



تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانه‌های خیار (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) تحت شرایط تنش خشکی

* حسن بیات^۱، حسین مردانی^۱، حسین آرویی^۲ و یحیی سلاح‌ورزی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه علوم باغبانی،

^۲ دانشگاه فردوسی مشهد، ^۳ دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۲۶

چکیده

سالیسیلیک اسید یکی از هورمون‌هایی است که کاربرد آن در مقاومت به تنش‌هایی هم‌چون خشکی افزایش یافته است. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانه‌های خیار تحت شرایط تنش خشکی بود. به این منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی شامل ۴ سطح سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰ (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌مولار و دو سطح تنش خشکی، آبیاری روزانه (شاهد) و قطع آبیاری به مدت ۶ روز با ۳ تکرار انجام شد. روش کاربرد سالیسیلیک اسید به صورت خیساندن بذری و به مدت ۲۴ ساعت بود. تنش خشکی نیز در مرحله ۳-۴ برگی بر روی گیاهان اعمال شد. نتایج این آزمایش نشان داد که سالیسیلیک اسید میزان شاخص کلروفیل و سطح برگ را به ترتیب ۲۷ و ۱۳۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در مقابل هدایت روزنه‌ای و نشت یونی با کاربرد سالیسیلیک اسید کاهش پیدا کردند. قطر ساقه، ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک شاخساره و ریشه و بیوماس با کاربرد سالیسیلیک اسید به ترتیب ۳۱، ۶۵، ۶۰، ۱۰۰، ۱۸۰ و ۹۶ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کردند. تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک شاخساره تحت شرایط تنش خشکی کاهش، و با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش یافتند. اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر صفات شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، قطر ساقه، ارتفاع، وزن خشک ریشه و بیوماس در هیچ‌یک از سطوح آماری معنی‌دار نشد.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، نشت الکتروولیت، هدایت روزنه‌ای، تنش خشکی

* مسئول مکاتبه: hassanbayat55@gmail.com

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید محصول در سراسر دنیا به‌شمار می‌آید. این تنش از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد که شدت خسارت خشکی بستگی به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است. این تنش باعث کاهش فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، بیوماس، رشد و در نهایت عملکرد گیاه می‌شود (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۹؛ بات و سرینیواسا راو، ۲۰۰۵؛ اومن و همکاران، ۱۹۹۹؛ دیو و همکاران، ۱۹۹۸). اولین بخش از سلول که در برابر تنش خشکی آسیب می‌بیند، غشاء سلول است که از بین رفتن یک پارچگی آن منجر به افزایش نشت الکترولیت می‌شود (اینز و مونتگو، ۱۹۹۵).

خیار یکی از سبزیجات مهم و پرمصرف در جهان به‌شمار می‌آید که از محبوبیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. گیاهان خانواده کدوئیان مانند خیار به‌دلیل رشد سریع به‌خصوص در مراحل اولیه رشد (گیاهچه‌ای) و داشتن برگ‌های بزرگ و سیستم ریشه‌ای سطحی به مقدار زیادی آب برای رشد و نمو نیاز دارند (کورکماز و همکاران، ۲۰۰۷). این عوامل باعث شده که خیار جزو گیاهان حساس به خشکی محسوب شده و کاهش مقدار رطوبتی خاک باعث کاهش عملکرد و کیفیت خیار شود (ماو و همکاران، ۲۰۰۳).

سالیسیلیک اسید یکی از مولکول‌های سیگنال‌دهنده مهم است که باعث عکس‌العمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. این ماده همانند یک آنتی‌اکسیدانت غیرآنزیمی نقش مهمی را در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاه ایفا می‌کند (عرفان، ۲۰۰۷). علاوه بر این سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان در مقاومت اکتسابی سیستمیک شناخته می‌شود (راسکین، ۱۹۹۲). این ماده در واکنش‌های دفاعی گیاه به تنش‌های غیرزنده هم‌چون خشکی، سرما و گرما مشارکت می‌کند (یووان و لین، ۲۰۰۸). مکانیسم عمل سالیسیلیک اسید در برابر تنش‌ها به نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال^۱ در گیاه برمی‌گردد (خان و همکاران، ۲۰۰۳؛ شی و زو، ۲۰۰۸). سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی، گیاه را از صدمات به‌دست آمده از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند. همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید میزان پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین را در گیاه افزایش می‌دهد که می‌تواند به یک‌پارچگی و حفظ غشا تحت شرایط تنش خشکی کمک کند (نمت و همکاران، ۲۰۰۲).

