دوماهنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۲، شماره ۲، صفحه ۲۳۰-۲۱۶ (۱۳۹۵)

اثر سالیسیلیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تنش خشکی

فاطمه سالارپور غربا[1] و حسن فرحبخش[2*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشکده باغبانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، پژوهشکده باغبانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران، پست الکترونیک: hfarahbakhsh@yahoo.com

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۳ تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۴

چکیده

به تازگی کاربرد سالیسیلیک اسید در افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی افزایش یافته‌است. از این‌رو برای بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در شرایط تنش خشکی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان، به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح مربع لاتین با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱ اجرا شد. تنش خشکی در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان فاکتور اصلی و غلظت سالیسیلیک اسید در سه سطح (صفر، نیم و یک میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. اسپری برگی سالیسیلیک اسید در مرحله سه تا چهار برگی و قبل از اعمال تنش خشکی در دو نوبت انجام شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش تعداد چتر بارور در بوته، تعداد چترک بارور در چتر، تعداد دانه در چترک، محتوای آب نسبی، کلروفیل، کاروتنوئید و عملکرد دانه و افزایش نشت الکترولیت‌ها نسبت به شاهد شد. کاربرد سالیسیلیک اسید سبب کاهش نشت الکترولیت‌ها و افزایش صفات تعداد چتر بارور در بوته، تعداد چترک بارور در بوته، محتوای آب نسبی، کلروفیل، کاروتنوئید و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. اثر متقابل تنش خشکی × سالیسیلیک اسید بر تعداد چتر بارور در بوته، تعداد چترک بارور در بوته، محتوای آب نسبی، کاروتنوئید و عملکرد دانه معنی‌دار بود. البته افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای آب نسبی و کاهش نشت الکترولیت‌ها نشان‌دهنده کاهش خسارت اکسیداتیو و نقش سالیسیلیک اسید در افزایش تحمل رازیانه در برابر خشکی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، کاروتنوئید، کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت.

مقدمه

در محیط‌های طبیعی، گیاهان دستخوش انواع تنش‌ها می‌شوند که اثرات منفی بر رشد آنها دارند. دما، نور، آب قابل دسترس و ... ازجمله عوامل غیرزنده‌ای می‌باشند که به‌طور مؤثر بر رشد گیاهان اثر می‌گذارند. از میان این عوامل، خشکی بزرگترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است (Reddy *et al*., 2004).

ازجمله شاخص‌هایی که تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد، بازدارندگی فتوسنتزی و در نهایت کاهش تولید می‌باشد. غلظت کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل بسیار مهم در

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (Ghosh *et al*., 2004). نتایج مطالعات نشان می‌دهد در شرایط تنش کمبود آب، روزنه‌ها در گیاه بسته می‌شوند و متعاقب آن غلظت CO_2 در بافت مزوفیل کاهش می‌یابد و به‌دنبال این وضعیت واکنش‌های تاریکی فتوسنتز مختل شده و محصولات حاصل از واکنش‌های روشنایی، که شامل ATP و NADPH است، مصرف نمی‌شوند. در چنین شرایطی به علت عدم اکسید شدن مولکول NADPH، مصرف $NADP^+$ برای دریافت الکترون کاهش می‌یابد، بنابراین مولکول اکسیژن در مسیر زنجیره انتقال الکترون به‌عنوان پذیرنده جانشین الکترون عمل می‌کند و منجر به شکل‌گیری رادیکال سوپراکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH^-) می‌گردد (Ben Ahmed *et al*., 2009؛ Jubany-Mari *et al*., 2010). یکی از صدمات اکسیداتیو مهمی که در این شرایط ایجاد می‌شود تخریب مولکول کلروفیل است؛ بنابراین حفظ غلظت کلروفیل تحت تنش به ثبات فتوسنتز کمک می‌کند. کاهش مقدار کلروفیل تحت تنش خشکی در گندم (Liu *et al*., 2006) و پنبه (Massacci *et al*., 2008) گزارش شده‌است. محتوی آب نسبی برگ رابطه نزدیکی با پتانسیل آب گیاه دارد، تنش خشکی منجر به کاهش محتوی آب نسبی (RWC)، پتانسیل آب کل (ψ_w) و کاهش رشد گیاهان می‌شود (O'Neill *et al*., 2006). البته کاهش درصد آب بافت در تنش خشکی در بسیاری از گیاهان نظیر جو (Kocheva *et al*., 2005) گزارش شده‌است. درصد نشت الکترولیت میزان آسیب به غشای سلولی را نشان می‌دهد، تنش‌های غیرزنده باعث آسیب و تخریب غشاهای بیولوژیکی و افزایش نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها و غیرفعال شدن پروتئین‌های غشاء می‌شوند، که خود منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی یا میتوکندریایی و کاهش توانایی غشاء پلاسمایی در بدست آوردن آب و مواد محلول و در نتیجه مرگ سلولی می‌شود (Chinnusamy *et al*., 2004). طبق گزارش‌های موجود تنش خشکی موجب افزایش نشت الکترولیت در گیاه هویج تحت تنش شوری شده است (Eraslan *et al*., 2007).

افزایش مقاومت در گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی مانند سالیسیلیک اسید (SA)، جاسمونیک اسید و غیره آسان‌تر و ارزان‌تر است. سالیسیلیک اسید نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی ایفا می‌کند و بر رشد گیاه، جوانه‌زنی دانه، ساختار غشاء، جذب و انتقال یون، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقدار کلروفیل و گلدهی تحت این شرایط تأثیر می‌گذارد (Belkhadi *et al*., 2010). سالیسیلیک اسید توانست به‌طور معنی‌داری تأثیر مخرب کمبود آب بر روی غشای سلولی را در برگ گیاه جو (Bandurska & Stroi ski, 2005) کاهش دهد، همچنین باعث افزایش عملکرد در گیاهان گوجه و خیار (Hayat & Ahmad, 2007) و افزایش کلروفیل در گیاه جو (El-Tayeb, 2005) شود.

در سال‌های اخیر رویکردی همه جانبه برای استفاده از داروهایی با منشأ طبیعی و به‌ویژه گیاهی در جوامع مختلف جهان پدید آمده‌است. رازیانه گیاهیست از خانواده چتریان چند ساله، پایا، با ساقه‌ای راست و شیاردار و برگ‌های متناوب با بریدگی‌های عمیق و نخی‌شکل که در انتهای ساقه آن گل‌آذین چتر مرکب متشکل از گلهای کوچک زرد قرار دارد. میوه آن به‌صورت دوفندقه و تمام اندام‌های گیاه دارای اسانس است. این گیاه از مهمترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی خانواده چتریان می‌باشد، که عمدتاً به‌منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی کشت می‌شود (زرگری، ۱۳۷۶).

