Archive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال دهم، شماره ۳۹، پاییز ۱۳۹۴ / صفحات: ۸۷-۷۹

بررسی اثر اسیدسالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه تربچه (*Raphanus sativus* L.) تحت شرایط تنش خشکی

مژگان قنبری*[۱]، محسن فرزانه[۲] و علیرضا افتخاریان جهرمی[۳]

[۱] کارشناس، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، باشگاه پژوهشگران جوان، شیراز

[۲] کارشناس، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، باشگاه پژوهشگران جوان، شیراز

[۳] استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱٤

چکیده

این پژوهش بر روی تربچه (*Raphanus sativus* L.) رقم تجاری Radish cherry belle تحت تنش خشکی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۰ در دانشگاه آزاد اسلامی شیراز به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل دو فاکتور تنش خشکی در سه سطح آبیاری به فاصله یک روز (شاهد)، سه روز (تنش ملایم) و پنج روز (تنش شدید) و اسیدسالیسیلیک در سه سطح ۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار بود. خصوصیات مورد بررسی شامل رنگدانه‌های کلروفیل a، b و ترکیبات کاروتنوئیدی، محتوای یون‌های سدیم و پتاسیم و محتوای نسبی آب بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس تاثیر متقابل تنش خشکی و اسیدسالیسیلیک نشان داد در زمان اعمال تنش خشکی شدید محلول پاشی با غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش کلروفیل a و b ولیکن محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک ۱ و ۲ میلی‌مولار سبب کاهش محتوای کاروتنوئیدی شد. همچنین در گیاهان تحت تنش خشکی شدید، محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار سبب افزایش محتوای یون‌های سدیم، پتاسیم و محتوای نسبی آب گشت.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، سدیم، کاروتنوئید، کلروفیل، محتوای نسبی آب

مقدمه

گیاهان در محیط‌های طبیعی دستخوش انواع تنش‌ها می‌شوند که اثرات منفی بر روی رشد آنها دارد. دما، نور و آب قابل دسترس از جمله عوامل غیرزنده‌ای هستند که به طور موثر بر رشد گیاهان عالی اثر می‌گذارند. از میان این عوامل، خشکی بزرگترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است (Reddy et al., 2004). بنا به تعریف، تنش خشکی به منزله کمبود آب در گیاه است و این وضعیت هنگامی ایجاد می‌شود که میزان تعرق از میزان جذب آب بیشتر باشد (Bray, 1997). گیاهان به تنش خشکی در سطوح فیزیولوژیک، سلولی و مولکولی پاسخ می‌دهند. این پاسخ به گونه و ژنوتیپ گیاه (Rampino et al., 2006)، طول دوره و شدت کمبود آب (Araus et al., 2001)، سن و مرحله نمو آن (Zhu et al., 2005) بستگی دارد.

تحقیقات نشان داده است کلروپلاست و رنگیزه-های موجود در آن از خشکی تاثیر می‌پذیرند. حفظ غلظت کلروفیل تحت تنش به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند. طی تحقیق Sween و همکاران (۲۰۰۳) تنش خشکی در سویا سبب هیدرولیز

*نویسنده مسئول: mojgan.ghanbari@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

پروتئین‌های تیلاکوئیدی و کاهش مقدار کلروفیل گردید. همچنین نامبردگان اظهار داشتند که تجزیه پروتئین‌های کلروپلاستی منبع با ارزشی از اشکال قابل تحرک نیتروژن به محض ورود به شرایط تنش است. در این راستا، می‌توان تجزیه کلروفیل را به‌عنوان یک مرحله مقدماتی در تخریب پروتئین‌ها در نظر گرفت (Sween et al., 2003). در گیاهان زراعی گزارش‌هایی در رابطه با واکنش متفاوت کلروفیل به خشکی در ارقام حساس و مقاوم (Blum, 2005) و یا عدم تاثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل ارایه شده است (Jung, 2004). به نظر می‌رسد کاهش فتوسنتز تحت تنش تا حدی به واسطه کاهش غلظت کلروفیل است. در پژوهشی Pessarkli (۱۹۹۹) اظهار داشت که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. Groppa و Benavides (۲۰۰۸)، بیان نمودند که در ابتدای تنش‌های محیطی میزان سنتز کاروتنوئید در برگ گیاهان به علت نقش آن در حفاظت در مقابل رادیکال‌های آزاد افزایش می یابد اما با گذشت زمان و تطابق گیاه با تنش از میزان آن کاسته می‌شود.

