Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۸ شماره ۲صفحه‌های ۱۵تا ۲۸ / سال ۱۳۹۷

اثر سالیسیلیک اسید بر کاهش اثرهای منفی تنش خشکی در گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)

روح اله مرادی[1]*، نسیبه پورقاسمیان[1]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۲۵

۱-استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: r.moradi@uk.ac.ir

چکیده

برای بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر برخی شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی گیاه همیشه بهار در شرایط گلخانه و استفاده از سالیسیلیک اسید برای تعدیل اثرات تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل خشکی در چهار سطح (آبیاری مطلوب در حد ظرفیت مزرعه‌ای و آبیاری در ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و سالیسیلیک اسید در چهار سطح (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که سطوح آبیاری تأثیرمعناداریرا بر کلیه صفات مورد بررسی داشت. صفات وزن خشک،غلظت کارتنوئید، پرولین و قندهای محلول تحت تأثیرمعنادار تیمار سالیسیلیک اسید قرار گرفتند. برهم‌کنش آبیاری و سالیسیلیک اسید تأثیرمعناداری بر وزن خشک بوته، غلظت پرولین و قندهای محلول نشان داد. نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش معنادار شاخص‌های رشد و همچنین غلظت کلروفیل a و b شد. غلظت کارتنوئید، قندهای محلول، پرولین و میزان فنل کل با کاهش آب آبیاری افزایش معناداری یافتند. افزایش سطوح سالیسیلیک اسید تا ۱/۵ میلی‌مولار باعث افزایش معنادار وزن خشک گیاه،غلظت کارتنوئید و قندهای محلول نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی شد. امادر غلظت ۲ میلی‌مولار میزان این صفات نسبت به شاهد کاهش یافت. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که کاربرد سالیسلیک اسید به‌ویژه سطح ۱/۵ میلی‌مولار نقش مثبتی در تعدیل اثرات منفی تنش خشکی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، فنل، قند، کارتنوئید، کلروفیل

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Salicylic acid Application on Mitigating Impacts of Drought Stress in Marigold (Calendula officinalis L)

R Moradi[1*], N Pourghasemian[1]

Received: 2015-06-15 Accepted: 2016-08-15
1-Assist. Prof.,Dept. of Plant Prod., Agric. Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar Univ., of Kerman, Iran
* Corresponding Author, Email: r.moradi@uk.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the effect of various levels of drought stress on some growth and bio-chemical parameters of marigold (*Calendula officinalis* L.) and application of salicylic acid for mitigating drought impacts under greenhouse conditions, an experiment was conducted with a factorial arrangement based on completely randomized design with three replications at Research Greenhouse of Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman in 2015. The experimental treatments were different levels of drought stress at four levels (irrigation for fulfill of 100%, 75%, 50% and 25% of the field capacity) and foliar-application of salicylic acidat at five levels (0, 0.5, 1, 1.5 and 2 mM). The results showed that the irrigation levels had significant effect on all studied traits. The traits of dry weight, carotenoid contents, proline contents and soluble sugars were significantly affected by the salicylic acid treatment. Interaction of the irrigation and salicylic acid had significant effect on dry weight, proline contents and soluble sugars. The results showed that increase in drought stress caused to significant decreasing in growth parameters and also chlorophyll a and b contents. Contents of carotenoid, soluble sugars, proline and phenol were significantly increased by decreasing amount of irrigation water. Increase of salicylic acid to 1.5 mM increased the plant dry weight, carotenoid contents and soluble sugars relative to the control conditions. 2 mM salicylic acid decreased the traits compared to non- foliar application. Generally, the results showed that application of salicylic acid specially in 1.5 mM had a positive role in mitigation of negative effects of drought stress.

Keywords: Carotenoid, Chlorophyll, Proline, Phenol, Soluble sugar

مقدمه

گیاه همیشه بهار با نام علمی *Calendula officinalis* L. گیاهی دارویی، علفی و یک‌ساله از تیره کاسنی است (امید بیگی ۱۳۸۴). ایران از نظر موقعیت جغرافیایی در کمربند بیابانی جهان واقع شده است و از مناطق خشک و نیمه-خشک به شمار می‌رود. بنابراین، یکی از محدودکننده‌ترین تنش‌های محیطی در کشاورزی ایران، تنش کمبود آب می-باشد (هاشمی دزفولیوکوچکی۱۳۷۴). تنش کمبود آب منجر به اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه، افزایش تولید

www.SID.ir

Archive of SID

گونه‌های فعال اکسیژن و در نتیجه ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاه می‌شوند(سایرام و ساگزنا ۲۰۰۰). بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در تنش‌های خشکی، حکایت از وجود سازوکارهای موثر و راهکارهای اقتصادی گیاه در جهت کاهش اثرات این تنش دارد. با این حال، بسیاری از گیاهان مهم اقتصادی از طریق مکانیسم‌های داخلی توان مقابله با شرایط تنش‌های محیطی را ندارند. بنابراین، بشر از طریق برخی علوم زیستی و به کار بردن ترکیبات خارجی روی گیاه، آنها را در مقابله با این شرایط همراهی می‌کند. این ترکیبات شامل اسمولیت‌های آلی، هورمون‌های گیاهی و مواد معدنی هستند (علی و همکاران ۲۰۰۴).

سالیسیلیک اسید در گروه فنل‌ها قرار دارد و فرایندهای فیزیولوژیکی رشد گیاهی مانند انگیزش گلدهی، کنترل در جذب یون‌ها توسط ریشه، هدایت روزنه‌ای، القا پیام‌هایی در جهت بیان ژن‌های گیاهی در مراحل پیری و تنظیمات مربوط به زمین‌گرایی نقش دارد (شاکیرووا و همکاران ۲۰۰۳). عمل محافظتی اسید سالیسیلیک در مقابل تنش‌های زیستی و غیر زیستی به احتمال زیاد به توان تحریک کنندگی این ماده در بیان ژن ایجاد مقاومت در برابر این تنش‌ها و نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گونه‌های اکسیژن فعال نسبت داده شده است (شی و زو۲۰۰۸). همچنین، این ماده به عنوان یک پیغام رسان در ایجاد مقاومت در مقابل تنش‌های محیطی نقش دارد، هرچند مکانیسم عمل آن به لحاظ پیام رسان بودنش هنوز به طور کامل شناخته نشده است (شاکیرووا و همکاران ۲۰۰۳).