با توجه به اهمیت دارویی گیاه رازیانه مطالعات محدودی در مورد جنبه‌های مختلف مدیریت زراعی این گونه انجام شده است. به همین منظور، این آزمایش با هدف بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزاء عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه دارویی رازیانه انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان واقع در ۶ کیلومتری جنوب‌شرقی کرمان با عرض جغرافیایی ′۱۵ و °۳۰ شمالی و طول جغرافیایی ′۱ و °۵۷ شرقی با میانگین بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۷۴۵ متر از سطح دریا انجام شد. آب و هوای کرمان بر اساس روش آمبرژه خشک نیمه‌بیابانی می‌باشد. بافت خاک محل آزمایش از نوع لومی شنی بود. خصوصیات خاک مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک مربوط به مزرعه آزمایشی در سال ۱۳۹۱

هدایت الکتریکی	اسیدیته گل اشباع	کربن آلی	ازت کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	شن	لای	رس	HCO_3	SO_4^{2-}
(dS/m)	(Ph)	(%)		(mg/kg)		(%)			(m.e/lit)	
۳/۶	۷/۴	۰/۰۹	۰/۰۶	۱۲	۲۸۰	۷۴	۱۴	۱۲	۰/۸	۳۶

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده (split plot) در قالب طرح مربع لاتین با سه تکرار انجام شد. به‌دلیل سهولت در اجرای آزمایش و افزایش دقت در بررسی اثر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید، تنش خشکی با سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان فاکتور اصلی و غلظت سالیسیلیک اسید با سه سطح (صفر، نیم و یک میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. هر واحد آزمایشی (کرت) ۵ ردیف کاشت ۳ متری را که فاصله بین ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر و فاصله گیاهان روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود شامل می‌شد و فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور اثری روی هم نداشته باشند. بعد از انجام مراحل آماده‌سازی و ایجاد جوی و پشته، اولین آبیاری قبل از کاشت انجام شد، که پس از گاورو شدن زمین، عملیات کاشت رازیانه (توده اصفهان) در ابتدای فروردین به‌صورت دستی روی پشته‌ها در عمق ۱/۵ سانتی‌متر انجام شد و پس از استقرار گیاه در مرحله سه تا چهار برگی محلول‌پاشی اول بر روی تیمارهای مربوطه و مورد نظر اعمال شد. محلول‌پاشی دوم و اعمال تنش خشکی دو هفته بعد از محلول‌پاشی اول انجام شد. برای آبیاری واحدهای آزمایشی از لوله‌های پلی‌اتیلن همراه با کنتور حجمی استفاده شد. میزان آب مورد نیاز با استفاده از لایسیمتر کار گذاشته شده در مزرعه برحسب ظرفیت زراعی تعیین و آب مورد استفاده در هر کرت آزمایشی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$Vw = SA \times VL / SL$$

که Vw حجم آب مصرفی در هر کرت آزمایشی برحسب لیتر (برای هر بار آبیاری)، SA مساحت کرت اصلی برحسب مترمربع، VL حجم آب مصرفی در لایسیمتر (برای هر بار آبیاری) و SL مساحت لایسیمتر برحسب مترمربع است (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲).

دور آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر کلاسA براساس ۱۰۰ میلی‌لیتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA تعیین شد. در این حالت تبخیر و تعرق از حاصل‌ضرب تبخیر از تشت کلاسA در ضریب تشت (Kp) بدست می‌آید. تغییرات ضریب تشت بستگی به موقعیت قرارگیری آن و شرایط آب و هوایی دارد. البته Kp که از ۰/۴ تا ۰/۸۵ با توجه به نوع پوشش گیاهی اطراف تشت و سایر متغیرهای هواشناسی متغیر می‌باشد. بدین طریق تبخیر و تعرق تعیین و زمان رسیدن خاک به نقطه پژمردگی اولیه مشخص و دور آبیاری تعیین می‌گردد (Doorenbos & Pruitt, 1977).

در تمام فصل رشد وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. در مرحله ۵۰٪ گلدهی تعداد ۱۰ بوته به‌طور

Archive of SID
www.SID.ir

تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات مورد نظر (تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک) اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، تعدادی از برگ‌های هر گیاه (نزدیکترین برگ به اولین چتر در ساقه اصلی) جدا شد و در ورق آلومینیوم پیچیده و بسرعت درون ازت مایع منجمد شد. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت را به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و پس از آن برداشت گیاهان در سطح باقیمانده انجام شد. برای تجزیه آماری داده‌های مورد نظر از نرم‌افزار SAS و MSTAT-C استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید

برای استخراج رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئید ۰/۲ گرم از برگ‌های تازه گیاه (نزدیک‌ترین برگ به اولین چتر در ساقه اصلی) در هاون چینی که حاوی ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ بود، ساییده شدند و پس از عبور از کاغذ صافی واتمن حجم محلول به ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد، سپس ۳ میلی‌لیتر از این محلول در کووت ریخته شد و جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Visible مدل (cary-50 ساخت آلمان) در طول موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲ و۴۷۰ نانومتر خوانده شد. برای کالیبره کردن (صفر کردن) دستگاه از استون ۸۰٪ استفاده گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه و ارائه شد (Lichtenthaler, 1987).

$$Chla = ۱۲/۲۵\ A۶۶۳/۲ - ۲/۷۹\ A۶۴۶/۸$$

$$Chlb = ۲۱/۲۱\ A۶۴۶/۸ - ۵/۱\ A\ ۶۶۳/۲$$

$$ChlT = chla + chlb$$

$$Car = (۱۰۰۰A۴۷۰ - ۱/۸\ chla - ۸۵/۰۲\ chlb) / ۱۹۸$$

که در آن Chla غلظت کلروفیل a، Chlb غلظت کلروفیل b، ChlT غلظت کلروفیل کل و Car غلظت کارتنوئید می‌باشد.

