. 1996. Water-soluble carbohydrates in dried plant. *Journal of Agricultur Food Chemical*. 10: 3235-3239.
- 33- Khan, M.H, Singha, KLB, Panda, S.K. 2002. Changes in antioxidant levels in *Oryza sativa* L. roots subjected to NaCl salinity stress. *Journal of Acta Physiology Plantarum*. 24:145-14.
- 34- Kumar, R., Krishna, K., Naik. GR. 2011. Effect of polyethylene-glycol-induced water stress on physiological and biochemical responses in Pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.). *Journal of Recent Research in Science and Technology*. 3(1):148-152.
- 35- Mathur, N., Vyas, A. 2007. Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of pearl millet (*Pennisetum typhoides* (Burm) Stapf. and Hubb). *International Journal of Agricultur Research*. 2 (3): 238-245.
- 36- Mondal, M.M.A., M.A. Malek., A.B. Puteh., M.R. Ismail, M. Ashrafuzzaman, L. 2011. Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop Science*. 6(5):918-921.
- 37- Nikolaeva, M.K, Maevskaya, S.N., Shugaev, A.G., Bukhov, N.G. 2010. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*. 57: 87-95.
- 38- Sadeghipour, O., Aghaei, P. 2012. Impact of exogenous salicylic acid application on some traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 15:4,600-4,603.
- 39- Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Zh. 2003. "Salicylic acid- and Methyl jasmonate- induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress". *Bulg Journal plant physiology special issue*. 133-152.
- 40- Popova, L., Pancheva, T., and Uzunova, A. 1997. "Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role". *Journal of Review Plant Physiology*. 85-93.
- 41- Raskin, L. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Journal of Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. (USA) 43: 439-463.
- 42- Reddy, T.Y., Reddy, V.R., Anbumozhi, N. 2003. Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to drought stress and its amelioration: critical review. *Plant Growth Regulation*. 41(3): 75-78.
- 43- Sheikha, S.A, Al-Malki, F.M. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to chitosan applications. *European Journal of Scientific Research*. 50(1): 124-134.
- 44- Sheikha, S.A.K., F. M. AL-Malki. 2009. Growth and Chlorophyll Responses of Bean Plants to the Chitosan Applications. *European Journal of Scientific Research*. 50: 124-134.
- 45- Singh, V. D., Verma, S. K. and Singh, B. L. 1990. Effect of irrigation and phosphorus on safflower (*Carthamus tinctorious* L.) yield in Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Science*. 40: 644-647.
- 46- Vurayai R, Emongor V, Moseki B. 2011. Effect of water stress imposed at different growth and development stages on morphological traits and yield of bambara groundnuts (*Vigna subterranean* L.). *American Journal of Plant Physiology*. 6(1): 17-27.
- 47- Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., Abbassi, F. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *African Journal of Agricultural Research*. 6(4): 798-807.
- 48- Harish Prashanth, K.V., S.M. Dharmesh, K.S. Jagannatha Rao, Tharanathan, R.N. 2007. Free radical-induced chitosan depolymerized products protect calf thymus DNA from oxidative damage. *Journal of Carbohydr Research*. 342:190-195.
- 49- Rafiee, M. 2012. Effect of Every Other Furrow Irrigation and Planting Density on Physiological Traits in Corn (*Zea mays* L.). *World Applied Sciences Journal*. 17(2):189-193.

Effect of foliar application of salicylic acid and chitosan on yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Amiri A.¹, Sirousmehr A.¹ and Esmailzadeh Bahabadi S.²

¹Agronomy Dept., Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, I.R. of Iran

²Biology Dept, Faculty of Sciences, University of Zabol, Zabol, I.R. of Iran

Abstract

In this study effect of foliar application of salicylic acid and chitosan in low irrigation condition on quantitative and qualitative characteristics of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) (Goldasht) as a split plot experiment based on a complete block design with three replications was conducted. The main plot was irrigation at three levels on the basis of (A1) 75 % field capacity (control), (A2) watering 50 % of field capacity (mild stress), (A3) 25 % field capacity (high stress) and acid salicylic acid and chitosan as sub plots. Water stress significantly decreased plant height , number of branches, seed yield , seed weight, biological yield and harvest index , protein, carbohydrates and seed oil. Salicylic acid and chitosan increased all parameters instead of chlorophyll and leaf area index in control condition. The results showed that the biological yield in stress condition significantly was increased by chitosan and salicylic acid. In conclusion, Salicylic acid and chitosan are effective to reduce oxidative damages and increase the Safflower yield.

Key words: Chitosan, Salicylic Acid, Safflower, Water Strees.