مطالعات زیادی در ارتباط با اثر سالیسیلیک اسید بر تنش‌های مختلف محیطی صورت گرفته است. برای نمونه، خشکی در ذرت (مهرابیان مقدم و همکاران ۱۳۹۰)، سویا (کیم و همکاران ۲۰۰۷)، گندم (اقبال و اشرف ۲۰۰۶)، دمای پایین و بالا در گوجه فرنگی و لوبیا (سناراتنا و همکاران ۲۰۰۰) و شوری در تربچه (حسین زاد بهبود و همکاران ۱۳۹۳) انجام شد و نقش جبران کنندگی این ماده را در جهت کاهش اثر تنش به اثبات رساند. مطالعات همچنین، نشان دادند که غلظت اسید سالیسیلیک مصرفی در پاسخ گیاه به تنش بسیار مهم است. قاسمی پیربلوطی و همکاران (۱۳۹۱) به افزایش میزان کاروتنوئیدها، پلی فنل و فلاونوئید در گیاه همیشه بهار با محلول پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه و بدون وجود هیچ تنشی اشاره کردند. دلاوری پاریزی (۱۳۹۱) کاهش مقدار پراکسیداسیون لیپیدها در شرایط تنش شوری و مصرف سالیسیلیک اسید را گزارش کردند که نشان‌دهنده کاهش اثر تنش در حضور اسید سالیسیلیک بود. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی میزان تأثیرگذاری غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید روی سطوح مختلف تنش خشکی در گیاه همیشه بهار و تعیین بهترین غلظت این ماده از طریق بررسی پارامترهای رشد و برخی صفات بیوشیمیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد و برخی پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاه همیشه بهاردر اثر تنش خشکی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد.

تیمارهای آزمایش شامل سطوح خشکی در چهار سطح (آبیاری مطلوب در حد ظرفیت مزرعه‌ای، آبیاری در ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و آبیاری در ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و سطوح سالیسیلیک اسید در چهار سطح (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) بود.

در گلدان‌های ۷ لیتری، ۱۰ بذر کاشته شد و پس از اطمینان از سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه (در مرحله دو برگی) اقدام به تنک کردن گیاهان شد. بطوری‌که، در هر

www.SID.ir

Archive of SID

گلدان ۵ گیاهچه باقی ماند. تا مرحله ۴ برگی گلدان‌ها به حالت عادی آبیاری شدند. از مرحله ۴ برگی تیمارها (خشکی و سالیسیلیک اسید) اعمال گردید. تیمارهای مذکور تا آخرین مرحله آبیاری و قبل از برداشت اعمال گردید. به منظور اعمال تنش خشکی از روش وزن کردن گلدان‌ها استفاده شد(خزائی وهمکاران۱۳۸۷).

کاربردسالیسیلیک اسید از طریق محلول‌پاشی بر اساس غلظت های مذکور روی برگ‌ها انجام شد. تکرار محلول پاشی هر هفته انجام شد و پس از گذشت یک ماه از اعمال اولین تیمارها برداشت صورت گرفت. در این مرحله گیاه در مرحله روزت بود. در این مطالعه هدف این بود که گیاهان قبل از به گل رفتن برداشت شوند. ازآنجایی‌که، طی مطالعات قبلی روی این گیاه مشخص شده بود که از مرحله چهار برگی که تیمار تنش شروع می‌شود، گیاه تقریبا چهار تا پنج هفته فرصت دارد تا وارد مرحله گلدهی شود (امیدبیگی ۱۳۸۴). بنابراین، چهار هفته برای اعمال تیمارها در نظر گرفته شد، تا اطمینان حاصل شود که اجرای آزمایش در یک مرحله فنولوژیکی خاص صورت گرفته است. سه بوته از میان پنج بوته جهت اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی و دو بوته باقیمانده جهت تعین وزن خشک اختصاص یافتند.

صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع گیاه، وزن خشک بوته، غلظت رنگیزه‌های کلرفیل و کارتنوئید برگ که با روش لیچتنتالر (۱۹۹۴) انجام شد، مقدار پرولین در برگ که با روش بیت و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد، مقدار قندهای محلول که به‌روش کوچرت (۱۹۷۸) اندازه گیری شد و مقدار فنل موجود در برگ که با روش ماکار (۲۰۰۰) اندازه-گیری شد.

داده‌های حاصل از آزمایش بر اساس طرح آماری مورد استفاده، توسط نرم افزار SASنسخه ۹/۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. رسم نمودارها نیز توسط نرم‌افزارExcelانجام شد.

نتایج

ارتفاع بوته: نتایج نشان داد که میزان ارتفاع بوته همیشه بهار تنها تحت تأثیر تیمار سطوح آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول۱).

اعمال آبیاری به میزان ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ایتأثیرمعناداری بر ارتفاع همیشه بهار نسبت به شرایط عدم تنش خشکی نداشت (جدول ۲)، ولی سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای منجر به کاهش معنادار این صفت نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول۲). کاهش میزان آبیاری به ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ایبه‌ترتیب باعث کاهش حدود ۲۲ و ۴۵ درصدی ارتفاع همیشه بهار نسبت به شرایط آبیاری کامل شدند.

