Archive of SID

بررسی اثر برهم‌کنش سالیسیلیک‌اسید و پنکونازول بر پاسخ های فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تنش شوری

فاطمه شکی، حسن ابراهیم زاده معبود* و وحید نیکنام

تهران، دانشگاه تهران، پردیس علوم، دانشکده زیست شناسی

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۲۱

چکیده

در این تحقیق تاثیر سالیسیلیک‌اسید و پنکونازول بر برخی شاخص‌های رشد گیاهی در گیاه گلرنگ تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت. ۳ تیمار کلرید سدیم (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار)، ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر پنکونازول بر گیاهان اعمال گردید. گیاهان به مدت ۲۱ روز تحت این تیمارها قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمار سالیسیلیک-اسید و پنکونازول به تنهایی و همزمان، اثرات قابل توجهی بر گیاهان گلرنگ داشت. تنش شوری سبب کاهش کلروفیل کل گیاه، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها و سبب افزایش قند کل گیاه شد. سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها در گیاهان شد. پنکونازول سبب افزایش کلروفیل در گیاهان تحت تنش شوری، کاهش کاروتنوئیدها و افزایش فلاونوئیدها در گیاهان تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار، افزایش آنتوسیانین‌ها در گیاهان شاهد و تحت تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار و افزایش قند کل در گیاهان شاهد و تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار شد. کاربرد همزمان سالیسیلیک-اسید و پنکونازول سبب افزایش کلروفیل کل در گیاهان تحت تنش، افزایش کاروتنوئیدها و افزایش فلاونوئیدها در گیاهان تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار، افزایش آنتوسیانین در گیاهان شاهد و تحت تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار و افزایش قند کل در گیاهان شاهد و تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار شد. در مجموع، به نظر می‌رسد کاربرد سالیسیلیک‌اسید و پنکونازول می‌تواند باعث سازگاری گیاه گلرنگ با تنش شوری شود که با توجه به ارزان و قابل دسترس بودن، برای افزایش مقاومت گیاه گلرنگ به تنش شوری می‌توانند مورد توجه قرار گیرند.

واژه های کلیدی: گلرنگ، تنش شوری، سالیسیلیک‌اسید، پنکونازول

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۶۱۱۱۳۶۳۷ ، پست الکترونیکی: ebizadeh@ut.ac.ir

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی متعلق به تیره کاسنیان (Asteraceae) می‌باشد. این گیاه به صورت بوته‌ای استوار رشد می‌کند. گلرنگ بومی ایران است و گونه‌های وحشی آن در ایران به وفور یافت می‌شود. از بین کشورهای تولید کننده گلرنگ هندوستان با داشتن حدود۶۰ درصد سطح زیر کشت جهانی بالاترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است (۳۱). ایالات متحده آمریکا با عملکرد ۱۴۸۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین متوسط عملکرد جهانی را در بین کشورهای تولیدکننده گلرنگ داراست. متوسط عملکرد دانه گلرنگ در ایران حدود ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار براورد شده است. در گذشته کشت گلرنگ بیشتر به منظور تهیه کارتامین (رنگدانه قرمز رنگ که از گلچه‌های این گیاه قابل استخراج است) و استفاده از آن در رنگرزی البسه و نیز به عنوان رنگ غذا صورت می‌گرفت (۱). یکی از امتیازات ارزشمند گیاه گلرنگ در کشور ما بومی بودن و سازگاری آن با شرایط خشکی، شوری و گرما است.

www.SID.ir

Archive of SID

وجود انواع گونه‌های وحشی که در سراسر کشور پراکنده‌اند نشان از سازگاری بالای این گیاه روغنی با آب و هوای کشور دارد (۲). با توجه به سازگاری بالای گلرنگ نسبت به شرایط نامساعد می‌توان این گیاه را در مناطق نامساعدتر و اراضی درجه دوم جهت تولید دانه روغنی کشت نمود، که با توجه به همه این صفات مطلوب در گلرنگ با انجام مطالعات بیشتر و اصلاح ارقام مناسب می‌توان به بهبود وضعیت آن در ایران امید داشت (۳).

تنش‌های محیطی در زمره مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصول در کشاورزی به شمار می‌روند. یکی از مشکلات اساسی بر سر راه کشاورزی کمبود منابع آب شیرین و با کیفیت جهت آبیاری است. با توجه به اجتناب ناپذیر بودن استفاده از منابع آبی با کیفیت پائین و شور، تخریب اراضی زراعی مرغوب و گرایش به سمت شور و قلیایی شدن خاک مسئله ساز خواهد بود (۶). کشور ما از نظر اقلیمی در منطقه خشک و نیمه‌خشک دنیا قراردارد، از این‌رو شوری خاک و آب آبیاری یکی از مشکلات عمده پیش روی زراعت کشور است. شوری آب و خاک آبیاری سبب بروز تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی متعددی در گیاهان می‌شود ضمن اینکه تحمل به شوری در گیاهان نیز خصوصیتی ثابت نبوده و ممکن است در مراحل مختلف رشد هر گونه، متفاوت باشد (۳۵).

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، گروهی از ترکیبات طبیعی یا مصنوعی هستند که باعث تغییر در رشد گیاه و الگوهای نموی می‌شوند و تاثیر عمیقی روی فرآیندهای فیزیولوژیکی دارند (۳۰). تریازول‌ها گروهی از این ترکیبات هستند که خاصیت قارچ‌کشی نیز دارند. علاوه بر این باعث حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی مختلف نیز می‌گردند. بعلاوه، این ترکیبات سبب تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی از جمله جلوگیری از رشد گیاه، افزایش میزان کلروفیل، بزرگ شدن کلروپلاست‌ها، ضخیم شدن بافت برگ و افزایش متابولیسم کربوهیدرات‌ها می‌شوند (۲۰). یکی از این ترکیبات پنکونازول می‌باشد که یک قارچ‌کش تریازولی بوده و به عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی نیز محسوب می‌گردد (۱۶).