سنجش محتوی آب نسبی برگ

برای اندازه‌گیری این عامل جوان‌ترین برگ تکامل‌یافته گیاه جدا و به سرعت با ترازوی دقیق آزمایشگاهی، با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن شد. سپس برگ‌های هر تیمار به‌طور جداگانه در لوله آزمایش درب‌دار حاوی آب مقطر برای مدت ۵-۴ ساعت غوطه‌ور گردیدند، آنگاه برگ‌های غوطه‌ور شده از لوله آزمایش خارج و با استفاده از کاغذ صافی خشک و دوباره توزین شده تا وزن آنها در حالت تورژسانس کامل بدست آید. برای محاسبه وزن خشک، برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد وزن شدند. محتوای آب نسبی برگ از رابطه زیر محاسبه شد، که در آن FW، وزن تر برگ، DW، وزن خشک برگ و TW وزن آماس برگ می‌باشد (Ritchie *et al*., 1990).

$$\mathrm{RWC} = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

سنجش میزان نشت الکترولیت

برای سنجش میزان آسیب به غشاء (نشت الکترولیت)، ۰/۲ گرم از بافت سالم و تازه اندام هوایی گیاه را بعد از شستشو با آب مقطر برای حذف یون‌های احتمالی از سطح گیاه، درون لوله آزمایش درب‌دار قرار داده و ۱۰ میلی‌لیتر آب یون‌گیری شده به آن اضافه شد. سپس لوله‌های آزمایش را به مدت ۲ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده و میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC1) با استفاده از ECمتر اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شده و بعد از خنک شدن محتوی لوله‌ها تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC2) دوباره اندازه‌گیری شد و با فرمول زیر درصد نشت یونی محاسبه گردید (Ben Hamed *et al*., 2007).

$$\text{نشت الکترولیت} = \frac{EC1}{EC2} \times 100$$

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه رازیانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد چتر بارور در بوته	تعداد چترک بارور در چتر	تعداد دانه در چترک	عملکرد دانه	نشت الکترولیت	محتوی نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
ردیف (R)	۲	۱/۹۳ ns	۱/۰۲ **	۱/۲۸ *	۱۸۸۸۳/۳۶ ns	۳/۰۴ ns	۴۳۸/۵۳ **	۱/۷۷ ns	۰/۳۱ *	۳/۲۵ ns	۰/۲۰ ns
ستون (C)	۲	۱/۲۹ ns	۰/۳۶ *	۰/۲۴ ns	۸۴۷/۶۸ ns	۰/۲۶ ns	۲۱/۶۰ *	۰/۰۹ ns	۰/۲۲ *	۰/۲۳ ns	۰/۲۹ ns
تنش (A)	۲	۶۳/۸۴ *	۳۳/۲۲ **	۴/۳۵ **	۳۰۵۷۸۵/۲۸ *	۱۰۵۷/۵۱ **	۲۳۳۹/۲۷ **	۶۴/۷۵ **	۲/۱۱ **	۸۸/۱۰ **	۴/۳۳ *
خطای A	۲	۱/۴۳	۰/۰۰۹	۰/۰۲	۴۵۵۷/۱۷	۱۰/۲۵	۰/۹۵	۰/۳۲	۰/۰۱	۰/۴۵	۰/۰۹
محلول (B)	۲	۵۶/۲۶ **	۳/۰۸ **	۰/۶۳ ns	۱۱۱۴۵۲/۸۸ **	۵۸۶/۸۴ **	۱۵۴/۹۱ **	۹/۶۵ **	۲/۴۶ *	۲۱/۸۷ **	۱/۱۶ **
A*B	۴	۴/۳۰ **	۱/۲۸ *	۰/۱۰ ns	۷۶۵۱/۴۹ *	۵۲/۱۷ ns	۴۲/۶۶ *	۰/۲۲ ns	۰/۲۵ ns	۰/۶۹ ns	۰/۵۱ *
خطای B	۱۲	۰/۷۴	۰/۳۸	۰/۵۳	۱۷۹۹/۶۵	۲۷/۳۹	۱۲/۰۹	۱/۳۶	۰/۴۶	۲/۹۵	۰/۱۵

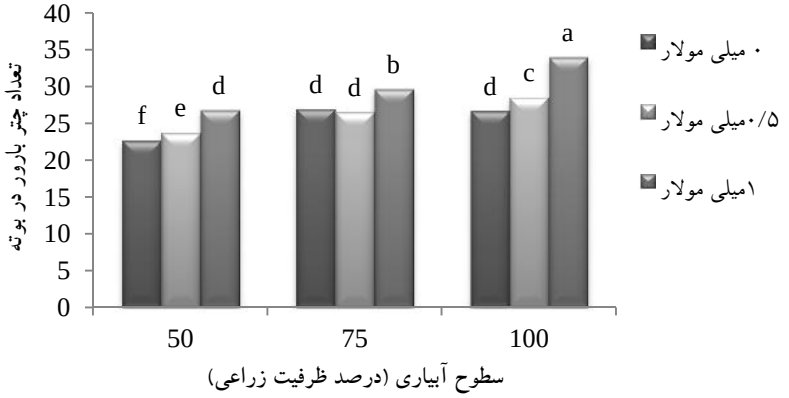
*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪، ۱٪ و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی و سطوح سالیسیلیک اسید بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه رازیانه

تیمار	تعداد چتر بارور در بوته	تعداد چترک بارور در چتر	تعداد دانه در چترک	عملکرد دانه	نشت الکترولیت	محتوی نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
				کیلوگرم در هکتار		٪		میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ		
تنش خشکی										
شاهد	۲۹/۵۹ a	۱۲/۹۸ a	۱۰/۶۹ a	۱۰۹۰/۱ a	۴۳/۸۵ b	۸۶/۲۳ a	۱۰/۷ a	۳/۸۴ a	۱۴/۶ a	۳/۶۲ a
۷۵٪ ظرفیت زراعی	۲۷/۵۲ a	۱۰/۹۰ b	۱۰/۴۱ a	۸۹۱/۱ b	۶۱/۹۵ a	۶۲/۸۹ b	۸/۱ b	۳/۰۶ b	۱۱/۲ b	۲/۷۴ b
۵۰٪ ظرفیت زراعی	۲۴/۳۱ b	۹/۱۴ c	۹/۳۷ b	۷۲۱/۸ c	۶۳/۲۳ a	۵۵/۲۹ c	۵/۴ c	۲/۹۶ b	۸/۳۷ c	۲/۲۶ b
سالیسیلیک اسید										
شاهد	۲۵/۳۰ b	۱۰/۹۶ b	۹/۸۸ a	۸۰۷/۸ c	۶۴/۰۴ a	۶۴/۵۱ b	۷/۶ b	۳/۰۰ b	۱۰/۶ b	۲/۹۸ a
۰/۵ میلی‌مولار	۲۶/۱۳ b	۱۰/۴۵ b	۱۰/۱۸ a	۸۷۱/۰ b	۵۷/۰۶ b	۶۷/۲۵ b	۷/۴ b	۲/۹۷ b	۱۰/۴ b	۲/۴۷ b
۱ میلی‌مولار	۲۹/۹۹ a	۱۱/۶۲ a	۱۰/۴۱ a	۱۰۲۴/۲ a	۴۷/۹۳ c	۷۲/۶۶ a	۹/۳ a	۳/۸۹ a	۱۳/۲ a	۳/۱۷ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های تعداد چتر بارور در بوته به روش دانکن