وزن خشک گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و برهم‌کنش سطوح آبیاری و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در سطح احتمال یک درصد تأثیر معناداری بر وزن خشک بوته همیشه بهار داشتند (جدول ۱). برهم‌کنش سطوح مختلف آبیاری و سالیسیلیک اسید نیز نشان داد که بطور کلی در تمامی سطوح سالیسیلیک اسید با افزایش شدت تنش خشکی میزان وزن خشک گیاه همیشه بهار بطور معناداری کاهش یافت (جدول ۴). در کلیه سطوح سالیسیلیک اسید، اختلاف معناداری بین تیمار آبیاری کامل و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای از نظر وزن خشک بوته مشاهده نشد ولی با افزایش شدت تنش خشکی میزان این صفت در کلیه غلظت‌های سالیسیلیک اسید کاهش نشان داد (جدول ۴). سطوح ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در کلیه سطوح تنش خشکی به‌طور معناداری بیشترین وزن خشک بوته را دارا بودند و از نظر این صفت اختلاف معنادار باهم نشان ندادند. در همه تیمارهای تنش خشکی، سطح ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید کمترین وزن خشک

www.SID.ir

Archive of SID

بوته را دارا بوده و حتی بطور معناداری کمتر از تیمار عدم محلول‌پاشی بود. در کل، تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در سطح تنش ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای بیشترین (۰/۹۳ گرم) و محلول‌پاشی در سطح ۲ میلی‌مولار برای تنش ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای کمترین (۰/۲۴ گرم) میزان وزن خشک را در بین تیمارهای مورد بررسی شامل شدند (جدول۴). بنابراین، نتایج نقش مثبت سالیسیلیک اسید در تعدیل اثرات منفی تنش خشکی بر وزن خشک همیشه بهار را تأیید می‌کند. نکته قابل توجه اینکه، تأثیر کاربرد سالیسیلیک اسید در بهبود وزن خشک گیاه در شرایط تنش خشکی برای تیمار ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشهودتر از دیگر سطوح خشکی و حتی تیمار آبیاری کامل بود. به‌طوری‌که، کاربرد سطوح ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در شرایط تنش ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای باعث افزایش به‌ترتیب حدود ۷۴ و ۷۲ درصدی این صفت نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی شد. درحالی‌که، این افزایش برای شرایط آبیاری کامل به‌ترتیب حدود ۲۰ و ۲۳ درصد بود. این می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که سالیسیلیک اسید در شرایط تنش ۵۰ درصد آبیاری موثرتر از شرایط آبیاری کامل عمل کرده است.

غلظت کلروفیل: نتایج نشان داد که غلظت هردو کلروفیل a و b تحت تأثیر تیمار سطوح آبیاری ($p\leq 0.01$) اختلاف معناداری را نشان دادند (جدول ۱). این دو صفت از نظر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و همچنین برهم‌کنش آبیاری در سالیسیلیک اسید اختلاف معناداری نشان ندادند. بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر غلظت کلروفیل a نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی این صفت کاهش یافت (جدول ۲). این کاهش برای سطح ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای نسبت به آبیاری کامل معنادار نبود ولی سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای نسبت به شاهد اختلاف معناداری را نشان دادند.

کاهش آب آبیاری به ۵۰ و ۲۵درصد ظرفیت مزرعه‌ای منجر به کاهش معنادار این صفت شد (جدول ۲). به‌طورکلی، کمترین (۱/۲۷) و بیشترین (۱/۸۲) میزان این شاخص به‌ترتیب در سطح آبیاری ۵۰ و ۲۵ درصد مزرعه-ای حاصل شد (جدول ۲).

غلظت کلروفیل b نیز تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری بین ۲/۵۲ تا ۲/۰۶ متغیر بود (جدول ۲). این شاخص نیز با افزایش شدت تنش خشکی کاهش معناداری را نشان داد. کلیه سطوح تنش خشکی منجر به کاهش معنادار غلظت کلروفیل b نسبت به شرایط آبیاری در حد ظرفیت مزرعه‌ای شدند. به‌طوری‌که، این کاهش برای سطوح ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به‌ترتیب حدود ۸، ۱۵ و ۱۸ درصد بود. کمترین (۲/۰۶) میزان کلروفیل b در سطح آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد که البته اختلاف معناداری با آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای (۲/۱۵) نشان نداد (جدول ۲).

غلظت کارتنوئید: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که این صفت تحت تأثیر معنادار اثرات ساده تیمارهای آبیاری و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت ولی برهم‌کنش این تیمارها تأثیر معناداری بر غلظت کارتنوئید نداشت (جدول ۱). در رابطه با تأثیر سطوح مختلف آبیاری، غلظت کارتنوئید روندی متفاوت نسبت به غلظ کلروفیل a و b نشان داد (جدول۲). به‌طوری‌که، افزایش شدت تنش خشکی منجر به افزایش معنادار این صفت شد. کلیه سطوح تنش خشکی افزایش معناداری را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. اختلاف بین سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای از نظر غلظت کارتنوئید معنادار نبود ولی سطح ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای اختلاف معناداری را با این سطوح نشان داد (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) رطوبت خاک و آسکوربیک اسید بر برخی برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی گیاه همیشه بهار.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک گیاه	ارتفاع گیاه	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	پرولین	قندهای محلول	فنل کل
سطوح آبیاری	۳	۰/۷۴۳۲**	۱۱۳/۲**	۰/۴۰۶**	۰/۶۱۱**	۰/۲۱۷**	۹۱۰۷/۳**	۲۸۷۳/۷**	۱۷۰۲۶/۹*
سالیسیلیک اسید	۴	۰/۱۷۷۶۰**	۰/۲۸۶^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۲/۵۹**	۶۴۱/۴**	۸۲۳/۳**	۲۳/۰۹ ^{ns}
آبیاری×سالیسیلیک	۱۲	۰/۰۰۷۵**	۰/۱۶۶^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۳۲/۹۷*	۲۷/۰۵**	۳/۱۹ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۰	۰/۰۰۲۰	۰/۱۱۱	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۵۱	۰/۰۱۷۳	۱۲/۶۹	۵/۴۸	۴۶/۷۹
ضریب تغییرات	–	۸/۲۲	۶/۱۱	۲/۳۲	۴/۵۸	۴/۶۵	۷/۵۵	۶/۸۵	۹/۴۷

*، ** و ns به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنادار.

جدول۲- اثر ساده سطوح رطوبت خاک بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه همیشه بهار.