1- Reactive Oxygen Species

کورکماز و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که استفاده از استیل سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰/۱-۱ میلی‌مولار به‌صورت خیساندن بذری و اسپری برگی بر روی دانه‌های خربزه اثرات تنش خشکی را در این گیاه کاهش می‌دهد. استفاده از سالیسیلیک اسید به‌صورت اسپری برگی بر روی برگ‌های خیار (یلدیریم و همکاران، ۲۰۰۸) و ذرت (خوداری، ۲۰۰۴) میزان وزن تر شاخساره و ریشه، وزن خشک شاخساره و ریشه، قطر ساقه و تعداد برگ را تحت تنش شوری نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین میزان هدایت روزنه‌ای با کاربرد سالیسیلیک اسید به‌صورت اسپری برگی در برگ‌های لوبیا کاهش یافت (لارکیو ساوردا، ۱۹۷۸). علاوه بر این سامیا و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که کاربرد خارجی سالیسیلیک با غلظت ۰/۱۵ پی‌پی‌ام بر روی گیاه ذرت شدت تنش‌های اکسیداتیو را در گیاهان تحت تنش شوری به‌طور قابل‌توجهی تقلیل می‌دهد. همچنین استفاده از سالیسیلیک اسید به‌صورت کاربرد بذری در گیاهان گوجه‌فرنگی و لوبیا میزان مقاومت به تنش‌هایی هم‌چون گرما، خشکی و سرما را افزایش داد (سنارانتا و همکاران، ۱۹۹۹). اثبات شده است که سالیسیلیک به همراه سایر تنظیم‌کننده‌های رشد (جاسمونات‌ها، برازینواستروئیدها و پلی‌آمین‌ها) در فرآیند پیری برگ گیاهان چندساله نقش دارند (آبریو و سرجی، ۲۰۰۷). فاروق و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام بر روی بذرهای برنج در شرایط تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی^۱ توانست عملکرد این گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. همچنین استفاده از سالیسیلیک اسید در گیاه گندم میزان فتوسنتز (هامادا و الحکیمی، ۲۰۰۱) پروتئین و قند شاخساره و ریشه (محمد و احمد، ۲۰۱۰) و کلروفیل برگ (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳) را تحت شرایط تنش خشکی افزایش داد. علاوه بر این کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان رشد شاخساره گیاهان جو (پانچوا و همکاران، ۱۹۹۶)، گندم (شاکیروا، ۲۰۰۷) و ریشه (گوتیرز کرودانو و همکاران، ۱۹۹۸) شده و میزان تجمع لیگنین در دیواره سلولی را افزایش می‌دهد (الحکیمی، ۲۰۰۸). از این‌رو هدف از این آزمایش بررسی تأثیر کاربرد بذری سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانه‌های خیار تحت شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمار سالیسیلیک اسید: این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار سال ۱۳۸۹ انجام شد. در ابتدا بذرهای خیار رقم سوپر دامینوس^۲ به‌مدت

1- Field Capacity
2- Super Dominus

۲۴ ساعت در بین دو لایه کاغذ صافی در داخل محلول‌های سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰ (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌مولار غوطه‌ور شدند. سپس بذرهای تیمار شده در داخل گلدان‌هایی با قطر دهانه ۸ و در عمق ۱/۵ سانتی‌متری بستر کشت شدند. بستر مورد استفاده برای این آزمایش شامل ۳ قسمت کوکوپیت و ۱ قسمت پرلایت بود. پس از ظهور اولین برگ حقیقی گیاهان با محلول هوگلند و در طی دو مرحله و به صورت هفتگی تغذیه شدند. گلدان‌ها در داخل گلخانه‌ای با درجه حرارت روز به شب ۲۵ به ۱۸ درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۸۵ میلی‌مولار بر مترمربع بر ثانیه و رطوبت نسبی ۶۵ درصد قرار گرفتند.