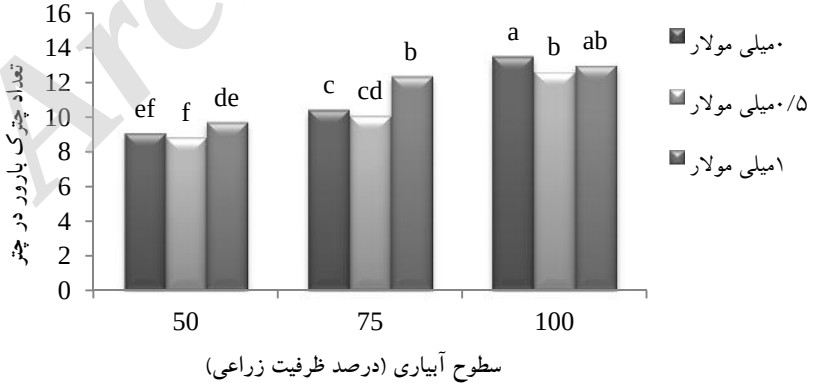
($p \leq 0.05$) در سطوح مختلف تنش خشکی و سالیسیلیک اسید

نتایج

تعداد چتر بارور در بوته

تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید، تعداد چتر بارور در بوته رازیانه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). تنش خشکی تعداد چتر بارور در بوته را در تیمارهای ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی به‌ترتیب ۷/۵٪ و ۲۱/۷٪ نسبت به گیاهان شاهد کاهش داد (جدول ۳). با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، تعداد چتر بارور در بوته افزایش یافت، به‌نحوی که این صفت در تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌ترتیب ۱۴/۷٪ و ۱۸/۵٪ نسبت به تیمارهای ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد سالیسیلیک اسید افزایش نشان داد (جدول ۳).

تعداد چتر بارور در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل دو فاکتور تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید قرارگرفت، به‌نحوی که بیشترین تعداد چتر در تیمار شاهد خشکی و غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۳۳/۸۳) و کمترین تعداد چتر در تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی و عدم استفاده از سالیسیلیک اسید (۲۲/۵۹) مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های چترک بارور در چتر بوته به روش دانکن

($p \leq 0.05$) در سطوح مختلف تنش خشکی و سالیسیلیک اسید

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد چترک بارور در چتر

تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید، تعداد چترک بارور در چتر را در گیاه رازیانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). تنش خشکی تعداد چترک بارور در چتر را در تیمارهای ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی به‌ترتیب ۱۹٪ و ۴۲٪ نسبت به گیاهان شاهد کاهش داد (جدول ۳). با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، تعداد چتر بارور در بوته نیز افزایش یافت، به‌نحوی که تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌ترتیب ۶٪ و ۱۱/۱٪ نسبت به تیمارهای ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد تعداد چتر در بوته بیشتری داشتند (جدول ۳). تعداد چترک بارور در چتر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل دو فاکتور تنش و غلظت سالیسیلیک اسید قرارگرفت، به‌نحوی که بیشترین تعداد چترک بارور در چتر در تیمار شاهد (عدم تنش) و در غلظت ۱ میلی‌مولار و عدم استفاده از سالیسیلیک اسید (۱۲/۹۳ و ۱۳/۴۶) و کمترین تعداد چترک بارور در تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی و غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد سالیسیلیک اسید (۸/۷۷ و ۹/۰۳) مشاهده شد (شکل ۲).

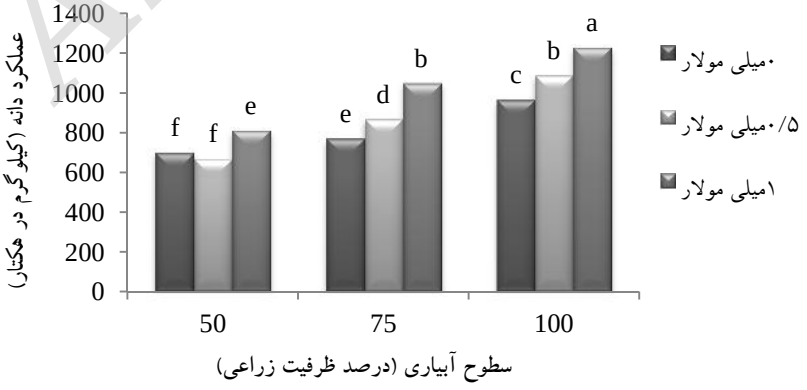
تعداد دانه در چترک

این صفت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۲). تنش خشکی ملایم (۷۵٪ ظرفیت زراعی) از تعداد دانه در چترک کاست اما این کاهش معنی‌دار نبود، در حالیکه تنش شدید (۵۰٪ ظرفیت زراعی) تعداد دانه در چترک را نسبت به شاهد ۱۴٪ کاهش داد (جدول ۳). با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید نیز بر تعداد دانه در چترک افزوده شد ولی این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۳).

عملکرد دانه

تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی، عملکرد دانه رازیانه نسبت به شاهد کاهش یافت، به‌نحوی که عملکرد دانه در تیمار شاهد، ۲۲/۳٪ و ۵۱٪ بیشتر از تیمار ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی بود (جدول ۳). با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه رازیانه افزایش یافت، به‌نحوی که عملکرد دانه در غلظت ۱ میلی‌مولار، ۱۷/۵٪ و ۲۶/۷٪ بیشتر از غلظت ۰/۵ و صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود (جدول ۳).

عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل دو فاکتور تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید قرار گرفت، به‌نحوی که بیشترین عملکرد دانه از تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (شاهد) و غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱۲۲۳/۴۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد و کمترین عملکرد دانه از تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی و در غلظت‌های ۰/۵ و صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۶۶۴/۷ و ۶۹۴/۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه بوته به روش دانکن

($p \leq 0.05$) در سطوح مختلف تنش خشکی و سالیسیلیک اسید

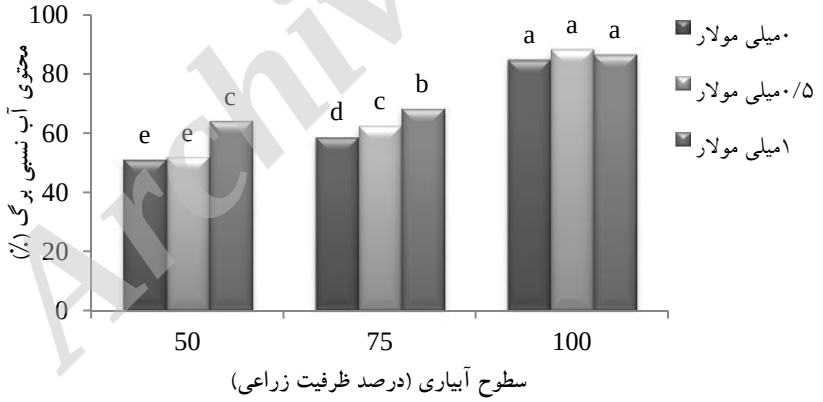
Archive of SID
www.SID.ir

نشت الکترولیت‌ها

همچنین نتایج بدست آمده بیانگر آن بود که تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید، نشت الکترولیت‌ها را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت، به‌نحوی که کمترین میزان آن در تیمار شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) دیده شد. تیمارهای ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی نسبت به شاهد به‌ترتیب ۴۱/۲٪ و ۴۴/۱٪ نشت الکترولیت بیشتری داشتند (جدول ۳). در مورد اثر سالیسیلیک اسید بر نشت الکترولیت نیز تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف سالیسیلیک اسید دیده شد، به‌نحوی که غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید ۱۹٪ و ۳۳/۶٪ نشت الکترولیت را نسبت به تیمار نیم میلی‌مولار و شاهد سالیسیلیک اسید کاهش داد (جدول ۳).

محتوی آب نسبی (RWC)

تنش خشکی و سالیسیلیک اسید محتوی آب نسبی برگ گیاه رازیانه را به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱٪) تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی محتوی آب نسبی برگ نسبت به شاهد کاهش معنی داری یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان محتوی رطوبت در تیمار شاهد مشاهده گردید که به‌ترتیب ۳۷/۱٪ و ۵۵/۹٪ بیشتر از تیمارهای ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی بود (جدول ۳). با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید محتوی آب نسبی نسبت به شاهد افزایش یافت، به‌نحوی که تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌ترتیب ۸٪ و ۱۲/۶٪ بیشتر از تیمارهای ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد سالیسیلیک اسید بود (جدول ۳). محتوی آب نسبی برگ تحت تأثیر اثر متقابل دو فاکتور تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری را نشان داد، به‌نحوی که بیشترین محتوی آب نسبی برگ در تیمار (شاهد) ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و در غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (۸۶/۲۲٪، ۸۷/۹۳٪ و ۸۴/۵۴٪) مشاهده شد و کمترین میزان محتوی آب نسبی برگ در تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی و در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد سالیسیلیک اسید (۵۱/۵۶٪ و ۵۰/۵۸٪) مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های محتوی آب نسبی برگ بوته به روش دانکن

($p \leq 0.05$) در سطوح مختلف تنش خشکی و سالیسیلیک اسید

رنگیزه‌های فتوسنتزی

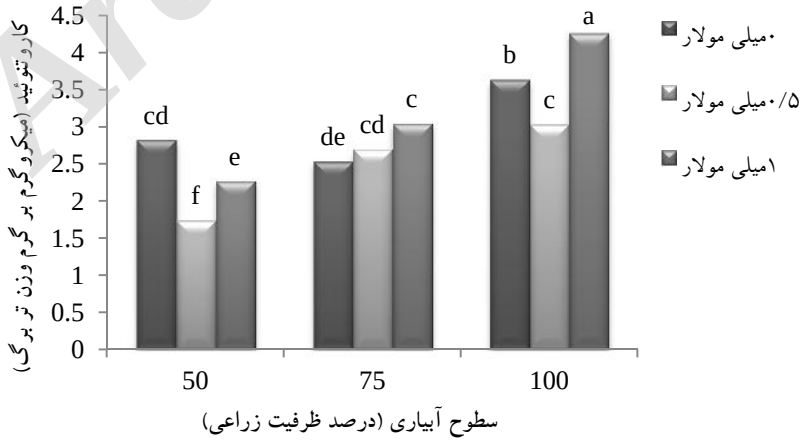
تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی ازجمله کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل (a+b) نشان دادند (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل a کاهش یافت، به‌نحوی که بیشترین میزان در تیمار شاهد مشاهده شد.

Archive of SID
www.SID.ir

تنش شدید خشکی (۵۰٪ ظرفیت زراعی) میزان کلروفیل a را نسبت به شاهد، تقریبا به نصف کاهش داد. کلروفیل b نیز تحت تنش خشکی کاهش یافت، به‌طوری که تیمارهای ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی به‌ترتیب ۲۵/۴٪ و ۲۹/۷٪ نسبت به شاهد کاهش نشان دادند. با افزایش تنش خشکی، از میزان کلروفیل کل (a+b) نیز در گیاهان مورد آزمایش کاسته شد، به‌طوری که میزان کلروفیل کل (a+b) در تیمار شاهد نسبت به تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی ۷۴/۶٪ کاهش یافت (جدول ۳). با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید افزایش معنی‌داری در کلرفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل (a+b) مشاهده شد، به‌نحوی که بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل (a+b) را گیاهان تحت تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید داشتند، که به‌ترتیب ۲۵/۱٪، ۳۰/۹٪ و ۲۶/۷٪ نسبت به تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید افزایش نشان دادند (بین تیمارهای ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری وجود نداشت) (جدول ۳).