فنل کل ($\mu mol\ g^{-1}\ FW$)	میزان پرولین ($\mu mol\ g^{-1}\ FW$)	کاروتنوئید ($mg\ g^{-1}\ FW$)	کلروفیل b ($mg\ g^{-1}\ FW$)	کلروفیل a ($mg\ g^{-1}\ FW$)	ارتفاع بوته(cm)	سطوح آبیاری
۴۵/۲ ^{b}	۱۵/۰ ^{d}	۲/۵۷ ^{a}	۲/۵۲ ^{a}	۱/۵۳ ^{a}	۱۳/۱ ^{a}	ظرفیت مزرعه‌ای
۴۸/۲ ^{b}	۲۱/۲ ^{c}	۱/۵۱ ^{a}	۲/۳۲ ^{b}	۱/۴۸ ^{a}	۱۲/۹ ^{a}	۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای
۱۰۴/۰ ^{a}	۴۹/۶ ^{b}	۲/۴۱ ^{b}	۲/۱۵ ^{c}	۱/۲۷ ^{b}	۱۰/۲ ^{b}	۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای
۱۰۶/۶ ^{a}	۶۷/۶ ^{a}	۲/۳۰ ^{c}	۲/۰۶ ^{c}	۱/۸۲ ^{c}	۷/۳ ^{c}	۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، اختلاف معناداری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد ندارند.

جدول۳- اثر ساده مقادیر سالیسیلیک اسید بر صفات مورد مطالعه در گیاه همیشه بهار.

مقادیر سالیسیلیک اسید	وزن خشک گیاه ($g\ plant^{-1}$)	میزان کاروتنوئید ($mg\ g^{-1}\ FW$)	قندهای محلول ($\mu g\ g^{-1}\ DW$)	میزان پرولین ($\mu mol\ g^{-1}\ FW$)
عدم مصرف اسید	۰/۵۶ ^{b}	۲/۱۶ ^{b}	۳۱/۷۵ ^{d}	۲۸/۵۰ ^{d}
۰/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۵۶ ^{b}	۲/۱۶ ^{b}	۳۷/۲۵ ^{c}	۳۳/۷۵ ^{c}
۱ میلی‌مولار اسید	۰/۷۵ ^{a}	۲/۹۶ ^{a}	۴۴/۵۰ ^{b}	۳۹/۰۰ ^{b}
۱/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۷۴ ^{a}	۲/۹۴ ^{a}	۵۰/۷۵ ^{a}	۴۵/۲۵ ^{a}
۲ میلی‌مولار اسید	۰/۴۷ ^{c}	۲/۰۰ ^{c}	۵۰/۲۵ ^{a}	۴۵/۲۶ ^{a}

www.SID.ir

Archive of SID

میزان افزایش غلظت کارتنوئید در سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای نسبت به شرایط آبیاری کامل به‌ترتیب حدود ۱۲ و ۱۰ درصد بود. روند تغییرات غلظت کارتنوئید با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید ابتدا افزایشی و سپس کاهشی بود (جدول ۳). محلول‌پاشی غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلافی با عدم محلول‌پاشی از نظر این صفت نشان نداد ولی دیگر غلظت‌های محلول‌پاشی منجر به تغییر معنادار آن شدند. نتایج نشان داد که سطوح ۱ و۱/۵ میلی‌مولار محلول‌پاشی باعث افزایش معنادار و سطح ۲ میلی‌مولار آن باعث کاهش غلظت کارتنوئید نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی شدند. اختلافی بین سطوح ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید از نظر صفت مذکور مشاهده نشد. با این حال، بالاترین (۲/۹۶) میزان غلظت کارتنوئید در سطح ۱ میلی‌مولار محلول‌پاشی حاصل شد (جدول ۳).

غلظت پرولین: میزان این صفت به‌طور معناداری تحت تأثیر اثرات ساده آبیاری و سالیسیلیک اسید در سطح یک درصد و برهم‌کنش این دو تیمار در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی، میزان پرولین افزایش چشم گیری را نشان داد و هر سطح تنش خشکی نسبت به سطح پیشین اختلاف معناداری را نشان داد (جدول ۲).

برهم‌کنش آبیاری و سالیسیلیک اسید نیز نشان داد که در کلیه سطوح سالیسیلیک اسید با افزایش شدت تنش خشکی، غلظت پرولین گیاه به‌طور معناداری افزایش نشان داد (جدول ۴). کمترین و بیشترین میزان این شاخص برای کلیه سطوح سالیسیلیک اسید به‌ترتیب در آبیاری کامل و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد. افزایش میزان مصرف سالیسیلیک اسید در تمامی تیمارهای آبیاری باعث بهبود معنادار غلظت پرولین شد (جدول ۴).

کمترین میزان غلظت پرولین در تمامی شرایط آبیاری برای تیمار عدم محلول‌پاشی بدست آمد. بیشترین میزان این صفت در شرایط آبیاری در حد ظرفیت مزرعه‌ای و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار و در شرایط ۷۵ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای در سطح ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به‌دست آمد (جدول ۴).

غلظت قندهای محلول: کلیه تیمارهای سطوح آبیاری، سالیسیلیک اسید و برهم‌کنش این دو تیمارتأثیرمعناداری را در سطح احتمال یک درصد بر میزان قندهای محلول گیاه همیشه بهار داشتند (جدول ۱). در کلیه سطوح تنش خشکی، افزایش غلظت سالیسیلیک باعث افزایش معنادار میزان قندهای محلول شد (جدول ۴). در کلیه سطوح آبیاری، کمترین میزان این صفت در شرایط عدم محلول‌پاشی مشاهده شد و سطوح ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار بالاترین میزان قند محلول را نشان دادند (جدول ۴).

افزایش سطح تنش خشکی نیز در تمامی سطوح سالیسیلیک اسید، افزایش معنادار قندهای محلول را باعث شد. همان‌گونه که در جدول ۴ نیز مشهود است، میزان افزایش قندهای محلول در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید در سطح آبیاری ۲۵ درصد ظرفیتمزرعه‌ای بیشتر از دیگر سطوح آبیاری بود. به‌عبارتی، اثر مثبت سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شدید خشکی مشهودتر و بارزتر از شرایط تنش خفیف و عدم تنش بود.