تنش خشکی: پس از این‌که گیاهان به مرحله ۴-۳ برگی (۴ هفته پس از کاشت) رسیدند تنش خشکی بر روی آن‌ها اعمال شد. قبل از اعمال تیمار تنش گلدان‌ها به‌طور کامل آبیاری شدند. تیمارهای خشکی شامل دو سطح آبیاری روزانه یا شاهد (C) و قطع آبیاری به‌مدت ۶ روز (D-۶) بود که گیاهان به‌مدت ۶ روز تحت تنش خشکی قرار گرفتند.

صفات اندازه‌گیری شده: قطر ساقه از قسمت طوقه و با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. شاخص کلروفیل نیز با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج^۱ و در برگ‌های جوان توسعه‌یافته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح‌برگ‌سنج^۲ استفاده شد. از برگ‌های تازه بالغ شده برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای به‌وسیله دستگاه پرومتر^۳ استفاده شد که زمان اندازه‌گیری بین ساعات ۱۰-۱۲ صبح و دمای سطح برگ ۲۳ سانتی‌گراد بود. ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن خشک ریشه و شاخساره در پایان آزمایش اندازه‌گیری و ثبت شدند. برای محاسبه میزان نشت یونی ابتدا ۲ قطعه ۱ سانتی‌متری از برگ (قسمت میانی برگ‌های تازه بالغ شده) داخل ویال‌هایی دارای ۲۵ سی‌سی آب دیونیزه قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه روی شیکر قرار گرفتند و پس از آن هدایت الکتریکی اولیه^۴ آن‌ها توسط EC متر دیجیتالی^۵ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شدند و بعد از ۱۲ ساعت هدایت الکتریکی کل^۶ آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی از رابطه ۱ محاسبه شد (لوتس و همکاران، ۱۹۹۶).

- 1- SPAD 502, Minolta, Japan
- 2- Li-Cor, Model Li-1300, USA
- 3- Leaf Prometer, Model SC-1, Decagon Devices
- 4- EC₁
- 5- Metrom 8644
- 6- EC₂

$$EL = EC_1/EC_2 \times 100 \quad (1)$$

تجزیه آماری: آزمایش به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. داده‌های به دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار JMP ۴ مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری شاخص کلروفیل را افزایش داد (جدول ۱). اومن و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی از ۳۰ به ۱۵ درصد ظرفیت زراعی میزان شاخص کلروفیل در برگ‌های گیاه گندم افزایش پیدا کرد که با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. استفاده از سالیسیلیک اسید افزایش شاخص کلروفیل را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۱). استفاده از غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید میزان شاخص کلروفیل را ۲۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد ولی تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها با شاهد مشاهده نشد (جدول ۲). کورکماز و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیل برگ را در دانه‌های خربزه افزایش می‌دهد. همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۱-۳ میلی‌مولار به‌صورت اسپری برگی در گیاه گندم باعث افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود که با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳).

تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای شد. این تنش میزان هدایت روزنه‌ای را ۴۶ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۲). در اثر تنش خشکی میزان آبسزیک اسید در برگ‌ها افزایش پیدا می‌کند که باعث بسته شدن روزنه‌ها و جلوگیری از هدررفت آب می‌شود (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین هدایت روزنه‌ای با کاربرد سالیسیلیک اسید کاهش پیدا کرد. با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید میزان هدایت روزنه‌ای به‌طور نزولی کاهش پیدا کرد به‌طوری‌که در غلظت ۱ میلی‌مولار به پایین‌ترین حد خود رسید (جدول ۲). لارکیو ساوردا (۱۹۷۸) گزارش کرد که کاربرد سالیسیلیک اسید به‌صورت اسپری برگی میزان هدایت روزنه‌ای را در برگ‌های لوبیا کاهش می‌دهد. آن‌ها این کاهش هدایت روزنه‌ای را به اثرات ضدتعرقی سالیسیلیک اسید نسبت دادند. بنابراین به نظر می‌رسد که این امر باعث حفظ آب در داخل گیاه شده و شادابی آن را به همراه خواهد داشت.