مشخص شده است که پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد، شاخص سطح برگ، جذب دی‌اکسید کربن و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج برگ، می‌شود (Cakmak, 2005). در میان عنصر غذایی، پتاسیم یکی از مهم‌ترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه می‌باشد که در مورد تجمع آن در هنگام تنش اسمزی گزارش‌های متعددی ارائه شده است (Shabala et al., 2000; Kidambi et al., 1990). این کاتیون در تنظیم فشار اسمزی و کنترل روزنه‌ای نقش ایفا می‌کند (Shabala et al., 2000). طبق اظهارات Yin و Vyn (۲۰۰۲) قند و یون پتاسیم از مواد اسمزی موثر در گیاه سویا بوده که افزایش شدت تنش خشکی بر مقدار آنها افزوده و این امر بیشتر در برگ‌های بالغ دیده می شود. نامبردگان اظهار داشتند که افزایش یون‌ها در برگ‌های تحت تنش ممکن است ناشی از افزایش جذب و یا کاهش انتقال در بخش‌های مختلف باشد.

محتوای نسبی آب یکی از خصوصیات فیزیولوژیکی پاسخ دهنده به تنش خشکی است که همبستگی خوبی با تحمل به خشکی نشان می‌دهد (Colom and Vazzana, 2003). کاهش پتانسیل آب مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین می‌شود و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد. در گندم به خوبی مشخص شده است که طی تنش‌هایی همچون تنش خشکی محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول‌ها کاهش یافت (Ma et al., 2006). در گزارشی نیز بیان شد، طی استرس خشکی در لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، محتوای نسبی آب کاهش می‌یابد (Anyia and Herzog, 2004). Singh و Usha (۲۰۰۳) بیان کردند که بذور گندم تیمار شده با اسیدسالیسیلیک (۱-۳ میلی‌مولار) محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده در شرایط بدون تنش نشان دادند.

افزایش مقاومت گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلند مدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی نظیر اسیدسالیسیلیک، اسیدجاسمونیک و غیره آسان‌تر و ارزان‌تر است (El-Tayeb, 2005). اسیدسالیسیلیک یکی از ترکیبات فنولی است که در گیاهان تولید می‌شود. ترکیبات این گروه می‌تواند به عنوان تنظیم کننده رشد عمل کنند. این ماده در گیاهان در مقادیر کم (میلی گرم بر گرم وزن تر یا کمتر) وجود دارد، که به فرم آزاد و گلیکوزیل مشاهده شده‌اند (Lee et al.,