سالیسیلیک‌اسید تنظیم‌کننده درون‌زای رشد با ماهیت فنلی بوده که دارای حلقه‌ای آروماتیک با یک گروه هیدروکسیل یا مشتقات عملکردی آن می‌باشد. این ترکیب، دارای نقش کلیدی در تنظیم رشد و نمو گیاهی و پاسخ به تنش‌های محیطی است. ثابت شده است که سالیسیلیک اسید به طور بالقوه طیف وسیعی از پاسخ‌های متابولیسمی را در گیاهان موجب شد و بر پارامترهای فتوسنتزی گیاه اثر می‌گذارد (۱۷). سالیسیلیک اسید بسته به غلظت، زمان و گیاه مورد استفاده دارای آثار دوگانه‌ای است، اما در غلظت‌های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، افزایش توان آنتی اکسیدانی سلول و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند. طبق گزارش Khodary (۲۵) سالیسیلیک اسید به علت تعدیل در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و احتمالا با حفظ ساختار و فعالیت روبیسکو باعث افزایش مقدار قندها می‌شود.

در پژوهش حاضر، اثرات تعدیل‌کننده سالیسیلیک اسید و پنکونازول و برهم‌کنش این دو تنظیم‌کننده با یکدیگر، در کاهش اثرات تنش شوری بر رقم صفه گلرنگ بررسی گردید. مطالعه میزان کلروفیل به عنوان رنگیزه موثر در سنتز مواد قندی، میزان کاروتنوئید گیاه، فلاوونوئیدها و آنتوسیانین و همچنین قند کل گیاه نیز از اهداف این تحقیق بوده است.

مواد و روشها

این آزمایش به صورت گلدانی و در گلخانه دانشکده زیست‌شناسی دانشگاه تهران در تابستان ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی به اجرا در آمد. بذرهای گیاه گلرنگ (رقم صفه) از موسسه اصلاح و تهیه بذر و نهال کرج تهیه گردید. بذور گلرنگ در گلدان‌هایی

www.SID.ir

Archive of SID

به قطر ۱۵سانتی‌متر حاوی خاک و پرلیت به نسبت ۲ به ۱ کشت داده شدند. هدایت الکتریکی (EC) خاک گلدان‌ها ۴ دسی زیمنس بر متر و pH خاک ۷/۸ بوده است. گلدان‌ها در گلخانه تحت شرایط دمایی ۲±۲۷ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۵ ساعت روشنایی و ۹ ساعت تاریکی قرار داشتند. پس از ۲۰ روز گیاهان به گلدان‌های حاوی پرلیت منتقل گردیدند. در سن ۲۵ روزگی گیاهان اعمال تنش شوری بر آن‌ها آغاز گردید. برای هر تیمار شوری ۳ تکرار (۳ گلدان) در نظر گرفته شد که هر گلدان محتوی ۵ عدد گیاه بود. تیمارها، شامل ۳ تیمار NaCl (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار)، تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۴۸) و تیمار ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر پنکونازول بوده است. جهت انتخاب غلظت موثر پنکونازول، غلظت‌های۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر پنکونازول به صورت پیش آزمایش بر گیاهان گلرنگ اعمال گردید. گیاهان تحت تیمار ۱۵ میلی-گرم بر لیتر پنکونازول از نظر وزن تر، وزن خشک و رشد گیاهان افزایش معنی‌داری داشتند. از این رو، از این غلظت در این پژوهش استفاده شد. سالیسیلیک اسید یک روز در میان (۴۹) و پنکونازول هفته‌ای یک بار (۱۶) بر برگ گیاهان اسپری شد. اعمال تنش شوری از طریق تهیه تیمارها در محلول غذایی هوگلند (۱۸) با رقت یک دوم خاص هر تیمار شوری و آبیاری گلدان‌ها با این محلول به صورت یک روز در میان صورت پذیرفت. بعد از گذشت ۲۱ روز برگ‌های گیاه جمع‌آوری و در یخچال نگهداری شد.

اندازه گیری محتوای کلروفیل و کاروتنوئید: برای تعیین میزان کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها از روش Lichtenthaler و Wellburn (۲۹) استفاده شد. بدین منظور یک دهم گرم بافت خشک را در ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰٪ سائیده و محلول حاصل با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید. حجم نهایی را به ۱۵ میلی لیتر رسانده و جذب محلول در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶/۸ و ۶۶۳/۲ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه-گیری شد. غلظت کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از فرمول‌های زیر تعیین گردید.

$$Chla\ (mg/ml) = 12.25\ A_{663.2} - 2.79\ A_{646.8}$$

$$Chlb\ (mg/ml) = 21.50\ A_{646.8} - 5.10\ A_{663.2}$$

$$Tchl\ (mg/ml) = chla + chlb$$

$$Cx+c = (1000\ A_{470} - 1.8\ C_a - 85.02\ C_b)/198$$

در این معادلات Chla، Chlb، Tchl و C_{x+c} به ترتیب کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها (شامل کاروتن و گزانتوفیل) می‌باشند. غلظت بر حسب میلی گرم در میلی لیتر عصاره تعیین گردید.

اندازه گیری محتوای آنتوسیانین‌ها: برای اندازه گیری آنتوسیانین از روش ونگر استفاده شد (۴۴). یک دهم گرم وزن تر برگ در هاون چینی حاوی ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی (۹۹ درصد متانول و ۱ درصد اسید کلریدریک) ساییده شد. عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۶۰۰۰g سانتریفوژ شد و فاز بالایی آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه و در تاریکی قرار گرفت. جذب هر یک از نمونه ها در طول موج ۵۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای محاسبهٔ غلظت آنتوسیانین از ضریب خاموشی $150\ mM\ cm^{-1}$ استفاده شد.

اندازه گیری محتوای فلاونوئیدها: برای اندازه گیری فلاونوئیدها از روش Pourmorad و همکاران (۳۳) و استاندارد کوئرستین استفاده شده است. بدین منظور، ۰/۱ گرم از وزن تر برگ در۲ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد استخراج شد. عصاره‌ها را برای مدت ۱۰ دقیقه در دور ۸۰۰۰g سانتریفیوژ می‌کنیم. سپس روی ۵۰۰ میکرولیتر عصاره، یک و نیم میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول کلرید آلومینیوم($AlCl_3$) ۱۰ درصد و ۱۰۰ میکرولیتر محلول پتاسیم استات یک مولار اضافه شده است. در نهایت پس از ۳۰ دقیقه جذب نمونه ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر خوانده شد.