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش قطر ساقه شد. مقدار کاهش قطر ساقه تحت تأثیر تنش خشکی ۲۱ درصد بود (جدول ۲). در مقابل، قطر ساقه با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش پیدا کرد. در بین تیمارهای استفاده شده فقط کاربرد غلظت ۱ میلی‌مولار آن تأثیر معنی‌داری در افزایش قطر ساقه داشت (جدول ۲). هامادا و الحکیمی (۲۰۰۱) گزارش کردند که تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید به‌صورت خیساندن بذری میزان فتوستتوز را در گیاه گندم افزایش می‌دهد. همچنین سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقادیر لیگنین در ساختار دیواره سلولی می‌شود که می‌تواند عاملی در افزایش قطر ساقه گیاهان در معرض تنش خشکی باشد (الحکیمی، ۲۰۰۸).

تنش خشکی بر صفات ارتفاع، وزن خشک ریشه و بیوماس تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). ولی استفاده از سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار میزان هر یک از صفات بالا را به ترتیب ۶۵، ۱۸۰ و ۹۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۲). کاربرد سالیسیلیک اسید به‌صورت اسپری برگی در گیاه ذرت باعث افزایش سطح برگ، تعداد برگ، ارتفاع، وزن خشک گیاه و ریشه می‌شود (خوداری، ۲۰۰۴). همچنین استفاده از سالیسیلیک اسید به‌صورت اسپری برگی باعث افزایش رشد و ارتفاع گیاهان جو می‌شود (پانچوا و همکاران ۱۹۹۶). (شاکیروا، ۲۰۰۷) گزارش کرد که استفاده از سالیسیلیک اسید به‌صورت خیساندن بذری^۱ میزان رشد دانه‌های گندم را افزایش می‌دهد که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. همچنین استفاده از سالیسیلیک اسید به‌صورت اسپری برگی باعث افزایش طول ریشه‌های سویا می‌شود (گوتیرز کرودانو و همکاران، ۱۹۹۸). این افزایش رشد سیستم ریشه‌ای و حفظ سلامت آن به‌وسیله سالیسیلیک اسید باعث جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. افزایش مشاهده شده در وزن خشک شاخساره، ریشه و بیوماس را می‌توان به بهبود فتوستتوز در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید نسبت داد (هامادا و الحکیمی، ۲۰۰۱). این ماده از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش کلروفیل، میزان فتوستتوز کل را افزایش می‌دهد (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). افزایش کلروفیل برگ در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاهان خربزه (کورکماز و همکاران، ۲۰۰۷) و ذرت (خوداری، ۲۰۰۴) دیده شده است که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. علاوه‌بر این افزایش سطح و تعداد برگ در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید میزان فتوستتوز کل گیاه را افزایش داده و باعث تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود.

1- Seed Soaking

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی دانه‌های خیار (*Cucumis sativus* cv. *Super Dominus*). میانگین مربعات

نسبت یونی (درصد)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	بیوماس (گرم بر گیاه)	وزن خشک ریشه (گرم بر گیاه)	وزن خشک شاخساره (گرم بر گیاه)	تعداد برگ (سانتی‌متر)	ارتفاع (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه)	شاخص کلروفیل	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱۰/۱ ^{ns}	۶۳۱/۵ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۲/۹ ^{ns}	۲۶/۵ ^{ns}	۱/۳ ^{ns}	۲۰۹۴/۹ ^{ns}	۱۸۴/۸ ^{ns}	۴	سالیسیلیک اسید خشکی
۳۶ ^o	۳۳۲۱ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۸ ^{ns}	۳/۸ ^{ns}	۵ ^{ns}	۳۳۳۷ ^{ns}	۱۹۵/۶ ^{ns}	۱	سالیسیلیک اسید X خشکی
۵۱/۱ ^{ns}	۵۵۴ ^o	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۶۶ ^{ns}	۲/۵ ^{ns}	۰/۵۹ ^{ns}	۲۹۶۷ ^{ns}	۲۱/۸ ^{ns}	۴	خطای آزمایشی
۹/۱	۴۸/۹	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۲۱	۲/۳	۰/۳	۶۵۴/۳	۵۳/۷	۱۸	