www.SID.ir

Archive of SID

1995). اسیدسالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های متعدد زیستی و غیرزیستی شناخته شده است (El-Tayeb, 2005). تأثیر اسیدسالیسیلیک بر فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک، بسته به غلظت به کار رفته بر روی گیاه، گونه، دوره رشدی و شرایط محیطی، متفاوت است (Iqbal et al., 2006). به‌کارگیری محرک‌های زیستی قبل از اعمال تنش موجب مقاومت در برابر تنش می‌شود (Poor Akbar and Nojavan Asghari, 2004). در گزارشی غلظت ۱/٤ میلی‌مولار اسید-سالیسیلیک سبب ایجاد مقاومت به شوری در ذرت گردید (Hussein et al., 2007). در گزارش دیگری استفاده از اسیدسالیسیلیک باعث افزایش عملکرد گندم شد (Shakirova et al., 2003). کاربرد خارجی اسیدسالیسیلیک تحمل به شوری در دو لپه‌ای‌ها را افزایش داد (Borsani et al., 2002). همچنین محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بر اندام هوایی گیاه کلزا (*Brassica napus*) میزان کلروفیل را زیاد کرد (Ghai et al., 2002). به هرحال، قسمت اعظم شواهد علمی پیشنهاد می‌کند که این ماده نقش کلیدی در ایجاد مقاومت سازگاری و دفاعی دارد و قادر است توان آنتی‌اکسیدانی گیاه را افزایش دهد (Szepesi et al., 2005). لذا با توجه به مطالب فوق هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر کلروفیل a, b و کاروتنوئید، محتوای یون‌های سدیم، پتاسیم و محتوای نسبی آب تحت شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ در دانشگاه آزاد اسلامی شیراز به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گردید. جهت بررسی پاسخ گیاه تربچه به تنش خشکی، رقم تجاری تربچه (Radish cherry belle) برای کشت انتخاب شد. این رقم به‌صورت گلدانی با خاک رسی-شنی در دمای آزاد محیط کشت گردید. پس گسترده شدن دومین برگ حقیقی، سه تیمار خشکی شامل آبیاری به فاصله یک روز (شاهد)، آبیاری به فاصله سه روز (تنش ملایم) و آبیاری به فاصله ۵ روز (تنش شدید) اعمال شد. پس از آشکار شدن برگ چهارم محلول پاشی توسط اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار انجام شد. گیاهان در تیمارهای مختلف به‌مدت ٤٥ روز به مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر آبیاری شدند.

جهت اندازه‌گیری صفات مورد نظر، شامل رنگدانه‌های کلروفیل a, b وکاروتنوئیدها، محتوای یون‌های سدیم، پتاسیم و همچنین محتوای نسبی آب برگ، برگ پنجم و ششم از هر بوته جدا و به آزمایشگاه منتقل گردید. محتوای یون‌های پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل Jenway. pfp7 اندازه‌گیری شد (Khosh kholgh Sima, 1999). برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a, b و کاروتنوئید، از روش ارائه شده توسط Arnon (۱۹٦۷) استفاده شد. محتوای نسبی آب بر اساس روش Barrsu و Weatherley (۱۹٦۲) برآورد گردید و از فرمول زیر برای محاسبه محتوای نسبی آب (RWC) استفاده شد.

$$\%RWC= [(FW-DW)/(TW-DW)]\times100$$

FW: وزن تازه برگ

DW: وزن خشک برگ

TW: وزن اشباع برگ

مجموع داده‌های برداشت شده با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز گردید و میانگین تیمارها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در قالب طرح کاملا تصادفی در جدول ۱ آمده است. تنش خشکی به طور معنی داری بر صفات مورد ارزیابی تاثیر گذاشت و تیمار اسیدسالیسیلیک نیز سبب ایجاد تفاوت معنی دار در صفات مورد بررسی شد. اثر متقابل تنش خشکی و اسیدسالیسیلیک نیز بر روی تمامی صفات به جز محتوای نسبی آب معنی دار بود (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش خشکی و تیمار با اسیدسالیسیلیک

	میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a (mg/g.F.w.)	کلروفیل b (mg/g.F.w.)	کاروتنوئیدها (mg/g.F.w.)	محتوای یون پتاسیم (mg/g.D.w.)	محتوای یون سدیم (mg/g.D.w.)	محتوای نسبی آب(٪)
تنش خشکی	۲	۰/۱۳**	۰/۰۷**	۰/۱۳**	٤٧٥/٣٢**	٥٥١/٦٤**	٢٠٧/٣٧**
اسیدسالیسیلیک	۲	۰/۰۹**	۰/۰٦**	۰/۰۸**	٨٣٢/١١**	٦٥٨/٨٨**	٢١/٩٠**
تنش خشکی× اسیدسالیسیلیک	٤	۰/۰۱۳**	۰/۰۰۳۲**	۰/۰۰۳**	٦٧/٣١**	٤٨/٢٤*	۰/٤٦^{ns}
خطای آزمایش	۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰٤	۱/٤٤	۱٦/۰۳	۰/٤٨
ضریب تغییرات	-	۳/۲۰	۲/۲٥	۲/۸۳	۱/٦۱	٥/٤۱	۱/۱٥