میزان فنل کل: تجزیه واریانس نشان داد که میزان فنل کل تنها تحت تأثیر تیمار آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری نشان داد و تیمار سالیسیلیک اسید و همچنین برهم‌کنش آبیاری و سالیسیلیک اسید تأثیر معناداری بر صفت مذکور نداشتند (جدول ۱).

نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی منجر به افزایش میزان فنل کل شد (جدول ۲). این افزایش برای آبیاری در سطح ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای نسبت به شرایط عدم آبیاری معنادار نبود ولی سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای اختلاف معناداری نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۲). بیشترین میزان فنل کل (۱۰۶/۶) در آبیاری با ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد که از این نظر اختلاف معناداری با سطح ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای (۱۰۴) نشان نداد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- برهم‌کنش آبیاری و سطوح سالیسیلیک اسید بر برخی صفات مورد بررسی در گیاه همیشه بهار.

سطوح آبیاری	مقادیر سالیسیلیک اسید	وزن خشک گیاه (g plant^{-1})	میزان پرولین (µmol g^{-1} FW)	قندهای محلول (µg g^{-1} DW)
	عدم مصرف اسید	۰/۷۵bc	۱۰/۰۲l	۲۲/۱۵i
	۰/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۷۷b	۱۳/۱۱kl	۲۷/۱۹h
ظرفیت مزرعه‌ای	۱ میلی‌مولار اسید	۰/۹۲a	۱۵/۰۹kjl	۳۲/۲۲g
	۱/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۹۲a	۱۹/۰۰ji	۳۸/۲۷f
	۲ میلی‌مولار اسید	۰/۶۳d	۱۸/۰۶kjl	۳۸/۲۸f
	عدم مصرف اسید	۰/۷۶b	۱۲/۹۹kl	۲۵/۱۸hi
	۰/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۷۴bc	۱۶/۰۷kj	۲۸/۲۰h
۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	۱ میلی‌مولار اسید	۰/۹۳a	۲۱/۹۷hi	۳۳/۲۳g
	۱/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۹۰a	۲۷/۱۰gh	۳۹/۲۷f
	۲ میلی‌مولار اسید	۰/۶۸cd	۲۸/۰۰gf	۴۰/۲۷ef
	عدم مصرف اسید	۰/۴۳ef	۳۳/۰۰f	۳۷/۲۶f
	۰/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۴۵e	۴۴/۱۱e	۴۰/۲۸ef
۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	۱ میلی‌مولار اسید	۰/۷۵bc	۵۲/۰۴d	۴۷/۳۳d
	۱/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۷۴bc	۶۰/۱۲c	۵۴/۳۸c
	۲ میلی‌مولار اسید	۰/۳۶fg	۵۹/۰۰c	۵۲/۳۶c
	عدم مصرف اسید	۰/۳۲g	۵۸/۰۲c	۴۳/۳۰e
	۰/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۳۱gh	۶۲/۰۰bc	۵۴/۳۸c
۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	۱ میلی‌مولار اسید	۰/۴۱ef	۶۶/۹۹b	۶۶/۴۶b
	۱/۵ میلی‌مولار اسید	۰/۴۲ef	۷۵/۰۶a	۷۲/۵۰a
	۲ میلی‌مولار اسید	۰/۲۴h	۷۶/۱۰a	۷۱/۵۱a

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، اختلاف معناداری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد ندارند.

بحث

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، افزایش تنش آبی سبب کاهش معنادار پارامترهای رشد شامل وزن خشک، ارتفاع گیاه شد (جدول ۲). این کاهش در تمام سطوح تنش به یک میزان نبود، بطوریکه افزایش تنش خشکی تا سطح ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای تأثیری روی صفات فوق نداشت ولی سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای باعث کاهش در هردو پارامتر رشد شد. به نظر می‌رسد سطح ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای برای گیاه همیشه بهار به عنوان یک تنش خشکی محسوب نشود، که البته شاید برای بسیاری دیگر از گیاهان نیز صادق باشد.

تنش‌های محیطی از جمله خشکی، به‌طور معمول سبب تولید رادیکال‌های آزاد شده که در نهایت سبب آسیب به اندامک‌ها و ترکیبات سلولی می‌شود و این مسئله به عدم

www.SID.ir

Archive of SID

تعادل متابولیکی منجر خواهد شد. توقف در رشد سلولی و کاهش ماده سازی نتیجه آسیب‌های حاصل از تولید گونه-های فعال اکسیژن خواهد بود (تایز و زایگر ۲۰۰۶). همچنین کاهش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و وزن خشک در شرایط تنش خشکی به‌طور معمول ناشی از کاهش تقسیم، گسترش و طویل شدن سلولی است. کاهش حجم سلول علاوه بر یک پیامد ناشی از کمبود آب، خود به عنوان یک مکانیسم مقاومت به خشکی می‌تواند سبب کاهش تلفات آب از سلول‌ها شده و به عنوان یکی از تنظیم کننده‌های مهم اسمزی محسوب شود (گالشی و همکاران ۱۳۹۰).