اندازه‌گیری محتوای قند کل: قند محلول برگ با استفاده

www.SID.ir

Archive of SID

از روش فنل سولفوریک اسید (۱۴) و استاندارد گلوکز تعیین شد. مقدار یک دهم گرم از بافت گیاهی در ۳ میلی-لیتر آب مقطر حل شده و عصاره حاصل سانتریفوژ گردید. سپس مقدار ۵۰۰ میکرولیتر محلول فنل ۵ درصد و ۲/۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۹۸ درصد به هر یک از نمونه‌ها اضافه شده و جذب آنها در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: آزمون آماری تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) بر روی داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۲۱) مورد تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها در سطح خطای ۰/۰۵ با آزمون دانکن (DMRT= Duncans Multiple Range Test) انجام شد و از نرم افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج

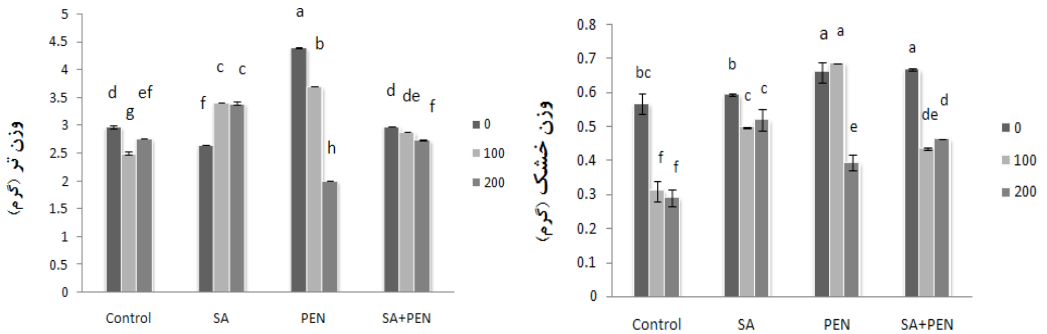
نتایج حاصل از تجزیه واریانس کلیه صفات مورد بررسی حاکی از معنی‌دار بودن اثرات تنش شوری، تنظیم‌کننده‌های سالیسیلیک اسید و پنکونازول به تنهایی و همزمان و اثرات متقابل تنش شوری و تنظیم‌کننده‌ها در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد بود (جدول ۱).

شاخص رشد گیاه: براساس مطالعه حاضر با افزایش غلظت کلرید سدیم، رشد گیاه بر مبنای وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در گیاه گلرنگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	وزن تر	کلروفیل کل	کاروتنوئید	فلاونوئید	آنتوسیانین	قند کل
شوری	۴	۰/۴۵**	۳/۱۴**	۳۳۱/۲۸**	۹/۷۸**	۶۱/۷**	۸۳/۱۷**	۹۸/۸**
سالیسیلیک اسید	۳	۰/۶۲**	۳/۰۸**	۲۸/۵۹**	۱۴/۲۸**	۲۲/۷۱**	۱۷/۹۸**	۱۴/۶۲**
پنکونازول	۳	۰/۵۸**	۲/۶۴**	۳۳/۲۱**	۷/۸**	۱۵/۸**	۴۱/۴**	۷۶/۴**
شوری×سالیسیلیک اسید	۶	۰/۳۷**	۱/۸۲**	۵۵۳/۷۲۷**	۱۸/۲۱۱**	۱۱۹/۴۳**	۲۹۷/۴**	۳۷۷/۱۲**
شوری×پنکونازول	۸	۰/۳۳**	۱/۳۲**	۳۱۵/۸۶۷**	۱۱/۷۲۲**	۱۱۲/۳۵۲**	۴۵۷/۷**	۶۶۷/۹۵**
شوری×سالیسیلیک‌اسید×پنکونازول	۱۲	۰/۲۲*	۰/۹۸**	۸۱۳/۲۵۸**	۱۷/۵۱۳**	۵۷/۳۳۳**	۶۵۶/۱**	۳۸۲/۵۴**
خطا	۲۴	۰/۰۳۳	۰/۳۸	۵۱/۲	۶/۲	۱۰/۸	۱/۲۷	۶/۵
ضریب تغییرات (٪)		۶/۱	۷	۸/۷	۱۰	۷/۵	۱۱/۲	۹/۱

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



الف ب

شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار NaCl) و تیمار تنظیم‌کننده‌های سالیسیلیک‌اسید (1mM) و پنکونازول (15mg/l) روی وزن تر (الف) و خشک (ب) اندام هوایی گیاهان گلرنگ. میانگین داده‌ها ± خطای استاندار نشان داده شده است. (Control= گیاهان شاهد، SA= سالیسیلیک‌اسید، PEN= پنکونازول، SA+PEN= برهم‌کنش سالیسیلیک‌اسید و پنکونازول). ستون‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

در بین گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمار سالیسیلیک اسید و پنکونازول به تنهایی و همزمان سبب افزایش معنی-دار وزن خشک در گیاهان شاهد و تحت تنش شوری شد. وزن تر اندام هوایی نیز در گیاهان تحت تیمار کلرید سدیم کاهش معنی‌داری داشت. کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار وزن تر در گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گردید. اثر سالیسیلیک اسید بر گیاهان شاهد متفاوت بود و سبب کاهش وزن تر اندام هوایی در گیاهان شد. پنکونازول سبب افزایش معنی‌دار وزن تر در گیاهان شاهد و تحت تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و کاهش معنی‌دار آن در گیاهان تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گردید. کاربرد همزمان سالیسیلیک اسید و پنکونازول بر وزن تر گیاهان شاهد اثر معنی‌داری نداشت اما سبب افزایش معنی‌دار وزن تر در گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گردید.

محتوای کلروفیل و کاروتنوئید: میزان کلروفیل کل با افزایش میزان شوری با کاهش معنی‌داری همراه بود که نشان می‌دهد با افزایش غلظت کلرید سدیم میزان کلروفیل کاهش می‌یابد. همانطور که در نمودار الف در شکل ۲ نشان داده شد، تاثیر غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بر روی میزان کلروفیل کل در اندام هوایی گیاه کاملاً مشهود می‌باشد.

کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید بر روی مقادیر کلروفیل کل در گیاهان شاهد و تحت تنش شوری اثرات معنی‌داری داشت. به طور کلی میزان کلروفیل کل با افزایش شوری کاهش یافت و تیمار با سالیسیلیک اسید میزان خسارت ناشی از شوری را کاهش داده و سبب افزایش میزان کلروفیل کل گردید. پنکونازول نیز روی مقادیر کلروفیل کل در گیاهان تحت تنش به‌ویژه تنش ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اثر معنی‌داری داشت و سبب افزایش مقادیر کلروفیل کل شد. اما بر روی تیمار شاهد اثر معنی‌داری را نشان نداد. برهم‌کنش سالیسیلیک اسید و پنکونازول نیز اثرات متفاوتی بر گیاهان شاهد و تحت تنش شوری نشان داد. به طوری که اثر برهم‌کنش این دو تیمار در شرایط کنترل کاهنده و در شرایط تیمار شوری افزایش دهنده محتوای کلروفیل کل بود.