^{ns} ، *و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

رنگدانه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی: بررسی اثر متقابل تنش خشکی و غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک بر صفت محتوای کلروفیل a نشان داد در گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار نداشتند (شاهد) غلظت‌های صفر و ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و در مقایسه با غلظت ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک محتوای کلروفیل a بالاتری را دارا بودند. محتوی کلروفیل b در گیاهان شاهد که با غلظت ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک محلول پاشی شده بوند، در مقایسه با غلظت‌های صفر و ۲ میلی مولار، بیشترین میزان را دارا بود و غلظت‌های صفر و ۲ میلی‌مولار با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند. همچنین در گیاهان شاهد بیشترین محتوای کاروتنوئید در غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بود و پس از آن به ترتیب غلظت‌های ۲ و صفر اسیدسالیسیلیک بودند. در شرایط تنش ملایم، محتوای کلروفیل a, b و کاروتنوئیدها در غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند. در گیاهانی که تحت تنش خشکی شدید قرار داشتند، غلظت ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک بیشترین محتوای کلروفیل a, b را دارا بودند و غلظت‌های صفر و ۱ میلی مولار اسیدسالیسیلیک با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و در مقایسه با غلظت ۲ میلی مولار میزان کمتری را دارا بودند. در این گیاهان بیشترین محتوای کاروتنوئیدی در غلظت صفر میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بود و غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و نسبت به غلظت صفر، از میزان کمتری برخوردار بودند (جدول ۲).

محتوای یون‌های سدیم و پتاسیم: با توجه به نتایج جدول ۲، در گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار نداشتند (شاهد) بیشترین محتوای یون سدیم در غلظت صفر و ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک مشاهده شد و غلظت ۲ میلی‌مولار محتوای یون سدیم کمتری

www.SID.ir

Archive of SID

داشت. در این گیاهان بیشترین محتوای یون پتاسیم در غلظت ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک مشاهده شد و غلظت‌های صفر و ۱ میلی‌مولار از نظر محتوای یون پتاسیم با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند. زمانی که تنش خشکی ملایم اعمال شد، غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بیشترین محتوای یون سدیم و پتاسیم را دارا بودند و با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و غلظت صفر میلی‌مولار محتوای یون سدیم و پتاسیم کمتری بود. در اعمال تنش خشکی شدید، غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار از نظر محتوای سدیم، بیشترین میزان را دارا بودند و با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و غلظت صفر میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک محتوای یون سدیم کمتری داشت. محتوای یون پتاسیم در غلظت‌های صفر و ۲ میلی‌مولار با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و نسبت به غلظت ۱ میلی‌مولار از میزان بیشتری برخوردار بودند.

محتوای نسبی آب: همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار نداشتند (شاهد)، از نظر محتوای نسبی آب، غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و در مقایسه با غلظت صفر اسیدسالیسیلیک میزان بیشتری را داشتند. در گیاهانی که تحت تنش خشکی ملایم قرار داشتند، غلظت ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بیشترین محتوای نسبی آب را دارا بود و پس از آن به‌ترتیب غلظت‌های ۱ و صفر اسیدسالیسیلیک قرار داشتند. در زمان اعمال تنش خشکی شدید بیشترین محتوای نسبی آب در غلظت ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک مشاهده شد و غلظت‌های صفر و ۱ میلی‌مولار با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و نسبت به غلظت ۲ میلی‌مولار از محتوای نسبی آب کمتری برخوردار بودند.