کاروتنوئید

تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید، میزان کاروتنوئید را در گیاه رازیانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی از میزان کاروتنوئیدها کاسته شد، به‌نحوی که تیمار شاهد ۳۲/۱٪ و ۶۰/۱٪ بیشتر از تیمارهای ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی بود (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دارای تفاوت معنی‌داری با تیمارهای صفر (شاهد) و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود، به‌نحوی که تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید کمترین میزان کاروتنوئید و تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین میزان کاروتنوئید را با ۲۸/۳٪ افزایش نشان داد (جدول ۳). میزان کاروتنوئید به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل دو فاکتور تنش خشکی و غلظت سالیسیلیک اسید قرارگرفت، به‌نحوی که بیشترین میزان کاروتنوئید برگ در تیمار شاهد و غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۴/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین میزان کاروتنوئید در تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی و غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱/۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های کاروتنوئید برگ بوته به روش دانکن

($p \leq 0.05$) در سطوح مختلف تنش خشکی و سالیسیلیک اسید

Archive of SID
www.SID.ir

بحث

گزارش‌های متعددی در زمینه اثر تنش خشکی بر رشد گیاهان موجود می‌باشد که همگی اثرات تخریبی تنش آبی را روی بسیاری از فرایندهای رشد تأیید می‌کند. فراهمی رطوبت قابل دسترس سبب افزایش توسعه کانوپی گیاه شده، در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه می‌شود که منجر به افزایش اجزای عملکرد در گیاه می‌گردد، همان‌طور که مشاهده شد تعداد چتر بارور در بوته و تعداد چترک بارور در چتر در تیمار بدون تنش و بالاترین غلظت سالیسیلیک اسید افزایش چشمگیری داشتند. محققان نشان دادند که آبیاری اثر معنی‌داری بر رشد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه (Mirshekari & Farahvash, 2012؛ کوچکی و همکاران، ۱۳۸۵) داشت، به‌طوری که با افزایش فواصل آبیاری تعداد چتر در بوته و تعداد چترک بارور در چتر کاهش معنی‌داری یافت. سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک ماده شبه هورمونی شناخته شده‌است، بنابراین به‌نظر می‌رسد این ماده با تأثیر بر مریستم‌های رویشی و زایشی موجب افزایش تعداد چترها می‌گردد. Khan و همکاران (۲۰۱۰) در محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر روی ماش تحت تنش شوری متوجه شدند که سالیسیلیک اسید تعداد غلاف در بوته را افزایش داد.

تعداد دانه در چترک تحت تنش خشکی کاهش معنی‌داری یافت، به‌طوری که به نظر می‌رسد عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر، یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در چترک در شرایط تنش خشکی باشد، به‌نحوی که کاهش تعداد دانه در چترک در نهایت منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود. کاهش تعداد دانه تحت تنش خشکی در بلال ذرت (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2010) و تحت تنش شوری در غلاف ماش (Khan *et al*., 2010) گزارش شده‌است.

به‌طور کلی افزایش سطوح تنش خشکی عوامل رشد گیاه رازیانه و در نتیجه عملکرد دانه را کاهش داد، این مسئله احتمالاً نتیجه اختلال در فتوسنتز، تعرق و فرایندهای متابولیکی گیاه است که در نهایت کاهش عملکرد دانه را به‌دنبال دارد. تنش خشکی از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه ذرت شد (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2010). کاهش عملکرد دانه، در اثر تنش خشکی در گیاه گندم نیز گزارش شده‌است (Pierre *et al*., 2008). بنابراین به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید با تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در طی حیات گیاه در مواجه با تنش‌های زنده و غیرزنده، باعث افزایش قابل توجهی در عملکرد و اجزا عملکرد گیاه شده است. سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و رشد گیاه در شرایط تنش، اثر مثبت دارد و در واقع از طریق توسعه واکنش‌های ضدتنشی، نظیر افزایش تجمع پرولین، باعث تسریع در بهبود رشد پس از رفع تنش می‌شود (Shakirova *et al*., 2003). البته افزایش عملکرد در گوجه، خیار (Hayat & Ahmad, 2007) و گندم (Shakirova *et al*., 2003) نیز تحت تیمار سالیسیلیک اسید گزارش شده‌است.

درصد نشت الکترولیت میزان آسیب به غشای سلولی را نشان می‌دهد و همان‌طور که مشاهده شد در شرایط تنش خشکی محتویات بیشتری از سلول در اثر تخریب غشاء به بیرون تراوش می‌کنند و احتمالاً تغییراتی که در ساختار غشای سلول در اثر تغییر چربی‌ها و تغییرات دیگر ایجاد می‌شود، سبب افزایش نفوذپذیری غشاء نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها می‌گردد. تنش خشکی باعث آسیب و تخریب غشاهای بیولوژیکی و افزایش نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها و غیرفعال شدن پروتئین‌های غشاء می‌شود، که خود منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی یا میتوکندریایی و کاهش توانایی غشای پلاسمایی در بدست آوردن آب و مواد محلول و در نتیجه مرگ سلول می‌شود (Chinnusamy *et al*., 2004). تخریب غشای سلولی در شرایط تنش خشکی به‌دلیل تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) در زعفران (Sabet Teimouri *et al*., 2009) و گندم (Beltrano & Ronco, 2008) گزارش شده‌است. کاهش خسارت غشاء در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید که به‌عنوان راهی برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان شناخته

Archive of SID
www.SID.ir

شده‌است، ممکن است با تولید آنتی‌اکسیدان برای کاهش خسارت اکسید شدن همراه باشد. سالیسیلیک اسید توانست به‌طور معنی‌داری نشت یونی و تجمع یون‌های سمّی را در گیاه ذرت (Krantev *et al*., 2008) و تأثیر مخرب کمبود آب بر روی غشای سلولی را در برگ گیاه گندم (Agarwal *et al*., 2005) کاهش دهد.

محتوی آب نسبی برگ بالاتر به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتری از آب در شرایط تنش است که ممکن است از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب آب حاصل شود. بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش محتوی آب نسبی برگ مشاهده شده در اثر تنش خشکی از یک طرف به‌دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعرق آب از طریق برگ‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌های برگ و کاهش فتوسنتز می‌گردد. بسیاری از محققان معتقدند که کاهش میزان محتوی رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی مربوط به انسداد روزنه‌ها می‌باشد و علت انسداد روزنه‌ها را تجمع هورمون آبسزیک اسید می‌دانند، به‌طوری که این هورمون در شرایط تنش خشکی در ریشه ساخته شده و در سلول‌های روزنه‌ای تجمع می‌یابد (Liu & Huang, 2000). مشابه نتایج بدست آمده از این آزمایش، کاهش درصد آب بافت در تنش خشکی در بسیاری از گیاهان نظیر گندم (Lei *et al*., 2007) و زعفران (Sabet Teimouri *et al*., 2009) گزارش شده‌است. طبق بررسی‌های انجام شده سالیسیلیک اسید درصد آب بافت را در گیاه گندم در شرایط تنش خشکی افزایش داد (Agarwal *et al*., 2005).