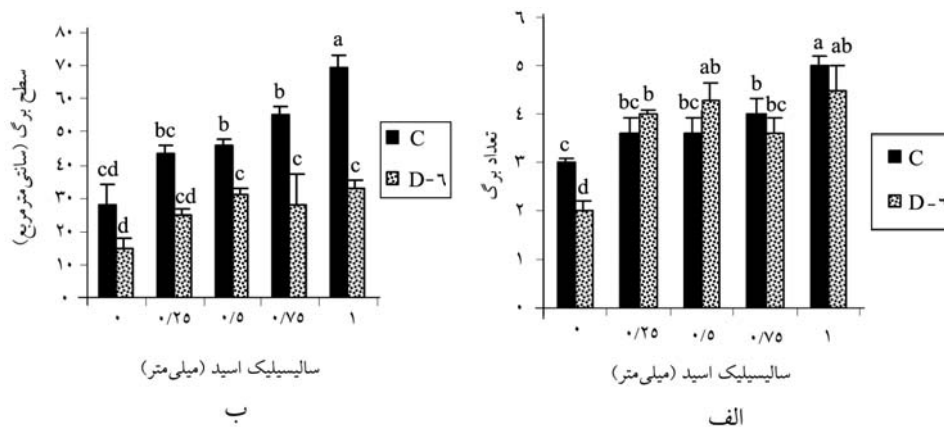
^{ns} معنی دار نبودن. ^o معنی داری در سطح ۵ درصد. ^{ns} معنی داری در سطح ۱ درصد.

جدول ۲- تاثیر سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر صفات مورد بررسی دانه‌های خیار (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus).

نشت یونی (درصد)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	بیوماس (گرم بر گیاه)	خشک ریشه (گرم بر گیاه)	وزن خشک شاخساره (گرم بر گیاه)	تعداد برگ (گرم بر گیاه)	ارتفاع (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه)	شاخص کلروفیل	تیماز
۳۱ ^b	۴۸/۴ ^a	۰/۴ ^b	۰/۱۸ ^a	۰/۲۱ ^a	۳/۸ ^a	۹/۸ ^a	۳/۸ ^a	۵۱/۳ ^a	۴۱/۴ ^b	C
۳۵ ^a	۲۶/۳ ^b	۰/۳۳ ^a	۰/۱۹ ^a	۰/۱۷ ^b	۳/۶ ^a	۸/۹ ^a	۲/۹ ^b	۲۷/۶ ^b	۴۸/۵ ^a	D-۶
۳۸ ^a	۲۱/۴ ^c	۰/۳۶ ^b	۰/۱ ^b	۰/۱۵ ^c	۲/۸ ^c	۷/۳ ^c	۳/۳ ^b	۶ ^a	۴۰/۶ ^b	۰
۳۰ ^b	۳۴/۳ ^b	۰/۳۵ ^b	۰/۱۷ ^b	۰/۱۸ ^{bc}	۳/۸ ^b	۸/۸ ^{bc}	۳/۵ ^b	۵۸ ^a	۴۰/۸ ^b	۰/۲۵
۲۷ ^c	۳۸/۲ ^b	۰/۳۴ ^b	۰/۱۷ ^b	۰/۱۷ ^{bc}	۴/۰ ^b	۹/۸ ^b	۳/۴ ^b	۳۵/۲ ^b	۴۶/۳ ^{ab}	۰/۵۰
۳۲ ^b	۴۱/۸ ^b	۰/۵۱ ^a	۰/۲۱ ^{ab}	۰/۲۲ ^b	۳/۷ ^b	۹/۶ ^b	۳/۳ ^b	۴۰/۷ ^{ab}	۴۶/۰ ^{ab}	۰/۷۵
۳۳ ^b	۵۱/۳ ^a	۰/۵۱ ^a	۰/۲۸ ^a	۰/۳۰ ^a	۴/۵ ^a	۱۲/۱ ^a	۴/۳ ^a	۳۶/۲ ^b	۵۰/۶ ^a	۱

- میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.
 - C (شاهد) و ۶- D (قطع آبیاری به مدت ۶ روز).

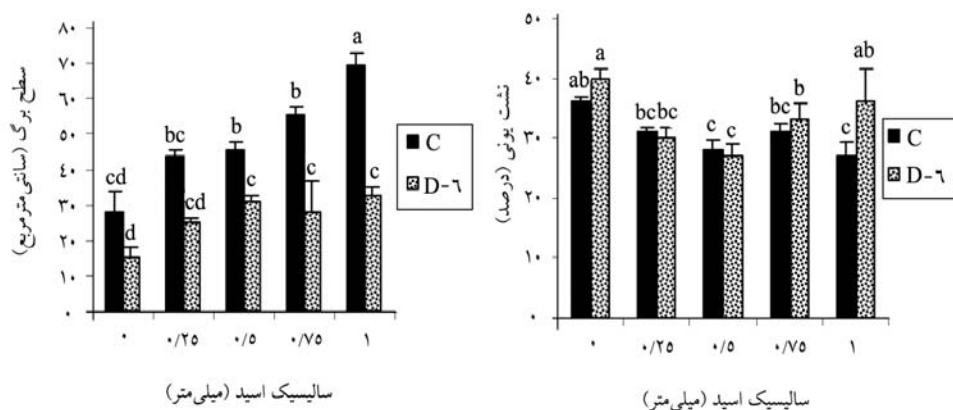
نتایج این آزمایش نشان داد که سطح برگ تحت تأثیر تنش خشکی به شدت کاهش یافت. کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی به کم شدن تقسیم و طویل شدن سلولی بر می‌گردد. همچنین کاهش پتانسیل آب خاک منجر به کاهش تولید برگ جدید می‌شود (عبدالجلیل، ۲۰۰۹). استفاده از سالیسیلیک اسید تحت شرایط تنش خشکی سطح برگ و تعداد برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. سطح برگ و تعداد برگ با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به‌طور صعودی افزایش پیدا کردند به‌طوری‌که کاربرد غلظت ۱ میلی‌مولار آن مقدار هر یک از آن‌ها را ۱/۲ برابر افزایش داد (شکل ۲). همان‌طور که قبلاً اشاره شد سالیسیلیک اسید از طریق حفظ سلامت سیستم ریشه‌ای در برابر اثرات مضر تنش خشکی میزان رشد آن را افزایش داده و باعث جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. این افزایش رشد همراه با تولید برگ‌های جدید خواهد بود که در نهایت سطح برگ کل افزایش خواهد یافت. علاوه بر این با توجه به این‌که تنش خشکی سبب کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو می‌شود (دیو و همکاران، ۱۹۹۸)، به‌نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز سبب افزایش سطح برگ می‌شود.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر تعداد برگ (الف) و سطح برگ (ب) دانهال‌های خیار. C (شاهد)، D-6 (قطع آبیاری به مدت ۶ روز).