جدول ۲: اثر متقابل تنش خشکی وتیمارهای مختلف اسیدسالیسیلیک بر صفات مورد بررسی

تنش خشکی	اسید سالیسیلیک	صفات					
		کلروفیل a (mg/g.F.w.)	کلروفیل b (mg/g.F.w.)	کاروتنوئیدها (mg/g.F.w.)	محتوای یون سدیم (mg/g.D.w.)	محتوای یون پتاسیم (mg/g.D.w.)	محتوای‌نسبی آب(٪)
شاهد	۰ میلی‌مولار	۰/۱۹۹۳^{abcd}	۰/۵۸۹^{b}	۰/۵۶۵۷^{c}	۹۸/۴۳^{a}	۸۱/۶۰^{b}	۵۳/۸۶^{g}
	۱ میلی مولار	۰/۲۹۱۰^{a}	۰/۷۴۲۰^{a}	۰/۷۲۰۰^{ab}	۹۶/۵۳^{a}	۸۲/۱۳^{b}	۵۵/۳۱^{f}
	۲ میلی مولار	۰/۱۹۲۳^{bcd}	۰/۵۷۱۳^{b}	۰/۵۹۹۷^{bc}	۹۰/۶۰^{bc}	۸۵/۲۰^{ab}	۵۶/۳۳^{f}
تنش ملایم	۰ میلی‌مولار	۰/۲۶۷۳^{ab}	۰/۶۳۶۵^{ab}	۰/۶۶۸۰^{abc}	۸۴/۲۷^{d}	۸۲/۰^{b}	۵۸/۴۸^{e}
	۱ میلی مولار	۰/۲۸۴۳^{ab}	۰/۶۶۹۰^{ab}	۰/۷۴۴۷^{a}	۹۲/۸۳^{ab}	۸۵/۶۳^{ab}	۶۰/۳۳^{d}
	۲ میلی مولار	۰/۲۹۳۰^{a}	۰/۶۴۲۰^{ab}	۰/۷۱۱۳^{ab}	۹۳/۱۷^{ab}	۸۶/۸۰^{a}	۶۲/۰۶^{c}
تنش شدید	۰ میلی‌مولار	۰/۱۵۳۳^{d}	۰/۵۶۶۰^{b}	۰/۶۴۰۳^{abc}	۸۷/۶۳^{cd}	۸۵/۱۷^{ab}	۶۳/۳۳^{b}
	۱ میلی مولار	۰/۱۶۰۷^{cd}	۰/۵۷۸۳^{b}	۰/۶۱۰۰^{bc}	۹۴/۷۳^{ab}	۸۲/۴۷^{b}	۶۴/۳۳^{b}
	۲ میلی مولار	۰/۲۴۸۰^{abc}	۰/۶۱۱۷^{ab}	۰/۶۱۵۷^{bc}	۹۵/۱۳^{ab}	۸۳/۷۷^{ab}	۶۶/۶۳^{a}

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، همزمان با اعمال تنش شدید خشکی میزان رنگدانه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدها کاهش یافت. به طوری‌که کمترین محتوای کلروفیل a و b در گیاهانی مشاهده شد که تحت تنش شدید قرار داشتند و با اسیدسالیسیلیک صفر و ۱ میلی‌مولار محلول پاشی شده بودند. اما در این گیاهان محلول پاشی با استفاده از اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار سبب افزایش میزان این رنگدانه‌های فتوسنتزی گردید. همچنین در شرایط تنش خشکی شدید، بیشترین میزان ترکیبات کاروتنوئیدی در غلظت صفر اسیدسالیسیلیک دیده شد. Misra و Sricastatva (۲۰۰۰) گزارش کردند که تنش خشکی باعث تخریب کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌شود. در اثر خشکی، تشکیل پلاستیدهای جدید کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها کاهش می‌یابد (Kafi et al., 2009). Mohsenzadeh و همکاران (۲۰۰۶)، طی گزارشی بیان کردند کاهش کلروفیل a, b و کلروفیل کل گیاه آفتابگردان در شرایط تنش، می‌تواند به علت تخریب کلروپلاست و کاهش در مقدار کلروفیل باشد. در آزمایشی بر روی گیاه بزرک، تنش خشکی منجر به کاهش قابل توجه در کل رنگدانه‌ها شد که نتیجه آن کاهش فتوسنتز گزارش گردید (Shukry, 2001).

Sinha و همکاران (۱۹۹۳)، گزارش کردند که اسیدسالیسیلیک باعث افزایش محتوای کلروفیلی و کاروتنوئیدی در گیاه ذرت گردید. همچنین غلظت‌های پایین اسیدسالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار رنگدانه‌های فتوسنتزی در سویا (Kim et al., 2007) و گندم (Iqbal and Ashraf, 2006) گردید. Ghani و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش نمودند، کاربرد سالیسیلیک اسید به قسمت‌های برگی گیاه کلزا (*Brassica napus*) میزان کلروفیل را افزایش داد. همچنین گزارش شد که تیمار بذور لوبیا چشم بلبلی با سالیسیلیک اسید موجب افزایش محتوای کلروفیل گیاهان تحت تنش خشکی شد (Pak Mehr, 2009).