کارایی ضعیف برگ‌ها در انجام فتوسنتز تحت تنش خشکی می‌تواند موجب تشدید صدمات تنش شود. از این‌رو به نظر می‌رسد تخریب کلروفیل‌ها به‌وسیله اکسیژن‌های فعال تولید شده تحت تنش خشکی از مهمترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها می‌باشد. گزارش شده‌است که کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی و شوری می‌تواند عمدتاً به‌دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آنها با اکسیژن یکتایی، تخریب پیش‌ماده سنتز کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل ازجمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی باشد (El-Tayeb, 2005). در مطالعات گذشته گزارش شده‌است که تنش خشکی مقدار کلروفیل را در گلرنگ (Jaleel *et al*., 2008) و نخود (Mafakheri *et al*., 2010) کاهش داده‌است. احتمالاً سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای کلروفیل و بیوسنتز آن در گیاهان تحت تنش‌های محیطی شده و تقریباً بر بیشتر واکنش‌های متابولیسمی گیاه تأثیر گذاشته و موجب تغییراتی در آنها می‌شود که این تغییرات اغلب به‌صورت سازش‌هایی است که تحمل و سازگاری گیاهان را در مقابل عوامل محیطی افزایش می‌دهد. سالیسیلیک اسید با توجه به غلظت، زمان و گیاه مورد استفاده دارای اثرات دوگانه‌ای می‌باشد که یا می‌تواند با افزایش گونه‌های فعال اکسیژن موجب تخریب پروتئین‌های کلروپلاستی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاهای تیلاکوئیدی شده، در نتیجه سبب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی گردد یا در غلظت‌های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل (Belkhadi *et al*., 2010)، افزایش توان آنتی‌اکسیدانی سلول و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت کند (Popova *et al*., 2003). مطالعات انجام شده بر گیاه ذرت نیز نشان داده‌است که کاربرد سالیسیلیک اسید سبب تحریک رشد در این گیاهان می‌شود و مهار رشد القاء شده از طریق تنش‌های غیرزیستی (تنش کم آبی، شوری، سرما، فلز سنگین و غیره) در گونه‌های مختلف ذرت را خنثی می‌کند (Belkhadi *et al*., 2010). کاربرد سالیسیلیک اسید در ذرت (El-Khallal *et al*., 2009؛ Belkhadi *et al*., 2010) و گندم (Agarwal *et al*., 2005) موجب افزایش مقدار کلروفیل شد.

کاروتنوئیدها معمولاً دارای نقشی عملکردی در خاموش کردن اکسیژن یکتایی و جاروب کردن رادیکال‌های آزاد دارند که به‌دلیل توانایی آنها در انتقال انرژی در فتوسنتز و نقش حفاظت نوری آنهاست. کاهش مشاهده شده در مقدار کاروتنوئیدهای تحت تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل تبدیل

Archive of SID
www.SID.ir

کاروتنوئیدها به آبسزیک اسید باشد و سالیسیلیک اسید با اثر بر روی هورمون آبسزیک اسید بسیاری از روندهای فیزیولوژیک رشد گیاه را تنظیم می‌کند و تجمع این هورمون در گیاه باعث خوگیری گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود. گزارش شده‌است کاروتنوئیدها انرژی زیادی را از فتوسیستم I و II به‌صورت گرما یا واکنش‌های شیمیایی بی‌ضرر دفع کرده و می‌توانند غشاهای کلروپلاستی را حفظ کنند (Koyro, 2006). در طول تنش خشکی، میزان کاروتنوئید کاهش یافته و نتوانسته است نقش حفاظتی خود را ایفا کند. کاهش محتوای کاروتنوئیدها می‌تواند به‌دلیل اکسید شدن آنها توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آنها باشد. نتایج مشابهی روی گیاهان زیتون (Ben Ahmed *et al*., 2009) و *Erythrina variegate* (Manoharan *et al*., 2010) هم بدست آمده که حکایت از کاهش این رنگیزه در اثر تنش خشکی دارد. القای سنتز کاروتنوئیدها در شرایط تنش توسط سالیسیلیک اسید می‌تواند به‌دلیل نقش حفاظتی آنها در تشکیلات فتوسنتزی باشد، زیرا این رنگیزه‌ها مسئول خاموش کردن اکسیژن یکتایی و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها و در نهایت کاهش تنش اکسیداتیو می‌باشند (Koyro, 2006). در یک بررسی محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی بابونه ازجمله کاروتنوئیدها، موجب کاهش مقدار پراکسیداسیون لیپیدها و مقدار H_2O_2 و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری کرده‌است (Costa *et al*., 2005). سالیسیلیک اسید همچنین در گیاه جو (El-Tayeb, 2005) و گندم (Iqbal & Ashraf, 2006) موجب افزایش کاروتنوئید شد.

منابع مورد استفاده

- زرگری، ع.، ۱۳۷۶. گیاهان دارویی (جلد ۴). انتشارات دانشگاه تهران، ۹۲۳ صفحه.
- کشاورز، ل.، فرحبخش، ح. و گلکار، پ.، ۱۳۹۲. اثر هیدروژل و رژیم‌های آبیاری بر میزان کلروفیل، نیتروژن و بعضی شاخص‌های رشد و عملکرد ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum glaucum* L.). تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۳(۹): ۱۶۱-۱۴۷.
- کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و عزیزی، گ.، ۱۳۸۵. اثر فواصل آبیاری و تراکم بر عملکرد دو توده بومی رازیانه. پژوهش‌های زراعی، ۴(۱): ۱۴۰-۱۳۱.
- 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(4): 541-550.
- Bandurska, H. and Stroi ski, A., 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiology Plant, 27(3): 379-386.
- Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and Djebali, W., 2010. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73(5): 1004-1011.
- Beltrano, J. and Ronco, M.G., 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability Brazilian. Journal of Plant Physiology, 20(1): 29-37.
- Ben Ahmed, Ch., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhris, M. and Ben Abdallah, F., 2009. Changes characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and waterdeficit stress. Agricultural Sciences in China, 8: 51-58.
- Ben Hamed, K., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A. and Abdelly, C., 2007. Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions a comparison of leaf and root antioxidant responses. Plant Growth Regulation, 53(3): 185-194.
- Chinnusamy, V., Xiong, L. and Zhu, J.K., 2004. Use of genetic engineering and molecular biology approaches for crop improvement for stress environments: 47-107. In: Ashraf, M. and Harris, P.J.C., (Eds.). Abiotic Stress: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches. Food Products Press, 725p.
- Costa, M.L., Civello, P.M., Chaves, A.R., and Martinez, G.A., 2005. Effects of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. Post harvest Biology and Technology, 35(2): 191-199.