در پژوهش حاضر، تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار محتوای کاروتنوئید در گیاهان تحت تنش شوری شده است (شکل ۲-ب). تیمار با سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش این محتوا در نمونه‌های تحت تنش و کاهش آن در نمونه-های شاهد شد. در گیاهان تیمار شده با پنکونازول، این تنظیم‌کننده تنها روی تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار اثر معنی‌داری داشت و سبب کاهش محتوای کاروتنوئید گردید. اما در گیاهانی که تحت اثر برهم‌کنش هر دو تنظیم‌کننده قرار گرفتند، افزایش معنی‌دار مقادیر کاروتنوئید در تمام تیمارها مشاهده شد.

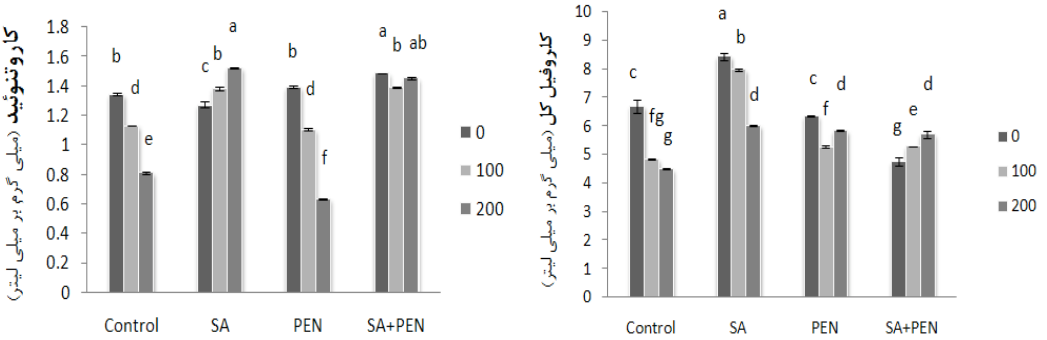
محتوای فلاونوئید و آنتوسیانین: تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی-مولار کلرید سدیم سبب کاهش معنی‌دار محتوای فلاونوئید کل در گیاه شد (شکل ۳-الف). تیمار سالیسیلیک اسید در گیاهان شاهد سبب کاهش معنی‌دار محتوای فلاونوئید شد. این در حالی است که افزایش معنی‌دار فلاونوئید در گیاهان تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد. پنکونازول اثرات معنی‌داری بر گیاهان شاهد و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نشان نداد. اما سبب افزایش محتوای فلاونوئید در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم شد. اعمال همزمان این دو تنظیم‌کننده بر گیاه سبب کاهش معنی‌دار محتوای فلاونوئید در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و گیاهان شاهد شد. اما تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم محتوای فلاونوئیدها افزایش یافت.

تنش شوری موجب کاهش معنی دار محتوای آنتوسیانین شد (شکل ۳-ب). تیمار سالیسیلیک اسید سبب شد که محتوای آنتوسیانین در تیمارهای تنش شوری افزایش یابد. در حالیکه در نمونه شاهد اثر معنی‌داری نداشت. تیمار

www.SID.ir

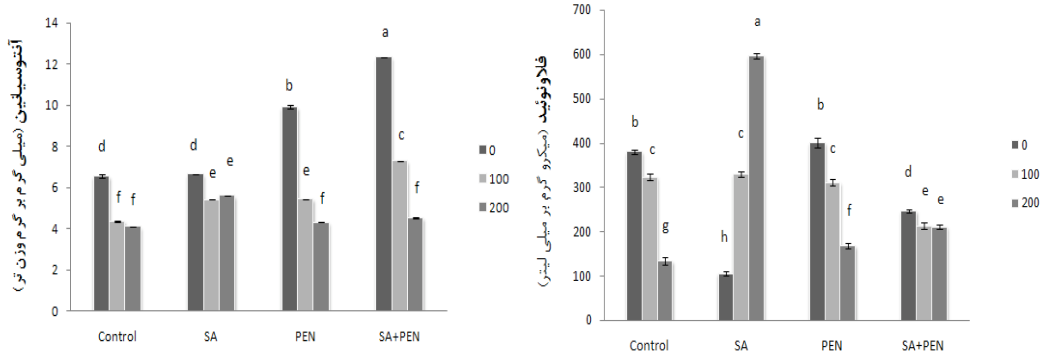
Archive of SID

پنکونازول سبب افزایش معنی‌دار محتوای آنتوسیانین‌ها در نمونه شاهد و تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار شد. اما اثری در نمونه تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نداشت. در گیاهان تحت اثر همزمان دو تنظیم‌کننده نیز اثرات معنی‌دار تنها در تیمارهای شاهد و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم قابل مشاهده بود (شکل ۳–ب).



الف ب

شکل ۲– اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار NaCl) و تیمار تنظیم‌کننده‌های سالیسیلیک‌اسید (1mM) و پنکونازول (15mg/l) روی کلروفیل کل (الف) و کاروتنوئید (ب) اندام هوایی گیاهان گلرنگ. میانگین داده‌ها ± خطای استاندار نشان داده شده است. (Control= گیاهان شاهد، SA= سالیسیلیک‌اسید، PEN= پنکونازول، SA+PEN= برهم‌کنش سالیسیلیک‌اسید و پنکونازول). ستون‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



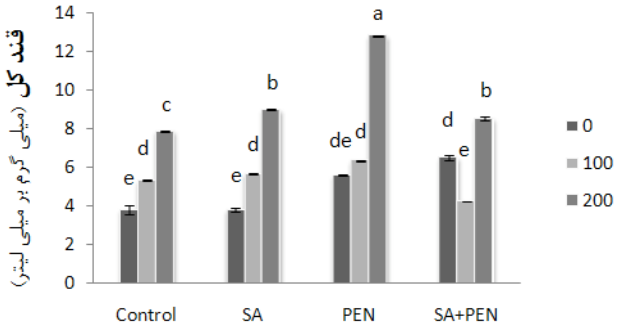
الف ب

شکل ۳– اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار NaCl) و تیمار تنظیم‌کننده‌های سالیسیلیک‌اسید (1mM) و پنکونازول (15mg/l) روی فلاونوئید کل (الف) و (ب) آنتوسیانین اندام هوایی گیاهان گلرنگ. میانگین داده‌ها ± خطای استاندار نشان داده شده است. (Control= گیاهان شاهد، SA= سالیسیلیک‌اسید، PEN= پنکونازول، SA+PEN= برهمکنش سالیسیلیک‌اسید و پنکونازول). ستون‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

محتوای قند کل: با افزایش تنش شوری به غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مقدار قند کل گیاه (شکل ۴) افزایش معنی‌داری یافت. افشانه‌سازی برگ‌های گیاه با سالیسیلیک اسید و پنکونازول به صورت جداگانه نیز موجب افزایش معنی‌دار محتوای قند کل تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم گردید. بیشترین محتوای قند کل در گیاهان با شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و تیمار پنکونازول بود. در گیاهان تحت اثر همزمان هر دو تنظیم-کننده، افزایش معنی‌دار محتوای قند کل در گیاهان شاهد و تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شد. در حالیکه غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش محتوای قند کل گردید.