با توجه به نتایج جدول ۲، در زمان اعمال تنش خشکی شدید محتوای یون سدیم کاهش یافت اما محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک سبب افزایش این یون شد. محتوای یون پتاسیم در شرایط تش خشکی شدید افزایش یافت و محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک ۱ میلی‌مولار سبب کاهش و غلظت ۲ میلی‌مولار سبب افزایش محتوای این یون شد. طبق نظر Sween و همکاران (۲۰۰۳) تحمل تنش خشکی توسط ریشه گیاهان سبب تغییر سرعت جذب مواد معدنی و گردش آنها در پیکره گیاه شده که سبب تغییر pH شیره خام می‌شود و این عامل، انباشته شدن مواد معدنی از جمله پتاسیم را به دنبال دارد. Bohnert و همکاران (۱۹۹۹) معتقد بودند که در هنگام تنش، میزان سدیم افزایش یافته و برای جلوگیری از سمیت آن، گیاه سعی در خروج یا ورود به واکوئل می‌نماید. طی تحقیقی بر روی گیاه علف‌فرشیان، تحت تنش خشکی محتوای یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر افزایش نیافتند، بلکه این یون‌ها به برگ‌ها انتقال یافته و در آنجا تجمع یافتند (Slama et al., 2006). همچنین Erdei و Taleisni (۱۹۹۳) گزارش نمودند که در اثر تنش خشکی بر میزان تجمع سدیم و پتاسیم در شاخه و ریشه سورگوم (*Sorghum biocolor*) و ذرت (*Zea mays*) افزوده می‌شود. Santos و Alejo (۱۹۹٤) نیز با بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه فلفل مشاهده نمودند که تنش رطوبتی باعث افزایش درصد جذب پتاسیم می‌شود که این امر را به دلیل تنظیم فشار اسمزی می‌دانند. برخی از دانشمندان بیان نمودند تجمع عنصر پتاسیم و کلسیم سبب افزایش مقاومت به خشکی در گیاه می‌گردد (Bouteau et al., 2001; Meloni et al., 2001).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین محتوای نسبی آب را گیاهانی داشتند که تحت تنش شدید قرار گرفته و نیز با اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار محلول پاشی شدند. در واقع محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک در این گیاهان، سبب افزایش محتوای نسبی آب شد. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های Singh و Usha (۲۰۰۳) مطابقت داشت که بیان کردند بذور گندم تیمار شده با اسیدسالیسیلیک (۳-۱ میلی مولار) محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده در شرایط عدم تنش و تنش نشان دادند. Agarwal و همکاران (۲۰۰۵) گزارش نمودند تیمار گندم با اسیدسالیسیلیک میزان محتوای نسبی آب را افزایش داد. Bandurska و Stroinski (۲۰۰۵) گزارش کردند در گیاهان جو که قبل از اعمال تنش، با اسیدسالیسیلیک تیمار شده بودند خسارت ناشی از کمبود آب در غشای سلولی برگ‌ها کاهش یافت. همچنین گزارش شده است اسیدسالیسیلیک از طریق اثر بر روی پلی‌آمین‌هایی نظیر پوترسین، اسپرمین و اسپرمیدین و همچنین ایجاد کمپلکس‌های پایدار با غشاء، باعث می‌شود تا از غشاء محافظت شود (Nemeth et al., 2002).