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی میزان وزن خشک شاخساره را ۱۹ درصد کاهش داد (جدول ۲). استفاده از سالیسیلیک اسید تحت شرایط تنش خشکی باعث افزایش وزن خشک شاخساره شد. کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار بیش‌ترین تأثیر را در افزایش وزن

خشک شاخساره تحت شرایط تنش خشکی داشت (شکل ۲). میزان نشت یونی تحت تأثیر تنش خشکی افزایش یافت (جدول ۲). تنش خشکی با شروع یک تنش اکسیداتیو همراه می‌باشد، بنابراین در طی آن تولید و ذخیره گروه‌های سمی و مخرب اکسیژن آزاد افزایش می‌یابد. در نتیجه تحت شرایط تنش خشکی به سرعت چربی‌های غشا پراکسید گردیده و پایداری غشاء یاخته از بین می‌رود (اینز و مونتگو، ۱۹۹۵). سالیسیلیک اسید بر میزان نشت یونی تحت شرایط تنش خشکی مؤثر بود. با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به ۰/۵ میلی‌مولار مقدار نشت یونی به‌طور نزولی کاهش پیدا کرد ولی در ادامه و با افزایش غلظت آن به ۱ میلی‌مولار میزان نشت یونی اندکی افزایش یافت (شکل ۲). کورکماز و همکاران (۲۰۰۷) نیز چنین افزایشی را در میزان نشت یونی برگ‌های خربزه که با غلظت ۱ میلی‌مولار استیل سالیسیلیک اسید تیمار کرده بودند، مشاهده کردند. سناراتنا و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید به‌صورت اسپری برگی میزان نشت الکترولیت را در گیاهان گوجه‌فرنگی و لوبیا در تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌دهد. سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتی، گیاه را از صدمات به‌دست آمده از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند. همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید میزان پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین را در گیاه افزایش می‌دهد که می‌تواند به یک‌پارچگی و حفظ غشا تحت شرایط تنش خشکی کمک کند (نمت و همکاران، ۲۰۰۲).



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر نشت یونی (الف) و وزن خشک شاخساره (ب) دانهال‌های خیار.

اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر صفات شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، قطر ساقه، ارتفاع، وزن خشک ریشه و بیوماس در هیچ‌یک از سطوح آماری معنی‌دار نشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی استفاده از سالیسیلیک اسید باعث بهبود خصوصیات مورفولوژیکی (قطر ساقه، ارتفاع، تعداد برگ و سطح برگ) و فیزیولوژیکی (شاخص کلروفیل، وزن خشک شاخساره، وزن خشک ریشه، بیوماس و نشت یونی) خیار شد. علاوه بر این اثرات مخرب خشکی بر روی گیاه با کاربرد سالیسیلیک اسید کاهش پیدا کرد. بر طبق نتایج به‌دست آمده از این پژوهش کاربرد غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌منظور کاهش اثرات مخرب تنش خشکی در گیاهچه‌های خیار قابل توصیه می‌باشد.

منابع

1. Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol.* 11: 100-105.
2. Abreu, E.M. and Sergi, M.B. 2007. Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plants. *Environ. Exp. Bot.* 64: 105-112.
3. Al-Hakimi, A.M.A. 2008. Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. *Plant Soil Environ.* 54: 288-293.
4. Arfan, M., Athar, H.R. and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. *J. Plant Physiol.* 164: 685-694.
5. Bhatt, R.M. and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load response of okra to water stress. *Indian J. Plant Physiol.* 10: 54-59.
6. Du, Y.C., Nose, A., Wasano, K. and Uchida, Y. 1998. Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C₄ pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 25: 253-260.
7. Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A., Ahmad, N. and Saleem, B.A. 2009. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *J. Agron. Crop Sci.* 195: 237-246.