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار NaCl) و تیمار تنظیم‌کننده‌های سالیسیلیک‌اسید (1mM) و پنکونازول (15mg/l) بر میزان قند کل اندام هوایی گیاهان گلرنگ. میانگین داده‌ها ± خطای استاندار نشان داده شده است. (Control= گیاهان شاهد، SA= سالیسیلیک‌اسید، PEN= پنکونازول، SA+PEN= برهمکنش سالیسیلیک‌اسید و پنکونازول). ستون‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بحث

تنش شوری از طریق محدودیت در جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده گیاه و سمیت عناصر غذایی، باعث کاهش قدرت رشد سلولی شده و کاهش سطح برگ و فتوسنتز را به همراه دارد. این موارد باعث کاهش کربوهیدرات تولیدی و در نتیجه کاهش رشد اجزای مختلف گیاه می‌گردد (۷، ۱۵). به عبارتی، به دلیل وجود نمک در محیط، سلول‌ها مقدار زیادی آب را از دست خواهند داد و با توجه به اینکه برای رشد و تقسیم سلولی باید فشار تورژسانس در حد بالایی باشد و سلول حجم مناسبی برای تقسیم داشته باشد، بنابراین با کاهش آب سلول و ایجاد تنش اسمزی حجم سلول کاهش می‌یابد و احتمال دارد که موجب کاهش رشد و تقسیم سلولی گردد (۵، ۴۵).

نتایج تحقیقات Ashraf و Naqvi (۱۰) نشان می‌دهد که تنش شوری موجب تخریب کلروپلاست، تغییر تعداد و اندازه‌ی کلروپلاست‌ها و کاهش نامحسوس کلروفیل می-شود. Parida و Das (۳۲) نیز بیان کردند که محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای گیاهان، تحت تنش شوری کاهش پیدا می‌کند. بر اساس گزارش Schutz و Fangmier (۳۶) کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش مربوط به تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول است، که باعث پراکسیداسیون و تجزیه کلروفیل می‌شود. گزارش‌های متعدد دیگری نیز حکایت از کاهش محتوای کلروفیل‌ها تحت تنش شوری دارد که از جمله می‌توان به گزارش‌هایی روی سویا (۳۸) و باقلا (۳۷) اشاره کرد. نتایج مشابهی در سویا توسط Wang و همکاران (۴۳) نیز گزارش شده است. بعلاوه، تحقیقات مختلف در گیاهانی که مقدار کلروفیل با افزایش شوری کاهش می‌یابد، نشان داد که کاهش مقدار کلروفیل ممکن است ناشی از تأثیر مزمن تجمع یون‌ها در کلروپلاست می‌باشد. شوری از طریق تنش‌های اکسیداتیو باعث تخریب کلروفیل می‌شود. افزایش سطح شوری، از

www.SID.ir

Archive of SID

طریق افزایش املاح منجر به کاهش تولید کلروفیل می‌گردد. در پژوهش حاضر نیز اثرات معنی‌دار افزایش غلظت کلرید سدیم در کاهش محتوای کلروفیل کل در گیاهان کاملاً مشهود است.

سالیسیلیک اسید یک ترکیب موثر است که موجب ایجاد مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی در گیاهان می‌شود. تاثیر سالیسیلیک اسید وابسته به غلظت، نوع گیاه و مرحله‌ی نموی آن است. با وجود این وقتی که در غلظت‌های بالا استفاده می‌شود به عنوان یک عامل سمی برای گیاه محسوب شده که منجر به مرگ می‌گردد (۲۷). اثرات مثبت سالیسیلیک‌اسید به افزایش درصد فتوسنتز توسط گیاهان تنش‌دیده تحت تیمار سالیسیلیک‌اسید نسبت داده شده است (۴، ۴۱). گزارش شده است کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید ممکن است در فرایندهای مختلف در گیاهان از جمله فتوسنتز و سرعت رشد اثر داشته باشد (۲۳). در این پژوهش نیز کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید روی افزایش مقادیر کلروفیل کل در تیمارهای تحت تنش و فاقد تنش کاملاً مشهود بوده که می‌تواند تأییدی بر نتایج سایر پژوهشگران باشد.

ترکیب پنکونازول سبب افزایش معنی‌دار در میزان کلروفیل کل گیاه گردیده است. بعلاوه، کاربرد پنکونازول در گیاه نعنا نیز تحت تنش خشکی سبب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان تحت تنش و گیاهان فاقد تنش شده است (۱۶). این فرضیه وجود دارد که افزایش محتوای کلروفیل در گیاهان تیمار شده با پنکونازول می‌تواند در نتیجه‌ی اثرات تریازول‌ها روی محتوای سیتوکینین داخلی گیاه باشد. هرچند تغییرات در میزان سیتوکینین در پژوهش حاضر اندازه‌گیری نشده است، می‌توان فرض کرد که افزایش در مقدار کلروفیل احتمالاً با افزایش مقدار سیتوکینین تحت تیمار پنکونازول ارتباط دارد که سبب افزایش بیوسنتز کلروفیل شده است. بعلاوه، نشان داده شده است که کاربرد زآتین ریبوزید به حفظ غلظت‌های بالای کلروفیل و کارایی فتوشیمیایی تحت تنش گرمایی کمک می‌کند (۱۶).