نتیجه‌گیری نهایی

در پژوهش فوق مشخص شد در گیاهان تحت تنش خشکی، محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک موجب افزایش رنگدانه‌های کلروفیل a, b و ترکیبات کاروتنوئیدی می‌گردد. کاهش رنگدانه‌ها در شرایط تنش می‌تواند بر فتوسنتز تاثیر گذاشته و در نهایت موجب رشد کم گیاه شود. همچنین بیشترین محتوای یون پتاسیم در گیاهانی که تحت تنش ملایم قرار داشته و با اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار محلول پاشی شدند، مشاهد گردید و بیشترین محتوای یون سدیم مربوط به گیاهانی بود که تحت تنش قرار نداشته (شاهد) و با اسیدسالیسیلیک محلول پاشی نشدند. همچنین طبق نتایج بدست آمده استفاده از اسید-سالیسیلیک در گیاهان تحت تنش شدید سبب افزایش محتوای نسبی آب شد.

منابع

Agarwal, S., Sairam, R.K., Srivastava, G.C. and Meena, R.C. (2005). Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. Biologia Plant. 49:541-550.

Anyia, A. O. and Herzog, H. (2004). Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under midseason drought. European Journal Agronomy. 20: 327-339.

Araus, J.L., Casadesus, J. and Bort, J. (2001). Recent tools for screening of physiological traits determining yield.In: Application of physiology in wheat breeding. Reynolds, M.P., J. Ortiz-Monasterio, I., and A. Mcnab. (eds.). pp: 59-77.Mexico, D. F: CIMMYT.

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23:112-121.

Bandurska, H. and Stroinski, A. (2005). The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiology Plant. 27:379-386.

Barrsu, H.D. and Weatherley, P.E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Sciences. 15:413-428.

Blum, A. (2005). The mitigation of drought stress. Retrieved from www. Plant stress.com/ articles. htm.

Bray, A.E. (1997). Plant responses to water deficit. Trends Plant Science. 2:45-54.

Bohnert, H.J., Nelson, D.E. and Jensen. R.G. (1999). Adaptation to environmental stresses. The Plant Cell. 7:1099-1111.

Borsani, O., Valpuesta, V., and Botella, M.A. (2001). Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology. 126:1024-1030.

Bouteau, F., Dauphin, A., Maarouf, H.E. and Rona, J.P. (2001). Effect of desiccation on potassium and anion currents from young root hairs: Implication on tip growth. Physiology Plant. 113: 79- 84.

Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic

www.SID.ir

Archive of SID

stresses in plant. Journal Plant Nutrition Soil Science. 168: 521-530.

Colom, M.R. and Vazzana, C. (2003). Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought sensitive weeping love grass plants. Environmental and Experimental Botany. 49: 135-144.

El-Tayeb, M.A. (2005). Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45: 215-225.

Erdei, L. and Taleisnik, E. (1993). Changes in water relation parameters under osmotic and salt stresses in maize and sorghum. Physiologia Plantarum. 89: 381- 387.

Hussein, M.M., Balbaa, L.K. and Gaballah, M.S. (2007). Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Agricultural and Biological Sciences. 3: 321-328.

Ghai, N., Setia, R.C. and Setia, N. (2002). Effects of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL 1). Phytomorphology. 52: 83-87.

Ghani, N., Setia R.C. and Setia, N. (2002). Effects of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL 1). Phytomorphol. 52: 83-87.

Groppa, M.D. and Benavides, M.P. (2008). Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids. 34:35–45.

Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil A. and Shafiq, U.R.M. (2006). Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plant under salt stress? Journal of Integrative Plant Biology. 48: 181-189.

Iqbal, M. and Ashraf, M. (2006). Wheat seed priming in relation to salt tolerance, growth, yield and level of free salicylic acid and polyamines. Annals of Botany. 43: 250-259.

Jung, S. (2004). Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. Plant Science. 166: 459-466.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. (2009). Physiology of Enviromental Stresses in Plants (translated). Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) Press, Mashhad.

Khosh Kholgh Sima, N.A. (1999). Physiological, aspects of fodder production sait- affected solids. Ph.D tesis. Hiroshima. Japen.

Kidambi, S., Matches, P.A.G. and Bolger, T.P. (1990). Mineral concentration in alfalfa and sainfoin as influenced by soil moisture level. Agronomy Journal 82: 229-236.

Kim, M.J., Lim, G.H., Kim, E.S., Ko, C.B., Yang, K.Y., Jeong, J.A., Lee, M.C. and Kim, C.S. (2007). Abiotic and biotic stresses tolerance in Arabidopsis overexpressing the multiprotein bridging factor la (MBFla) transcriptional coactivator gene. Biochemical and Biophysical Research Communications. 354:440-446.