همچنین، مطالعه حاضر نشان داد در تمام سطوح تنش با افزایش میزان کاربرد سالیسیلیک تا سطح ۱/۵ میلی‌مولار وزن خشک گیاه افزایش یافت، بااینحال مصرف بیشتر سالیسیلیک اسید تا سطح ۲ میلی‌مولار سبب کاهش صفت فوق گردید (جدول ۴). پژوهشگران زیادی به اثر دوگانه سالیسیلیک اسید در شرایط تنش‌های محیطی بر متابولیسم گیاهان مختلف اشاره کرده‌اند (حسین‌زاد بهبود و همکاران ۱۳۹۳، حیات و احمد ۲۰۰۷، حیات و همکاران ۲۰۰۸). حسین‌زاد بهبود و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که سالیسیلیک اسید در غلظت‌های پایین با فعال نمودن و افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، گونه‌های فعال حاصل از تنش اکسیداتیو را جاروب کرده و منجر به بهبود وضعیت حاصل از تنش می‌گردد. اما در مقابل در غلظت‌های بالا، نه تنها به عنوان آنتی اکسیدان عمل نمی‌کند بلکه به عنوان یک اکسیدان با ایجاد تنش اکسیداتیو و تأثیر بر اجزای سلولی به نتایج منفی در گیاه منجر می‌گردد (فریدودین و همکاران ۲۰۰۳). همچنین، حیات و احمد (۲۰۰۷) بیان داشتند که گاهی مصرف غلظت‌های بالای سالیسیلیک اسید از طریق تغییرات pH و ایجاد مقدار زیادی از فرم‌های پروتونه شده سالیسیلیک اسید سبب کاهش جذب پتاسیم و فسفر شده و به این طریق در رشد ریشه اختلال ایجاد می‌کنند.

افزایش وزن خشک در اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید طی شرایط خشکی توسط بسیاری از پژوهشگران روی گیاهانی مانند گوجه فرنگی و لوبیا (سنارانتا و همکاران ۲۰۰۰)، خیار (بیات و همکاران ۱۳۹۰)، کلزا (فریدودین و همکاران ۲۰۰۳)، پنبه و سویا (خان و همکاران ۲۰۰۳) و مریم گلی (آبریو و مونمی ۲۰۰۸) به اثبات رسید. بیات و همکاران (۱۳۹۰) به این مسئله اشاره کردند که سالیسیلیک اسید از راه حفظ سلامت 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 با تولید برگ‌های جدید همراه خواهد بود و در نهایت سطح برگ کل افزایش خواهد یافت. ایشان همچنین به افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و به دنبال آن بهبود فتوسنتز و افزایش سطح برگ در اثر مصرف سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی اشاره کردند.

سالیسیلیک اسید همچنین تأثیری روی ارتفاع گیاه نداشت. شاکیرووا و همکاران (۲۰۰۳) با مطالعه‌ای که روی تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر گندم انجام دادند دریافتند که این ماده با افزایش تقسیم سلولی وزن تر و خشک گیاه را افزایش می‌دهد ولی روی طول سلول تأثیر زیادی ندارد. این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت داشت.

نتایج پژوهش حاضر گویای کاهش معنادار رنگیزه-های فتوسنتزی شامل کلروفیل a و b با افزایش تنش خشکی بود (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی به علت کاهش اسیمیلاسیون کربن و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، گیاه به‌طور معمول دچار تنش اکسیداتیو شده و به دنبال آن تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش فعالیت فتوسیستم II، کاهش فعالیت آنزیم رابیسکو و مهار سنتز ATP اتفاق می‌افتد. آسیب‌های فوق در نهایت می‌توانند به کاهش رشد گیاه منجر گردند (لالور و کومیک ۲۰۰۲).

www.SID.ir

Archive of SID

محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و همچنین برهم‌کنش آن با تیمار آبیاری بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a و b تأثیر معناداری نداشت. مطالعات مختلف نیز در ارتباط با تأثیر سالیسیلیک اسید روی محتوای رنگیزه-های کلروفیل a و b نتایج متفاوتی را نشان دادند. فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید روی کلزا اشاره کردند، درحالی‌که موهارکار و همکاران (۲۰۰۳) عدم تأثیر این ماده رو را روی گندم خاطر نشان نمودند. بنابراین، به نظر می‌رسد در گیاهان مختلف رنگدانه‌های فتوسنتزی پاسخ یکسانی به مصرف سالیسیلیک اسید نداشته باشند.

نتایج حاصل از مطالعه حاضر به افزایش معنادار میزان کاروتنوئید با افزایش تنش خشکی و همچنین افزایش سالیسیلیک اسید تا سطح ۱/۵ میلی‌مولار اشاره داشت (جدول ۳). با افزایش بیشتر سالیسیلیک اسید تا ۲ میلی-مولار میزان این صفت نیز مانند پارامترهای رشد کاهش یافت. کاروتنوئیدها از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی هستند که می‌توانند در کاهش غلظت یون سوپراکسید نقش داشته و تشکیل رادیکال هیدروکسید را نیز کاهش دهند (کاندم و تارهان ۲۰۰۳). بنابراین، به نظر می‌رسد کاروتنوئیدها در گیاه همیشه بهار توانسته باشند به عنوان یک آنتی اکسیدان در شرایط تنش خشکی عمل کرده و به عنوان یک نیروی کمکی به گیاه تحت تنش یاری رسانند. همچنین سالیسیلیک اسید نیز سبب افزایش میزان کاروتنوئیدها شد (جدول ۳)، که این مسئله با مطالعات دیگر روی هویج (اراسلان و همکاران ۲۰۰۷)، گندم (موهارکار و همکاران ۲۰۰۳) و همیشه بهار (قاسمی پیربلوطی و همکاران ۱۳۹۱) هماهنگ بود.

بررسی غلظت پرولین در گیاه همیشه بهار تحت شرایط تنش خشکی حکایت از وجود ارتباط مستقیم بین میزان تنش موجود و پرولین تولیدی داشت (جدول ۲). مطالعات نشان دادند که تجمع پرولین در هنگام رویارویی گیاه با تنش‌های محیطی یک راهکار محافظتی برای برخی گیاهان محسوب می‌شود. گیاه از طریق افزایش این اسمولیت آلی (پرولین) فرایند تنظیم اسمزی را مدیریت کرده و سبب کاهش اثر تنش خشکی می‌گردد (اشرف و فولاد ۲۰۰۷). این مساله در مطالعه حاضر نیز صدق می‌کند.

مصرف سالیسیلیک اسید به صورت محلول‌پاشی در گیاه همیشه بهار هم در شرایط تنش و هم عدم تنش باعث افزایش میزان پرولین شد (جدول ۴). افزایش میزان پرولین با مصرف سالیسیلیک اسید در هنگام رویارویی با تنش‌های محیطی در گیاهان گوجه فرنگی (حیات و همکاران ۲۰۰۸)، لوبیا (سنارتنا و همکاران ۲۰۰۰) و گندم (شاکیرووا و همکاران ۲۰۰۳) نیز گزارش شد.