کاروتنوئیدها گروه بزرگی از ترکیبات ایزوپرنوئید هستند که توسط تمامی اندام‌های فتوسنتزی و بسیاری از اندام‌های غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند (۹). کاروتنوئیدها به کاروتن‌های هیدروکربن مانند لیکوپن و بتاکاروتن یا گزانتوفیل‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند (۱۹). تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش شوری در بافت‌های گیاهی توسط فعالیت کاروتنوئید در هر دو سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی اکسیدانی کاهش می‌یابد (۳۴). این ترکیبات نقش حفاظتی در مقابل تنش اکسیداتیو القاء شده داشته و در سمیت‌زدایی از کلروفیل نیز نقش دارند (۳۷). افزایش در محتوای کاروتنوئیدها به هنگام شوری متوسط و کاهش آن در شوری بالا نیز در گیاه سیب زمینی نشان داده شد (۱۳). کاهش معنی دار در مقدار کاروتنوئیدهای برگی گیاهان *Grevillea ilicifolia* و برنج (۳۹) در شرایط شوری نشان می‌دهد که این ترکیبات به تنش شوری حساس هستند. تنش شوری تجزیه بتاکاروتن و تشکیل زآگزانتین را تشدید می‌کند؛ این فرآیندها در حفاظت از بازدارندگی نوری مؤثر هستند (۳۹). افزایش کاروتنوئیدها توان مقابله با شرایط تنشی در گیاه را افزایش می‌دهد زیرا گیاه توانایی اتلاف انرژی نوری بالا و حذف اکسیژن‌های فعال را خواهد داشت. در تحقیق حاضر نیز با افزایش غلظت کلرید سدیم محتوای کاروتنوئید گیاهان کاهش یافت که نشان می‌دهد شوری زیاد می‌تواند سبب آسیب کاروتنوئیدهای گیاه گلرنگ گردد. کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید بر گیاهان شاهد و تحت تنش شوری سبب افزایش محتوای کاروتنوئید گیاهان گردید که افزایش توان مقابله گیاه به شوری را در حضور این تنظیم‌کننده رشد نشان می‌دهد. همانطور که گفته شد، پنکونازول بر گیاهان شاهد و تحت تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اثر معنی‌داری نداشت اما در گیاهان تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش معنی‌دار محتوای کاروتنوئید شد. با توجه به نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل در این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که پنکونازول اثر مثبتی در افزایش توان مقابله گیاه گلرنگ به شوری به واسطه‌ی افزایش محتوای کاروتنوئیدها ندارد. اما هنگامی‌که این تنظیم‌کننده رشد همراه با سالیسیلیک اسید بر گیاهان اعمال شد اثرات مثبتی بر گیاهان گلرنگ داشت و سبب افزایش معنی‌دار محتوای کاروتنوئید در گیاهان شاهد و تحت تنش گردید. به نظر می‌رسد که افزایش محتوای کاروتنوئید هنگام کاربرد همزمان دو تنظیم‌کننده بر گیاهان، به واسطه‌ی حضور سالیسیلیک اسید بوده است.

فلاونوئیدها یکی از متنوع ترین ترکیبات طبیعی هستند که توانائی جذب رادیکال‌های آزاد را دارند. مشاهدات ثابت می‌کند که *تیمار* گیاه *Panax ginseng* با سالیسیلیک اسید افزایش قابل توجه میزان فلاونوئیدها را به همراه دارد (۸، ۴۷). نقش اصلی فلاونوئیدهای برگی حفاظت از سلول‌های فتوسنتزی در برخورد با پرتوهای مخرب فرابنفش است (۲۸). با این وجود تحت تنش‌های محیطی متعددی مانند زخم‌های مکانیکی، تنش سرمایی، تنش نوری بالا و کمبود مواد غذایی افزایش مقدار فلاونوئیدها گزارش شده است (۱۲). برخی تجربیات حاکی از نقش آنتی اکسیدانی فلاونوئیدها در بافت‌های برگی است. این ترکیبات با تجمع در واکوئل سلول‌های اپیدرمی برگ و در ارتباط نزدیک با آنزیم پراکسیداز واکوئلی در جهت سم زدایی از آب اکسیژنه رسیده از سایر بخش‌های سلولی عمل می‌کنند (۴۶). در تحقیق حاضر، محتوای فلاونوئید گیاهان گلرنگ با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش معنی‌داری داشت که نشان می‌دهد افزایش غلظت کلرید سدیم می‌تواند اثرات مخربی بر محتوای فلاونوئید گیاهان گلرنگ داشته باشد. کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید سبب افزایش قابل توجه محتوای فلاونوئید گیاهان گلرنگ تحت تیمار ۲۰۰ میلی-مولار کلرید سدیم شد که در نتیجه‌ی پاسخ گیاهان در برابر سالیسیلیک اسید است. کاربرد خارجی پنکونازول نیز تنها سبب افزایش معنی‌دار محتوای فلاونوئید گیاهان گلرنگ تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم شد. در گیاهان گلرنگ تحت اثر برهم‌کنش همزمان دو تنظیم‌کننده نیز افزایش معنی‌دار محتوای فلاونوئید تنها در گیاهانی که تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم قرار داشتند مشاهد شد. می‌توان نتیجه گرفت که هر دو تنظیم‌کننده با افزایش محتوای فلاونوئید گیاهان گلرنگ در غلظت‌های بالای کلرید سدیم سبب افزایش مقابله گیاهان در برابر تنش شوری می‌گردند.

تولید آنتوسیانین در گیاهان تحت تاثیر متقابل عوامل داخلی و خارجی مانند نور، دما، کربوهیدرات، هورمون‌های گیاهی و تنش آبی می‌باشد. این عوامل اکثرا از طریق تاثیر بر عوامل رونویسی بر میزان آنتوسیانین تاثیر می‌گذارند (۲۶). مطالعات Sudha و Ravishankar (۴۰) نشان داد که میزان آنتوسیانین در هویج تحت تاثیر غلظت ۲۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید در طول ۹ روز اول کاهش یافته است ولی در طول یک دوره‌ی زمانی ۲۱ روزه افزایش یافته است. در تحقیقات Kim و همکاران (۲۶) سالیسیلیک اسید تاثیری بر میزان آنتوسیانین در برگ‌های غیرسبز ذرت نداشته است. در تحقیق حاضر تفاوت معنی‌داری بین میزان آنتوسیانین در گیاهان شاهد و تحت تیمارهای کلرید سدیم وجود دارد و این نتایج تاثیر سالیسیلیک اسید و پنکونازول بر تولید آنتوسیانین را تأیید می‌کند. آنتوسیانین تحت اثر سالیسیلیک اسید بر گیاهان تحت تنش شوری افزایش یافت که نشان‌دهنده‌ی افزایش مقاومت گیاهان گلرنگ به تنش شوری است. پنکونازول در غلظت بالای کلرید سدیم اثر معنی‌داری نداشت اما از آنچائیکه بر گیاهان شاهد و گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اثر افزایشی در محتوای آنتوسانین داشت، می‌توان نتیجه گرفت که این تنظیم‌کننده در غلظت‌های پایین کلرید سدیم اثر مثبت و در غلظت‌های بالای کلرید سدیم اثر منفی در تولید آنتوسیانین در گیاهان گلرنگ دارد. اعمال همزمان پنکونازول و سالیسیلیک اسید بر گلرنگ نیز اثر مثبت آنها بر گیاهان شاهد و گیاهان تحت تیمار غلظت پایین‌تر کلرید سدیم را نشان داد.