8. Gutierrez-Coronado, M., Trejo, C.L. and Larque-Saavedra, A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36: 563-565.
9. Hamada, A.M. and Al-Hakimi, A.M.A. 2001. Salicylic acid versus salinity drought-induced stress on wheat seedlings. *Rostlina Vyroba.* 47: 444-450.
10. Inze, D. and Van Montagu, M. 1995. Oxidative stress in plants. *Curr. Opin. Biotechnol.* 6: 153-158.
11. 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.
12. Khodary, S.F.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Int. J. Agric. Biol.* 6: 5-8.
13. Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkiran, A.R. 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta. Physiol. Plant.* 29: 503-508.
14. Larque-Saavedra, A. 1978. The antitranspirant effect of acetyl salicylic acid on *Phaseolus vulgaris* L. *Physiol. Plant.* 43: 126-128.
15. Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.* 8: 389-398.
16. Mao, X., Liu, M., Wang, X., Liu, C., Hou, Z. and Shi, J. 2003. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the north China plain. *Agric. Water Manage.* 61: 219-228.
17. Mohamed, A. and Ahmed, L. 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. *Amer-Eurasian J. Agric.* 3: 01-07.
18. Nemeth, M., Janda, T., Hovarth, E., Paldi, E. and Szali, G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Sci.* 162: 569-574.
19. Ommen, O.E., Donnelly, A., Vanhoutvin, S., Vanoijen, M. and Manderscheid, R. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentration and other environmental stress within `ESPACE-Wheat` project. *Euro. J. Agron.* 10: 197-203.
20. Pancheva, T.V., Popova, L.P. and Uzunova, A.M. 1996. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. *J. Plant Physiol.* 149: 57-63.
21. Raskin, I. 1992. Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiol.* 99: 799-803.
22. Samia, M., El-Khallal, A., Hathout, A., Ahsour, A. and Abd-Almalik, A. 2009. Brassinolide and salicylic acid induced antioxidant enzymes, hormonal balance and protein profile of Maize plants grown under salt stress. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 5: 391-402.

23. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 1999. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Reg.* 30: 157-161.
24. Shakirova, F.M. 2007. Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and anti-stress action of salicylic acid, P 69-90. In: Hayat, S., Ahmad, A. (eds.), *Salicylic Acid, A Plant Hormone*. Springer, Dordrecht, Netherlands.
25. Shi, Q. and Zhu, Z. 2008. Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Environ. Exp. Bot.* 63: 317-326.
26. Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Reg.* 39: 137-141.
27. Yuan, S. and Lin, H.H. 2008. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. *Z. Naturforsch.* 63: 313-320.
28. Xia, M.Z. 1994. Effects of soil drought during the generative development phase of faba bean (*Vicia faba*) on photosynthetic characters and biomass production. *J. Agric. Sci.* 122: 67-72.
29. Yildirim, E., Turan, M. and Guvenc, I. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber crown under salt stress. *J. Plant Nutr.* 31: 593-612.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 18(3), 2011

www.gau.ac.ir/journals

Effects of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress

***H. Bayat¹, H. Mardani¹, H. Arouie² and Y. Salahvarzi³**

¹M.Sc. Student, Dept. of Horticultural Science, Ferdowsi University of Mashhad,

²Assistant Prof., Dept. of Horticultural Science, Ferdowsi University of Mashhad,

³Ph.D. Student, Dept. of Horticultural Science, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 2010/10/10; Accepted: 2011/05/16

Abstract

Application of Salicylic acid (SA) as a phytohormone has been increased due to resistance to stresses such as drought. The main goal of this experiment was to evaluate the effects of SA on morphological and physiological characteristics of cucumber seedlings under drought stress. For this purpose a factorial trial based on completely randomized design was conducted with 5 levels of SA (0 (control), 0.25, 0.5, 0.75 and 1 mM) and 2 levels of drought stress, daily irrigation (control) and stopping irrigation for 6 days with 3 replications. SA was used as seed soaking for 24 hr. Drought stress was also applied in 3-4 leave stage. The results showed that SA increased chlorophyll index and leaf area by 27 and 139 percent in comparison to control, respectively. In contrast, stomatal conductance and electrolyte leakage decreased with SA application. Use of SA increased stem diameter, height, leaf number, shoot and root dry weight and biomass by 31, 65, 60, 100, 180 and 96 percent in comparison to control, respectively. Leaf number, leaf area and shoot dry weight decreased under drought stress, while increased with SA application. The interactions between SA concentrations and drought stress for the measured traits such as chlorophyll index, stomatal conductance, stem diameter, height, root dry weight and biomass, was not statistically significant.

Keywords: Salicylic acid, Electrolyte leakage, Stomatal conductance, Drought stress

* Corresponding Author; Email: hassanbayat55@gmail.com