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که افزایش تنش سبب افزایش قندهای محلول در گیاه همیشه بهار شد (جدول ۲). البته میزان قندهای محلول در آبیاری در سطح مزرعه‌ای و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای تفاوت معناداری نداشتند. با توجه به اینکه در پارامترهای رشد و همچنین در بیشتر صفات بیوشیمیایی مورد بررسی در این پژوهش، این دو سطح از آبیاری با یکدیگر متفاوت نبودند، به نظر می‌رسد آبیاری در سطح ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای برای گیاه همیشه بهار می‌تواند سطح مطلوبی از آبیاری به حساب آید.

افزایش قندهای محلول همراه با افزایش تنش‌های محیطی مانند خشکی یک راهکار حفاظتی گیاه محسوب می-شود. گیاهان با افزایش ترکیبات آلی مانند قندها و پرولین در سلول پتانسیل آب را کاهش داده و از طریق تنظیم اسمزی امکان جذب بیشتر آب را از محیط‌هایی با محدودیت رطوبت فراهم می‌کنند (اشرف و فولاد ۲۰۰۷). همچنین، کامرپاریدا و بانهو (۲۰۰۵) بیان کردند که افزایش قندهای محلول در هنگام رویارویی گیاه با تنش‌های محیطی علاوه بر تنظیم اسمزی سبب ذخیره کربنی، جاروب رادیکال‌های

www.SID.ir

Archive of SID

آزاد، حفاظت از غشاها، پروتئین‌های سلول‌ها و کاهش تجمع پروتئین‌های واسرشته می‌شود.

همچنین، مطالعه حاضر نشان داد که در تیمارهایی که تحت تنش خشکی و مصرف سالیسیلیک اسید قرار داشتند قند محلول بیشتری نسبت به تیمارهایی که تحت تنش و عدم مصرف سالیسیلیک اسید قرار داشتند، تولید می‌شود (جدول ۴). مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش کارایی آنتی‌اکسیدانی گیاه شده، می‌تواند سبب افزایش میزان کلروفیل و به دنبال آن بهبود فتوسنتز و افزایش تولیدات کربنی گردد، بنابراین این فرایندها فلاوه بر اینکه گیاه را به لحاظ تولید ماده خشک توانمندتر می‌کنند، تجمع اسمولیت-های آلی فرایند تنظیم اسمزی را نیز در گیاه موفق‌تر می-سازند (خداری ۲۰۰۴). حسین‌زاد بهبود و همکاران (۱۳۹۳) همچنین افزایش میزان قندهای محلول را به اثر تحریک کنندگی سالیسیلیک اسید بر آنزیم‌های تجزیه کننده در نشاسته در گیاه تربچه تحت تنش شوری نسبت دادند.

نتایج حاصل از مطالعه حاضر بیان داشت که افزایش تنش خشکی سبب افزایش در میزان فنل کل در گیاه همیشه بهار می‌شود (جدول ۲). فنل‌ها جزء متابولیت‌های ثانویه محسوب شده و می‌توانند به عنوان یک سازوکار دفاعی در مقابل تنش خشکی عمل کنند. این مواد از طریق افزایش پتانسیل اسمزی و به‌دنبال آن اجتناب از دهیدراته شدن سلولها و یا تنظیم پتانسیل رداکس و از بین بردن اکسیژن-های فعال گیاهان تحت تنش خشکی را حفاظت می‌کنند. البته نقش حفاظتی آنها در مقابل اکسیژن‌های فعال به عنوان آنتی‌اکسیدان بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفته است (نظری و همکاران ۱۳۹۱،ردهلا و همکاران ۲۰۱۲)، با اینحال در برخی مواقع تنش خشکی تأثیری روی تولید مواد فنلی ندارند (نظری و همکاران ۱۳۹۱). یا گاها سبب کاهش تولید این مواد می‌شوند (مارتین و مارتین ۱۹۸۲). نظری و همکاران (۱۳۹۱) دلیل تفاوت گیاهان در تولید متابولیت‌های ثانویه تحت تنش‌های محیطی را به منشا زیستی متفاوت این گیاهان نسبت داد. به گفته وی از آنجا که گونه‌های مختلف گیاهی دامنه وسیعی از سازو کارهای مقاومت به خشکی را نشان می‌دهند، سازگاری‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان با یکدیگر متفاوتند.

نتیجه‌گیری کلی

به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید از دو راه خاصیت هورمونی و آنتی اکسیدانی و تأثیر بر روی تو.لید اسمولیت‌های آلی و تنظیم اسمزی به گیاهی که تحت تنش قرار گرفته، کمک می‌کند. البته میزان موفقیت گیاه از این امداد رسانی به عوامل مختلف مانند غلظت اسیدهای مصرفی، توان گیاه در استفاده از این ماده خارجی و میزان تنش وارده بستگی داشت. نقش کمک رسانی و تعدیل اثرات منفی تنش خشکی با مصرف سالیسیلیک اسید در گیاه همیشه بهار مشاده شد. البته غلظت سالیسیلیک اسید اهمیت زیادی دارد و به‌طور معمول یک حد بحرانی می‌توان برای آن در نظر گرفت، در مطالعه حاضر و با توجه به صفات مورد بررسی به نظر می‌رسد غلظت بیش از ۱/۵ میلی‌مولار نه تنها برای گیاه مفید نبوده که خود نیز نقش مخربی را ایفا نموده است ولی با افزایش غلظت این ماده تا ۱/۵ میلی‌مولار بسیاری از پارامترهای رشد در مقابل تنش خشکی پاسخ مثبت دادند. شاید بتوان برای این ماده در غلظت‌های مطلوب نقش جبرانی در نظر گرفت.