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش مقدار قندهای کل گیاه در پژوهش حاضر، می‌تواند به علت تولید قندهای محلول برای مقابله با تنش شوری باشد. کربوهیدرات‌هایی مانند گلوکز، فروکتوز، سوکروز و فروکتان در تنش شوری تجمع می‌یابند. عمل مهم آنها محافظت اسمزی، فشار اسمزی، ذخیره کربن و جارو کردن رادیکالها است. گزارش شده است که در گوجه‌فرنگی (۲۴)، برنج (۲۱) ، گندم و جو (۲۲) به دنبال تنش اکسیداتیو مقدار تجمع قندها با تیمار هورمون سالیسیلیک اسید افزایش می‌یابد. افزایش قندها با ایجاد شیب اسمزی در گیاهان، مقاومت گیاه گندم را در برابر از دست دادن آب، محتوی آب برگ و رشد در شرایط تنش افزایش داده است (۴۲). بطور کلی میزان قندهای کل در گیاهان تیمار شده با تنظیم‌کننده نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری داشت که نشان می‌دهد تنش‌های مختلف می‌توانند از طریق تولید برخی تنظیم‌کننده‌های رشد مانند سالیسیلیک اسید علاوه بر متابولیت‌های ثانوی بر متابولیت‌های اولیه نیز اثر بگذارند.

در مجموع به نظر می‌رسد، کاربرد سالیسیلیک اسید و پنکونازول در این پژوهش باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری شده است. تنش شوری موجب کاهش رشد گیاهان می‌گردد، البته میزان کاهش بستگی به شدت تنش، مدت تنش و نوع گیاه دارد. با توجه به اینکه این ترکیبات نسبتاً ارزان و در دسترس می‌باشند، برای افزایش مقاومت گیاهان به‌ویژه گیاهان زراعی به شوری می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

۱- احمدی، م.، امیدی، ح. ۱۳۸۰. شناخت گلرنگ و بررسی مقدماتی ساختار تولید آن در ایران. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت زراعت

۲- امیدی تبریزی، ا .ح .وم .ر .احمدی، ۱۳۷۹. مروری بر تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی گلرنگ در جهان و ایران. ماهنامه علمی تخصصی زیتون ۱۴۲: ۱۴-۱۸

۳- زینلی، ا .۱۳۷۸ .گلرنگ (شناخت تولید و مصرف)، چاپ اول، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- طویلی، ع.، م. صابری، ع. شهریاری و محمد حیدری. ۱۳۹۲. بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر ویژگیهای جوانه زنی بذر و رشد اولیه دانه رست *Bromus tomentellus* Boiss. در شرایط تنش کادمیوم. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۲۶. شماره ۲. صفحات ۲۱۶-۲۰۸.

۵- قلی نژاد، اسماعیل. ۱۳۹۳. تاثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه ژنوتیپ های مختلف گندم. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۲۷. شماره ۲. صفحات ۲۸۷- ۲۷۶.

۶- کافی، م.، ب. کامکار و ع.م. مهدوی دامغانی.۱۳۸۲. واکنشهای گیاهان زراعی به محیط رشد. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

7- Ali, Y., Aslam, Z., Ashraf, M. Y. and Tahir, G. R. 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield component of rice genotypes grown under saline environment. International Journal of Environmental Science and Technology 1(3): 221-225.

8- Ali, M. B., Hahn, E.J. and Paek, K.Y. 2007. Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in *Panax ginseng* bioreactor root suspension cultures. Molecules 12:607-621.

9- Andrew, J. S., H. Moreau, M. Kuntz, G. Pagny, C. Lin, S. Tanksley and J. McCarthy. 2008. An investigation of carotenoid biosynthesis in *Coffea canephora* and *Coffea arabica*. J. Plant Physiol. 165: 1087-1106.

10- Ashraf, M. M. and Naqvi. I. 1992. Effect of varying Na^{+}/Ca^{2+} ratios in saline sand culture on some physiological parameters of four *Brassica* species, Acta Physiological Plantarum 14: 197-205.

11- Cooper-Driver, G. A. and Bhattacharya, M. 1998. Role of phenolics in plant evolution. Phytochemistry 49: 1165-1174.

12- Dixon, R. A. and Pavia, N. 1995. Stress induced phenylpropanoid metabolism. Plant Cell 7: .1085-1097.

www.SID.ir

Archive of SID

13- Doganlar, Z. B., Demir, K., Basak, H. and Gul, I. 2010. Effects of salt stress on pigment and total soluble protein contents of three different tomato cultivars. African Journal of Agricultural Research 5: 2056-2065.

14- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K. Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Calorimetric method for determination of sugars and related substances. Analyt. Chim. 28: 350-356.

15- Enferad, A., Poustini, K., Majnoon Hosseini, N. and Khajeh-Ahmad-Attari, A. A. 2004. Physiological responses of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties to salinity. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 7(4): 103-113.

16- Hassanpour, H., Khavari-Nejad, R. A., Niknam, V., Najafi, F., Razavi, Kh. 2012. Effects of penconazole and water deficit stress on physiological and antioxidative responses in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.). Acta Physiologia Plantarum 34:1537–1549.

17- Hayat, Q., Hayat, Sh., irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany 68: 14 – 25.

18- Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. 1950. The water culture for growing plants without soil, California Agriculture Experimental Statistics Circular 347: 32.

19- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sankar, B., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007. Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in Catharanthus roseus exposed to water deficit. Colloids Surf. B: Biointerfaces 59: 150–157.

20- Jaleel, C. A., Zhao, C., Mohamed S., Al- Juburi H. J., Moussa H. R., Gomathinayagam M., Panneerselvam R. 2009. Alterations in sucrose metabolizing enzyme activities and total phenol content of Curcuma longa L. as affected by different triazole compounds. Frontiers of Biology in China 4(4): 419–423.

21- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavarinejad, R. A. and Assareh, M. H. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia* prostrate. Biologial Plantarum 49(2): 301-304.

22- Keles, Y. and Oncel, I. 2004. Growth and solute composition in two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. Russian Journal Plant Physiology 51: 203-208.

23- Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic response of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol. 160: 485-492.

24- Khavarinejad, R. A. and Ghafarzadeh, N. 1998. The effects of NaCl and $CaCl_2$ on photosynthesis and growth of alfalfa plants. Photosynthetica 35: 461-466.

25- Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt- stressed maize plants, International Journal of Agriculture and Biology 6: 5–8.

26- Kim, J. S., Lee, B. H., Kim, S. H., Ok, K. H. and Cho, K. Y. 2006. Response to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in nonchlorophyllous corn (*Zea mays* L.) leaf**.** Journal of Plant Biology 49: 16–25.

27- Kovacik, J., Gruz, J., Backor, M., Strnad, M. and Repcak, M. 2009. Salicylic acid-induced changes to growth and phenolic metabolism in *Matricaria chamomilla* plants. Plant Cell Reports 28:135–143.

28- Liacoura, V., Manetas, Y. and Karabourniotis, G. 2001. Seasonal fluctuations in the concentration of UV-absorbing compounds in the leaves of some Mediterranean plants under field conditions. Physiologia Plantarum 111: .491-500.

29- Lichtenthaler, H. K., Wellburn, A. R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and of leaf extract in different solvents. Biochem. Soc. Trans 11(3), 2-591.

30- Nair, V. D., Jaleel, C. A., Gopi, R., Panneerselvam, R. 2009. Changes in growth and photosynthetic characteristics of Ocimum sanctum under growth regulator treatments. Frontiers of Biology in China 4(2): 192-199.

31- Nasr, H. G., Katkhud, N. and Tannir, L. 2003. Effect of fertilization and papulation rate-spacing on safflower yield and other characteristics. Agron. J. 72: 683-684.

32- Parida, A. K. and Das, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review, Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

www.SID.ir

Archive of SID

33- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J. and Shahabimaid, N. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. African Journal of Biotechnology 5(11): 142-1145.

34- Prochazkova, D., Sairam, R. K., Srivastava, G. C. and Singh, D. V. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. Plant Sci. 161: 765-771.

35- Sairam, R.K. and Srivastava, G. C. 2001. Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activiy in tolerant and susceptible genotype. Journal of Agronomy and Crop Science 186: 63-70.

36- Schutz, H. and Fangmier, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation, Environmental Pollutions 114: 187-194.

37- Sanitata, L. and Gabbriella, R. 1999. Response to Cd in higher plants–Review, Environment and Experimental Botany 45: 105-130.

38- Sheteawi, S. A. 2007. Improving growth and yield of salt stressed soybean by exogenous application of jasmine acid and ascorbic, International Journal of Agriculture and Biology 9: 473-478.

39- Singh, A. K. and Dubey, R. S. 1995. Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems 1 and 2 in rice seedlings induced by NaCl. Photosynthetica 31: 489-499.

40- Sudha, G., Ravishankar, G. A. 2003. Influence of methyl jasmonate and salicylic acid in the enhancement of capsaicin production in cell suspension cultures of Capsicum frutescens Mill. Current Science 85:1212-1217.

41- Szepesi, A., Csiszar, J., Bajkan, S., Gemes, K., Horvath, F., Erdei, L., Deer, A. K., Simon, M. L. and Tari, I. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress, Acta Biological Szegediensis 49: 123-125.

42- Tasgin, E., Atici, Q. and Nalbantoglu, B. 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant Growth Regulation 41: 231-236.

43- Wang, D., Shannon, M. C. and Grieve, C. M. 2001. Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean, Field Crops Research 69: 267- 277.

44- Wanger, G.J., 1979, Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplasts. Plant Physiol. 64: 88-93.

45- Xiong, L. and Zhu, J. K. 2002. Salt tolerance. The Arabidopsis Book, American Society of Plant Biologists, USA.

46- Yamasaki, H., Sakihama, Y. and Ikehara, N. 1997. Flavonoid–Peroxidase reaction as a detoxification mechanism of plant cells against H_2O_2. Plant Physiology 115: 1405-1412.

47- Yu, Z. Z., Fu, C. X., Han, Y. S., Li, Y. X. and Zhao, D. X. 2006. Salicylic acid enhances jaceosidin and syringin production in cell cultures of *Saussurea medusa*. Biotechnology Letter 28:1027-1031.

48- Ghassemi-Golezani, K. and Hosseinzadeh-Mahootchi, A. 2015. Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. WALIA journal 31(S1): 104-109.

49- Tariq, A., A. Khan, M. M., Teixeira da Silva, Jaime A., Mohd. Idrees, M. Naeem, Moinuddin, 2011. Role of Salicylic Acid in Promoting Salt Stress Tolerance and Enhanced Artemisin in Production in *Artemisia annua* L. J Plant Growth Regul 30:425-435.

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of interaction between salicylic acid and penconazole on physiological and biochemical responses of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salinity

Shaki F., Ebrahimzadeh H. and Niknam V.

School of Biology and Center of Excellence in Phylogeny of Living Organisms, College of Science, University of Tehran, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

In this study, the effect of salicylic acid and penconazole on some of plant growth indices in *Carthamus tinctorius* under salinity was investigated. Sodium chloride (0, 100, 200 mM), salicylic acid (1 mM), and penconazole (15 mg l^{-1}) were applied for 21 days during vegetative growth of plants. Results have shown that the exogenous application of growth regulators to salt-stressed plants increased some growth parameters. Salicylic acid increased the amount of total chlorophyll content, carotenoids, anthocyanins, and flavonoids in plants. Penconazole increased the amount of total chlorophyll content under salinity, reduced carotenoids and increased flavonoids under 200 mM treatment, increased anthocyanins in control plants and 100 mM treatment and increased total sugar in control plants and 200 mM sodium chloride treatment. Simultaneous application of salicylic acid and Penconazole increased the amount of total chlorophyll content under salinity, increased carotenoids, increased flavonoids under 200 mM treatment, increased anthocyanins in control plants and under 100 mM treatment and increased total sugar in control plants and 200 mM treatment of sodium chloride. Overall, it seems that the exogenous application of salicylic acid and penconazole can cause the adaptability of safflower to salinity. Due to the low price and availability, the use of these components can be considered in order to increase the resistance of safflower to salinity.

Key words: safflower, salinity, salicylic acid, penconazole

www.SID.ir