Lee, H., León, J. and Raskin, I. (1995). Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. Proceedings of the National Academy of Science USA. 92: 4076-4079.

Ma, Q. Q., Wang, W., LI, Y. H., Li, D.Q. and Zou, Q. (2006). Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar applied glycinbetaine. Journal Plant Physiology. 163: 165-175.

Meloni, D.A., Oliva, M.A., Ruiz H.A., and Martinez. C.A. (2001). Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. Plant Nutrition. 24: 599- 612.

Misra, A. and Sricastatva, N.K. (2000). Influence of water stress on Japanese mint Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 7:51-58.

Mohsenzadeh, S., Malboobi, M.A., Razavi, K. and Farrahi-Aschtiani, S. (2006). Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to water deficit. Environmental and Experimental Botany. 56: 314-322.

Nemeth, M., Janda, T., Horvath, E., Paldi, E. and Szalai, G. (2002). Exogenous salicylic acid increase polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Science. 162:569-574.

Pak Mehr, A. (2009). Priming effect of salicylic acid on some morphological and physiological properties of cowpea under water stress. MSc thesis, Faculty of Agriculture, Zanjan University. [In Persian with English Summery].

Pessarkli, M. (1999). Hand Book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc.p 697.

Poor Akbar, L. and Nojavan Asghari, M. (2004). Effect of salicylic acid in cold resistance in radish seedlings. Journal Science Tarbiat Moallem. 4: 409-420. (In Persian).

Rampino, P., Spano, G., Pataleo, S., Mita, G., Napier, J.A., Di Fonzo, N., Shewry, P. R. and Perrotta, C. (2006). Molecular

www.SID.ir

Archive of SID

analysis of a durum wheat stay green mutant: Expression pattern of photosynthesis- related genes. Journal of Cereal Science. 43: 160-168.

Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekananda, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal Plant Physiology. 161: 1189-1202.

Santos, M.S. and Alejo, N.O. (1994). Effect of water stress on growth, osmotic potential and solute accumulation in cultivars from chili pepper. Plant Science. 96: 21- 29.

Shakirova, M.F., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., and Fatkhutdinova, D.R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science. 164: 317-322.

Shukry, W.M. (2001). Effect of soil type on growth vigour, water relations, mineral uptake and contents of fatty acids and protein of yielded seeds of *Linum usitatissimum*. Pakistan Journal of Biological Sciences. 4:1470-1478.

Sinha, S.K., Srivastava, H.S., and Tripathi, R.D. (1993). Influence of some growth regulators and cations on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in maize. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 51: 241-246.

Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Savoure, A. and Abdelly, C. (2006). Effects of water deficit on growth and prolin metabolism in *Sesuvium portulacastrum*. Environmental and Experimental Botany. 56:231-238.

Sween D.W., Long, J.H. and M.B. Kirkham. (2003). A signal irrigation to improve carly maturing soybean yeild and quality. Soil Science Society of America Journal. 67:235-240.

Shabala, S., Babourina, O. and Newman, L. (2000). Ion-specific mechanisms of osmo-regulation in bean mesophyll cells. Journal of Experimental Botany 51:1243-1253.

Singh, B. and Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation. 39: 137-141.

Szepesi, Á., Csiszár, I., Bajkán, S., Gémes, K., Horváth, F., László, E., Deér, A.K., Simon, M.L. and Tari, I. (2005). Role of salicylic acid pretreatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress. Acta Biologica Szegediensis. 49:123-125.

Yin, X. and Vyn, T.Y. (2002). Soybean responses to potassium placement and tillage alternatives fllowing no-till. Agronomy Journal. 94:1367-1374.

Zhu, X., Kandola, J. Ghahramani, Z. and Lafferty, J. (2005). Nonparametric transforms of graph kernels for semi-supervised learning. In L. K. Saul, Y. Weiss and L. Bottou (Eds.), Advances in Neural Information Processing Systems (nips) 17. Pp Cambridge, MA: MIT Press.

www.SID.ir