منابع مورد استفاده

Abreu ME and Munne-Bosch S, 2008. Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: a case study in field-grow (*Salvia officinalis* L.) plants. Environmental and Experimental Botany 64: 105–112.

www.SID.ir

Archive of SID

Ali Q, Ashraf M and Athar, HR, 2007. Exogenously applied proline at different growth stages enhances growth of two maize cultivars grown under water deficit conditions. Pakistan Journal of Botany 39: 1133–1144.

Ashraf M and Foolad MR, 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany59: 206–216.

Bates LS, Waldern RW and Treare LD, 1973. Rapiddeterminatation of free proline for stress studies. Plant and Soil39: 205-207.

Bayat H, Mardani H, Aroie H and salahvarzi Y, 2011. Effects of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. Journal of plant Production 18 (3): 63-73. (In Persian with English abstract)

Candan T and Tarhan L, 2003. Changes in chlorophyll-carotenoid contents, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation level in Zn-stressed. Pulegium. Turkish Journal of Chemistry 27: 21-30.

Delavari Parizi M, Baghizadeh A, Enteshari Sh and Manochehri Kalantari KH, 2012. The study of the interactive effects of salicylic acid and salinity stress on induction of oxidative stress and mechanisms of tolerance in *Ocimum basilicum* L. Journal of Plant Biology 4(12): 25-36. (In Persian with English abstract).

Eraslan F, Inal A, Gunes A and Alpaslan M, 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Science Horticulture 113: 120–128.

Fariduddin Q, Hayat S and Ahmad A, 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica41:281–284.

Galeshi S, Barzegar AB, Torabi B, Rasam Gh and Rahemi Karizaki A, 2011. Stress and management in plants. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources press. P. 320. (In Persian).

Ghasemi Pirbaloti A, Mosavi Heris A, Tirgar F and Hamedi B, 2012. The effect of salicylic and jasmine acids on phenolic compounds and flavonoids in (Calendula officinalis L.) extract. Journal of Herbal Drugs 3 (3):175-180. (In Persian with English abstract).

Hashemi Dezfuli A and Koocheki A, 1995. Increasing the crops yield. Jihad Daneshgahi of Ferdowsi University of Mashhad press. 360 p. (In Persian).

Hashemi Dezfuli A, 1999. Crops Physiology. Master's degree in Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian with English abstract).

Hayat S and Ahmad A, 2007. Salicylic Acid a Plant Hormone. Springer Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Hayat S, Hasan SA, Fariduddin Q and Ahmad A, 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. Journal of Plant International 3 (4): 297–304.

Hoseinzad Behboud E, Chaparzadeh N and Deylamaghani K, 2014. Effect of salicylic acid on growth parameters, osmolytes and osmotic potential in radish (*Raphanus sativus* L.) under salt stress. Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology) 27 (1): 32-40. (In Persian with English abstract).

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.

Khan W, Prithviraj B and Smith DL, 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology 160: 485– 492.

Khazaie HR, Parsa M and Hoseinpanahi F, 2008. Effects of inoculation of Rhizobium native strains on nodulation of Kabuli and Dessi chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in different moisture levels in vegetative stage. Iranian Field Crops Researches 6 (1): 97-119. (In Persian with English abstract).

Khodarry, SEA, 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology6:5-8.

Kim MJ, Lim GH, Kim ES, Ko CB, Yang KY, Jeon g JA, Lee MC and Kim CS, 2007. Abiotic and biotic stresse s tolerance in Arabidopsis overexpressing the multiprotein bridging factor (MBFla) transcriptional co activator gene. Biochemical and Biophysical Research Communications 354: 440-446.

www.SID.ir

Archive of SID

Kochert G, 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. Pp. 56-97, In: Helebust, JA and Craig, JS, Hand book of Physiological Method. Physiological and Biochemical Methods. Cambridge University Press, UK, 440p

Kumer Parida A and Bandhu Dasa A, 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60:324-349.

LawlorDW and Cornic G, 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants affected by N fertilization. Agronomy Journal 73:583-587.

Lichtenthaler HK, 1994. Chlorophylls and carotenoid pigments of photosynthetic Biol. Memberance. Method in Enzymology.148: 350-382.

Makkar HPS, 2000. Quantification of tannins in tree foliage. A laboratory manual. FAO/IAEA, Working Document, Vienna, Austria.

Martin JS and Martin MM, 1982. Tannin assays in ecological studies: lackof correlation between phenolics, proanthicyanidins and protein-precipitating constituents in mature foliage of six oak species. Oecologia 54: 205-211.

Mehrabian Moghaddam N, Arvin MJ, Khjooei Nejad Gh and Maghsoodi K, 2011. Effect of Salicylic Acid on Growth and Forage and Grain Yield of Maize under Drought Stress in Field Conditions. Seed and Plant Production 27: 41-55. (In Persian with English abstract).

Moharekar ST, Lokhande SD, Hara T, Tanaka R, Tanaka A, Chavan PD, 2003. Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings. Photosynthetica 41: 315–317.

Nazari M, Zolfaghari R and Fayyaz P, 2013. An Investigation on Trends of Annual and Seasonal Rainfall and Temperature in Different Climatologically Regions of Iran. Journal of Forest and Wood Product. 66: 1-14. (In Persian with English abstract).

Omidbeigi R, 2005. Production and processing of medicinal plants. Second volume, Astan Quds Razavi Press. Page 43. (In Persian).

Redha A, Mansor NAL, Suleman P, Hasan. RA and Afzal M, 2012. Modulation of antioxidant defenses in Conocarpus lancifolius under variable abiotic stress. Biochemical Systematics and Ecology 43: 80–86

Sairam RK and Saxena DC, 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal of Agronomy Crop Science 184: 55-61.

Senaratna T, Touchell D, Bunn E and Dixon K, 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regular 30: 157–161.

Shakirova FM, Sakhabutdinova AR, Bezrukova MV, Fatkhutdinova RA and Fatkhutdinova DR, 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.

Shi Q and Zhu Z, 2009. Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. Environmental and Experimental Botany 63: 317-326.

Taiz L and Zeiger E, 2006. Plant Physiology. 4th Edn. Sinauer Associates, Sunderland.

www.SID.ir