Archive of SID
www.SID.ir

- Koyro, H.W., 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). Environmental and Experimental Botany, 56(2): 136-149.
- Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L., 2008. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. Journal of Plant Physiology, 165(9): 920-931.
- Lei, Y., Yin, C., Ren, J. and Li, C., 2007. Effect of osmotic stress and sodium nitroprusside pretreatment on proline metabolism of wheat seedlings. Biologia Plantarum, 51(2): 386-390.
- Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.
- Liu, W.J., Yuan, S., Zhang, N.H., Lei, T., Duan, H.G., Liang, H.G. and Lin, H.H., 2006. Effect of water stress on photosystem II in to wheat cultivars. Biologia Plantarum, 50(4): 597-602.
- Liu, X. and Huang, B., 2000. Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping bentgrass. Crop Science Society of America, 40(2): 503-510.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. and Sohrabi, Y., 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science, 4(8): 580-585.
- Manoharan, P.T., Shanmugaiah, V., Balasubramanian, N., Gomathinayagam, S., Mahaveer, P., Sharma, K. and Muthuchelian, K., 2010. Influence of AM fungi on the growth and physiological status of *Erythrina variegata* Linn. grown under different water stress conditions. European Journal of Soil Biology, 46(2): 151-156.
- Massacci, A., Nabiev, S.M., Pietrosanti, L., Nematov, S.K., Chernikova, T.N., Thor, K. and Leipner, J., 2008. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. Plant Physiology and Biochemistry, 46(2): 189-195.
- Mirshekari, B. and Farahvash, F., 2012. Management of irrigation and nitrogen fertilizing in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) as a medicinal plant under semi-arid conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(4): 541-550.
- O'Neill, P.M., Shanahan. J.F. and Schepers, J.S., 2006. Use of chlorophyll fluorescence assessments to
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O., 1977. Crop water requeriments. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, Rome.
- El-Khallal, S.M., Hathout, T.A., Ashour, A.E.A. and Kerrit, A.A.A., 2009. Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical activities and productivity of maize plants grown under salt stress. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(4): 380-390.
- El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45(3): 215-225.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M., 2007. Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae, 113(2): 120-128.
- Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K. and Hati, K.M., 2004. Comprative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology, 95: 85-93.
- Hayat, S. and Ahmad, A., 2007. Salicylic Acid: A Plant Hormone. Springer Publication, 401p.
- 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(4): 250-259.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M.A., Gomathinayagam, M. and Panneerselvam, R., 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 61(2): 298-303.
- Jubany-Marí, T., Munné-Bosch, S. and Alegre, L., 2010. Redox regulation of water stress responses in field-grown plants. Role of hydrogen peroxide and ascorbate. Plant Physiology and Biochemistry, 48(5): 351-358.
- Khan, N.A., Syeed, S., Masood, A., Nazar, A. and Iqbal, N., 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. International Journal of Plant Biology, 1: 1-8.
- Kocheva, K.V., Busheva, M.C., Goorgegiev, G.I., Lambrev, P.H. and Goltsev, V.N., 2005. Influence of short-term osmotic stress on the photosynthetic activity of barley seedlings. Biologia Plantarum, 49: 145-148.

Archive of SID

www.SID.ir

- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekananda, M., 2004. Droughtinduced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology, 161(11): 1189-1202.
- Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Haloday, A.S., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science Society of America, 30: 105-111.
- Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, Z. and Orooji, K., 2009. Investigation of drought stress levels on leafchlorophyll content in saffron. 3th International Symposium on Saffron Biology and Technology, Kozani, Greece, 20-24 May: 333.
- Shakirova, F.M., Shakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and Fatkhutdinova, D.R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seeding induced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164(3): 317-322.
differentiate corn hybrid response to variable water conditions. Crop Science Society of America, 46(2): 681-687.
- Pierre, C.S., Petersona, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larsona. M. and Hoefera, B., 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. Agronomy Journal, 100: 414-420.
- Pirasteh-Anosheh, H., Moradi, R., Saed, A. and Emam, Y., 2010. Investigation of drought stress in different stages on yield and yield components of four maize hybrids. 1st International Conference on Water Resources, Shahrood, Iran, 61, http://www.civilica.com.
- Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Geovgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Z., 2003. Salicylic acid and methyl jasmonateinduced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology (Special issue), 133-152.

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of salicylic acid on some physiological traits, yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress

F. Salarpour[1] and H. Farahbakhsh[2*]

1- MSc. Student, Horticulture Research Institute, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2*- Corresponding author, Horticulture Research Institute, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
E-mail: hfarahbakhsh@yahoo.com

Received: October 2014 Revised: May 2015 Accepted: May 2015

Abstract

Recently, the application of SA has increased to improve plants' resistance to stresses such as drought. Hence to investigate SA effects on morphophysiological characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress, a split plot experiment based on latin square design with three replications was carried out at the research farm of Shahid Bahonar University of Kerman in 2012. Three levels of drought stress (50, 75 and 100% of field capacity) and three concentrations of SA (0, 0.5 and 1mM) were considered as main and sub-plot treatments, respectively. Foliar application of SA was performed at 3-to 4-leaf growth stage and before application of drought stress. Results showed that the drought stress reduced the number of fertile umbel/plant, the number of fertile umbellate/umbel, the number of grains/umbellate, relative water content, chlorophyll, carotenoids and grain yield, while increased electrolyte leakage when compared with control. Salicylic acid reduced electrolyte leakage, while increased the number of fertile umbel/plant, the number of fertile umbellate/umbel, the number of grains/umbellate, RWC, chlorophyll, carotenoids and grain yield when compared to control (No SA application). Interaction of drought stress × SA on the number of fertile umbel/plant, the number of fertile umbellate/umbel, RWC, carotenoids and grain yield was significant. Increasing photosynthetic pigments, RWC and decreasing electrolyte leakage indicates a reduction in oxidative damage and implies SA role in tolerance of fennel to drought stress.

Keywords: Grain yield, carotenoids, chlorophyll, relative water content, electrolyte leakage.

Archive of SID

www.SID.ir